



รายงานการวิจัย

แนวทางการประยุกต์ถึงปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นและการวิเคราะห์
การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์สำหรับใช้ประโยชน์
การบำบัดน้ำเสียในโรงงานผลิตเส้นขนมจีน

Modified Anaerobic Baffled Reactor (MABR) Approach and Multi
Criteria Decision Analysis (MCDA) for Utilization Wastewater
Treatment in Fermented Rice Noodle Factory

เอนก สาวะอินทร์

Aneak Sawain

วรรณวิภา ไกรพิทยากร

Wanvipa Kaipittayakorn

ชุตินุช สุจริต

Chutinut Sujarit

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณแผ่นดิน พ.ศ. 2559

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้การสนับสนุนวิจัยงบประมาณแผ่นดิน พ.ศ. 2559 ซึ่งผลที่ได้จากงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อเจ้าของกิจการโรงงานผลิตเส้นขนมจีน ในการเป็นแนวทางแก้ไขปัญหาการบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต นักวิชาการ นักวิจัย และนักศึกษา ที่สามารถนำผลงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้งานต่อไปได้ในอนาคต

ขอขอบคุณ เจ้าของกิจการโรงงานผลิตเส้นขนมจีนบางเป่า อ.กันตัง จ.ตรัง และ โรงงานผลิตเส้นขนมจีนจะนุ้ย ต.ไม้ฝาด อ.สิเกา จ.ตรัง ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บตัวอย่างน้ำเสียสำหรับดำเนินงานวิจัย ด้านสถานที่ แรงงานคน และความร่วมมือด้านอื่น ๆ ตลอดจนการดำเนินการแก้ไขปัญหาน้ำเสียที่เกิดขึ้นตามข้อเสนอแนะ เพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหาน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตเส้นขนมจีน อันเป็นประโยชน์ต่อโรงงาน ชุมชน และสิ่งแวดล้อม ผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

เอนก สภาวะอินทร์
วรรณวิภา ไกรพิทยากร
ชุตินุช สุจรีต
กันยายน 2560



แนวทางการประยุกต์ถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นและการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์สำหรับใช้ประโยชน์การบำบัดน้ำเสียในโรงงานผลิตเส้นขนมจีน

เอนก สภาวะอินทร์¹ วรณวิภา ไกรพิทยากร¹ และชุตินุช สุจริต²

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของน้ำเสียจากถังปฏิกรณ์ก๊าซชีวภาพของโรงงานน้ำมันปาล์มสามารถใช้สำหรับการเริ่มต้นระบบถังปฏิกรณ์ก๊าซชีวภาพเพื่อการบำบัดน้ำเสียจากการผลิตเส้นขนมจีนได้ ผลการติดตามตรวจสอบการเดินระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ของโรงงานผลิตเส้นขนมจีน แสดงถึงการเริ่มต้นเดินระบบให้เข้าสู่สภาวะไร้อากาศ (ค่าออกซิเจนละลายมีค่าต่ำกว่า 0.1 mg/L) หลังจาก 70 วัน โดยสามารถกำจัดค่าซีโอดีในส่วนได้ประมาณร้อยละ 80 เมื่อค่า pH อยู่ในช่วง 4.0 - 4.5 และอุณหภูมิของน้ำเสียในระบบมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิบรรยากาศระหว่าง 29 - 31 °C งานวิจัยนี้แสดงถึงศักยภาพของระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ ในการบำบัดน้ำเสียปนเปื้อนแอมโมเนียคาร์บอนสูง ในลักษณะอนุภาคแอมโมเนียที่เป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ของน้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีน การเริ่มต้นเดินระบบโดยการผสมร้อยละ 40 ของน้ำเสียจากถังปฏิกรณ์ก๊าซชีวภาพของโรงงานน้ำมันปาล์มในระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ และการควบคุมโดยการหมุนเวียนน้ำที่ออกจากระบบบำบัดกลับมาร้อยละ 40 (ควบคุมพีเอช 6.5 - 8.5) มีผลทำให้เกิดสภาวะไร้อากาศ และสภาวะผลิตก๊าซชีวภาพ ได้ภายในระยะเวลา 1 เดือนระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ที่บรรจุตัวกลาง (รีไซเคิลจากยางในของรถจักรยานยนต์) มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูงจากการปนเปื้อนของแอมโมเนียที่เป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ โดยประสบผลสำเร็จในการกำจัดอนุภาคและสารอินทรีย์ ในรูปค่าของแอมโมเนียและซีโอดี โดยรวมมากกว่าร้อยละ 80 อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาด้านการควบคุมระบบนี้เพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง

คำสำคัญ: น้ำเสีย, มลพิษทางน้ำ, การบำบัด, ก๊าซชีวภาพ, เส้นขนมจีน

1 สาขาสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

2 สาขาอุตสาหกรรมอาหารและผลิตภัณฑ์ประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

Modified Anaerobic Baffled Reactor (MABR) Approach and Multi Criteria Decision Analysis (MCDA) for Utilization Wastewater Treatment in Fermented Rice Noodle Factory

Aneak Sawain¹ Wanvipa Kaipittayakorn¹ and Chutinut Sujarit²

Abstarct

This research represents the mixing ratio between the wastewater from the biogas reactor of palm oil factory and fermented rice noodle factory to start the biogas reactor system for wastewater treatment from fermented rice noodle prod. The operation monitoring of Modified Anaerobic Baffle Reactor (MABR) for wastewater treatment in fermented rice noodle factory, the result showed that the startup time to anaerobic condition (Dissolve Oxygen: < 0.1 mg/L) was after 70 days. The COD removal about 80 percent, at the pH value in the range of 4.0 - 4.5 and temperature of wastewater in this system nearly the ambience temperature was between 29 – 31 °C. This research showed the performance of modified anaerobic baffled reactor (MABR) system for treatment of starch wastewater containing high organic carbon. The biodegradable starch particulate matter is a character of wastewater from rice noddle factory. The start-up mixing was 40 percent of wastewater from the biogas reactor of palm oil factory in modified anaerobic baffled reactor. The system was controlled by recycling of 40 percent effluent (pH: 6.5 – 8.5). It induced anaerobic condition and methanogenic activity can be achieve in one month. The modified anaerobic baffled reactor containing with media (waste recycling from inner tube of motorcycle) was particularly effective in treating high strength wastewater. This system efficiently removed particulate matters and organics (starch) in the form of TSS and COD with 80 percent overall. However, system controlling should be studied to maintain the process.

คำสำคัญ: Wastewater, Water pollution, Treatment, Biogas, Fermented Rice Noodle

¹ Department of Environment, Faculty of Science and Fisheries Technology. Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang.

² Department of Food Industry and Fisheries Products, Faculty of Science and Fisheries Technology. Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang.

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 วิธีการดำเนินการวิจัย	24
บทที่ 3 ผลการดำเนินการวิจัย	28
บทที่ 4 สรุปผลการดำเนินการวิจัย	63
บรรณานุกรม	65
ภาคผนวก	68



สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1 – 1	ลักษณะทางกายภาพของขมจีนแห้งที่ระยะเวลาต่างกัน	3
1 – 2	ปริมาณโปรตีนของขมจีนแห้งที่ระยะเวลาต่างกัน	4
1 – 3	ความได้เปรียบของการบำบัดด้วยระบบแผ่นกั้นไม่ใช้อากาศ	8
1 – 4	แสดงสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ	15
1 – 5	ช่วงอุณหภูมิสำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกลุ่มผลิตมีเทน (Methane – forming bacteria)	16
1 – 6	การเปรียบเทียบการเดินระบบของรูปแบบถังปฏิกริยา Mesophilic และ Thermophilic	15
1 – 7	แสดงประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและกลุ่มเป้าหมายที่จะได้รับประโยชน์ของแผนงานวิจัย	15
3 – 1	ลักษณะของน้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นขมจีนแบบแห้ง	29
3 – 2	ลักษณะของน้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นขมจีนแบบใช้แห้งสำเร็จ	29
3 – 3	ลักษณะของน้ำเสียจากถังปฏิกรณ์ชีวภาพของโรงงานน้ำมันปาล์ม	30

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1 – 1	กระบวนการผลิตเส้นขนมจีนแบบใช้ข้าวสารเป็นวัตถุดิบ	3
1 – 2	กระบวนการผลิตเส้นขนมจีนแบบแป้งสำเร็จ	6
1 – 3	ระบบแผ่นกั้นไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Baffled Reactor, ABR)	7
1 – 4	ตัวอย่างการประยุกต์ถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้น	9
3 – 1	การเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์	31
3 – 2	การเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ 42 วันแรก	33
3 – 3	การเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ ช่วง 56 – 98 วัน	33
3 – 4	การเปลี่ยนแปลงออกซิเจนละลายภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้น ประยุกต์	35
3 – 5	การเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายน้ำภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่น กั้นประยุกต์	36
3 – 6	การเปลี่ยนแปลงค่า pH ภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์	37
3 – 7	การเปลี่ยนแปลงค่า pH ภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศ	38
3 – 8	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์	39
3 – 9	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์	40
3 – 10	แสดงค่าพีเอช (pH) ในช่วง 15 วันแรก	43
3 – 11	แสดงค่าพีเอช (pH) ในช่วง 30 วัน	44
3 – 12	แสดงค่าพีเอช (pH) ในช่วง 45 วัน	45
3 – 13	แสดงค่าออกซิเจนละลาย (DO) ในช่วง 15 วันแรก	46
3 - 14	แสดงค่าออกซิเจนละลาย (DO) ในช่วง 30 วัน	47
3 – 15	แสดงค่าออกซิเจนละลาย (DO) ในช่วง 45 วัน	48
3 – 16	แสดงค่าซีโอดี (COD) ในช่วง 15 วันแรก	51
3 – 17	แสดงค่าของแข็งละลายทั้งหมด (TDS) ในช่วง 15 วันแรก	52

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
3 – 18	แสดงค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) ในช่วง 15 วันแรก	53
3 – 19	แสดงค่าซีโอดี (COD) ในช่วง 30 วัน	54
3 – 20	แสดงค่าของแข็งละลายทั้งหมด (TDS) ในช่วง 30 วัน	55
3 – 21	แสดงค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) ในช่วง 30 วัน	56
3 – 22	แสดงค่าซีโอดี (COD) ในช่วง 45 วัน	57
3 – 23	แสดงค่าของแข็งละลายทั้งหมด (TDS) ในช่วง 45 วัน	58
3 – 24	แสดงค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) ในช่วง 45 วัน	59
3 – 25	น้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัด A: ชุดทดลอง, B: ชุดควบคุม	60
3 – 26	การทดสอบการจุดติดไฟของก๊าซชีวภาพที่เกิดจากระบบบำบัดน้ำเสีย	60
ภาพผนวก		
ก	แบบแปลนระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ผลิตจากท่อคอนกรีตสำหรับบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเส้นขนมจีน	69
ข	แบบ 3 มิติ ระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ผลิตจากถังบรรจุก๊าซรถยนต์สำหรับบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเส้นขนมจีนและอุปกรณ์ประกอบ	77

บทที่ 1

บทนำ

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

การจัดการด้านสิ่งแวดล้อมมีความสำคัญอย่างยิ่งในภาคอุตสาหกรรมและชุมชน เนื่องจากเป็นการแก้ไขปัญหาและหาแนวทางป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดจากกระบวนการผลิตที่ก่อเกิดของเสียที่เป็นมลพิษทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งในภาคอุตสาหกรรมขนาดใหญ่มีแนวโน้มของการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ดี ทั้งนี้ส่วนหนึ่งเป็นผลจากการบังคับของข้อกำหนดกฎหมายทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เข้มงวดมากขึ้น โดยอาจมีการกำหนดให้มีความสัมพันธ์กับคุณภาพของการผลิตสินค้า อย่างไรก็ตามอุตสาหกรรมหนึ่งที่ยังมีปัญหาทางด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม คือ อุตสาหกรรมขนาดเล็ก หรือ อุตสาหกรรมย่อย ซึ่งบางส่วนเป็นอุตสาหกรรมการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร สินค้าประเภทอาหาร เครื่องดื่ม และอื่น ๆ แต่จากการเป็นอุตสาหกรรมขนาดย่อมที่มีงบประมาณในการลงทุนต่ำ ส่งผลให้การจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะการจัดการน้ำเสียไม่มีประสิทธิภาพดีเท่าที่ควร หรือ บางโรงงานมีการปล่อยปะละเลยจนส่งผลกระทบต่อทางด้านสิ่งแวดล้อมจนเกิดการร้องเรียนของชาวบ้านที่อยู่บริเวณใกล้เคียงโรงงาน ทั้งนี้เนื่องจากการเกี่ยวข้องกับงบประมาณในการลงทุนก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพที่ต้องใช้งบประมาณในการลงทุนสูง ดังนั้นการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมขนาดย่อมนอกเหนือจากการพิจารณาประสิทธิภาพที่ดีเพียงพอสำหรับการบำบัดแล้ว ยังต้องพิจารณาถึงค่าการลงทุนสำหรับการออกแบบ การก่อสร้าง พื้นที่ที่ต้องใช้สำหรับการก่อสร้าง และการควบคุมดูแล เพื่อเป็นการสร้างแรงจูงใจให้เจ้าของสถานประกอบการประกอบกับการใช้ข้อบังคับทางกฎหมาย

โรงงานอุตสาหกรรมขนาดย่อมประเภทหนึ่งที่มีอยู่อย่างแพร่หลายในพื้นที่ประเทศไทย คือ โรงงานผลิตเส้นขนมจีน เนื่องจากการนิยมบริโภคเส้นขนมจีนของคนไทย ซึ่งสามารถรับประทานกับอาหารได้หลากหลาย เช่น ขนมจีนน้ำยา ส้มตำ และอาหารอื่น ๆ ทั้งนี้กระบวนการผลิตเส้นขนมจีนจักก่อเกิดน้ำเสียจากขั้นตอนการผลิต โดยจากกระบวนการผลิตที่มีการใช้ข้าวสารเป็นวัตถุดิบ หรือ การใช้แป้งสำเร็จรูปสำหรับผลิตเส้นขนมจีน เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตขนมจีนและการใช้น้ำในกระบวนการผลิตขนมจีนปริมาณมากส่งผลให้มีการก่อเกิดน้ำเสียปริมาณมากตามมา ประกอบกับกระบวนการผลิตที่มีการใช้ข้าวสารหรือแป้งสำเร็จเป็นวัตถุดิบส่งผลให้น้ำเสียที่เกิดขึ้นมีการปนเปื้อนสารอินทรีย์ในรูปของค่าบีโอดีและซีโอดีสูง งานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาถึงการบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตเส้นขนมจีนโดยถึงปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ (Modified Anaerobic Baffled Reactor; MABR) ซึ่งเป็นการศึกษาแนวทางการนำไปใช้งานจริงโดยพิจารณาถึงประสิทธิภาพการบำบัดของถึงปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้น การประเมินมูลค่าการลงทุนสำหรับการออกแบบ การก่อสร้าง พื้นที่ที่ต้องใช้สำหรับการก่อสร้าง และการควบคุมดูแล พิจารณาแนวทางการบำบัดน้ำเสียสำหรับโรงงานผลิตเส้นขนมจีนโดยใช้วิธีการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multi criteria Decision Analysis: MCDA) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ถึงแนวทางและความ

เหมาะสมของการใช้งานจริงในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับโรงงานผลิตเส้นขนมจีน อันจะเป็นประโยชน์ต่อโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตเส้นขนมจีน

2. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาแนวทางการผลิตก๊าซชีวภาพและการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีน โดยการพัฒนารูปแบบการบำบัดโดยวิธีการการประยุกต์ใช้ถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้น ประกอบกับการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์สำหรับใช้ประโยชน์การบำบัดน้ำเสียในโรงงานผลิตเส้นขนมจีน เพื่อประเมินความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์จริง โดยมีข้อมูลเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 กระบวนการผลิตเส้นขนมจีน

ในปัจจุบันการผลิตเส้นขนมจีนของโรงงานขนาดเล็กที่มีกระจายอยู่ทั่วไปมีรูปแบบกระบวนการผลิตแบ่งออกเป็นสองรูปแบบหลักตามลักษณะของวัตถุดิบที่นำมาผลิต รูปแบบแรก คือ การผลิตเส้นขนมจีนที่มีการใช้ข้าวสารเป็นวัตถุดิบ หรือ การผลิตเส้นขนมจีนแบบแป้งหมัก โดยมีกระบวนการผลิตเริ่มจากการเตรียมข้าวสารสำหรับเป็นวัตถุดิบ แผนภาพกระบวนการผลิตเส้นขนมจีนแสดงดังภาพที่ 1 โดยมีรายละเอียดต่อไปนี้

2.1.1 กระบวนการผลิตเส้นขนมจีนแบบใช้ข้าวสารเป็นวัตถุดิบ

1) การหมักข้าว

การหมักข้าวเป็นกระบวนการที่ใช้จุลินทรีย์เข้าช่วยย่อยแป้งและทำให้เกิดกลิ่น ด้วยการหมักข้าวทั้งแบบแห้งและแบบแช่น้ำ แต่ทั่วไปนิยมหมักแห้งมากที่สุดโดยนำปลายข้าวมาล้างด้วยน้ำสะอาดปราศจากฝุ่นและสิ่งเจือปนใส่ข้าวในภาชนะสำหรับหมักข้าว ซึ่งทำด้วยไม้ไผ่สาน เช่น กระบุงหรือเข่งหมักโดยการตั้งทิ้งไว้กลางแดด หรือในร่มถ้าหมักกลางแดดข้าวจะมีเป็นสีขาว ถ้าเอาไว้ในร่มจะได้ข้าวสีเหลืองอมส้มนิยมหมักปลายข้าวเป็นเวลา 2 วัน ในระหว่างการหมักต้องล้างปลายข้าวทุกวัน ส่วนการผลิตระดับพื้นบ้านจะหมักปลายข้าวจนเปียกชุ่มและสามารถนวดได้โดยใช้มือโดยไม่ต้องมี การใช้ปลายข้าวหมักจะทำให้เปียกชุ่มเนื่องจากแป้งถูกไฮโดรไลซ์ ได้สารประกอบ Dextrin และ Maltose โดยเอนไซม์ อะไมเลสซึ่งอยู่ในแป้งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาอัตราการเจริญของจุลินทรีย์มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการหมักทุกชนิด โดยมีหลักการว่าการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการหมักจะต้องเจริญได้ดีมีอัตราสูงกว่าการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียรวมทั้งจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่น รสที่ไม่ต้องการ เป็นต้น แสดงดังตารางที่ 1 และ 2

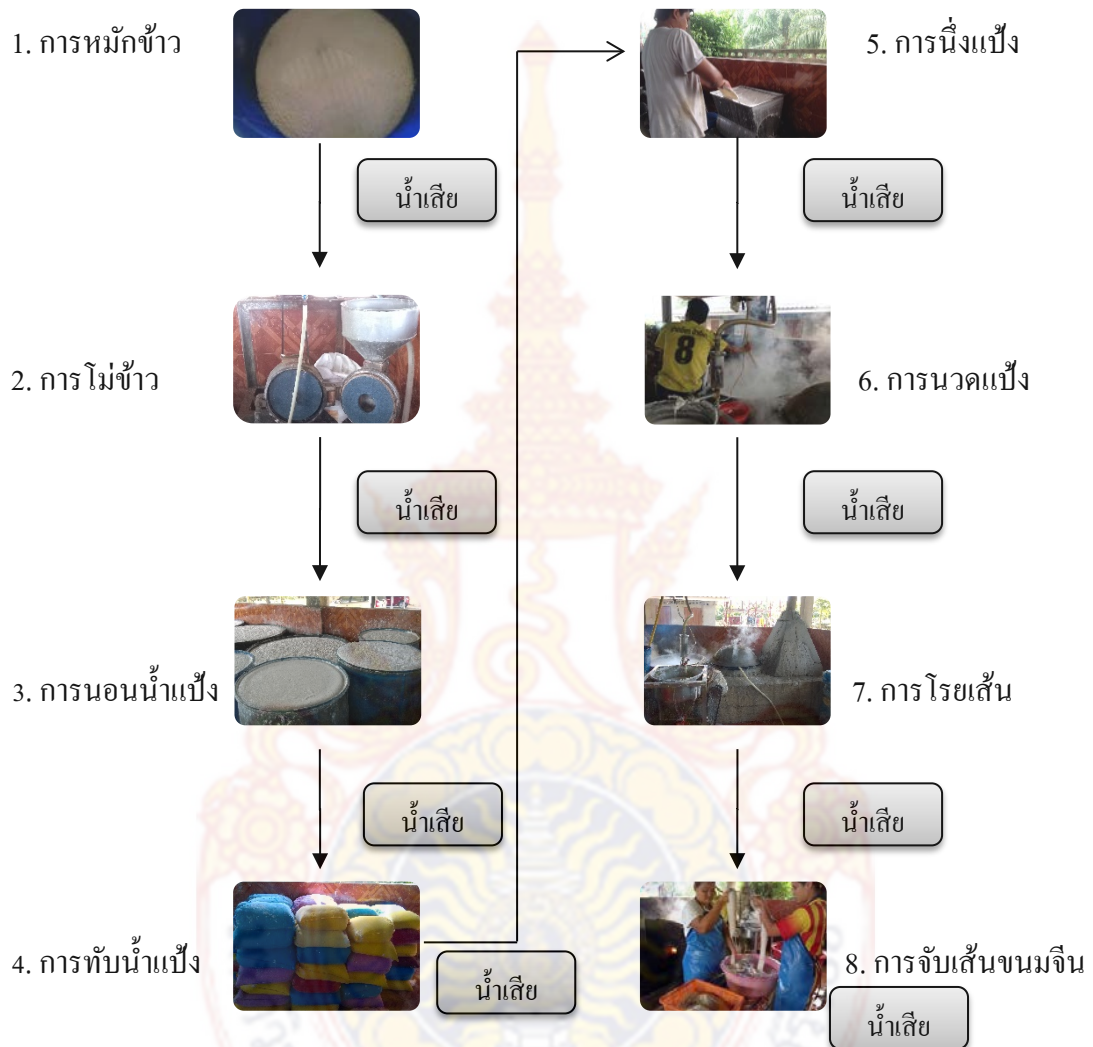
2) การไม่หรือการบดปลายข้าวหมัก

เมื่อหมักปลายข้าวครบสองวัน แล้วล้างปลายข้าวให้สะอาดนำไปบดด้วยไม้ที่หมุนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าหรือนำไปป้อนผ่านผ้าขาวที่ผูกไว้ที่ปากโถงขณะไม้ใส่เกลือประมาณร้อยละ 7 ของน้ำหนักข้าว ถ้าข้าวเก่าจะใช้ประมาณร้อยละ 4

3) การนอนน้ำแป้ง

น้ำแป้งที่ได้จากการไม่หรือบดแล้วกรองด้วยผ้าขาวบางใส่ลงในโถงปล่อยทิ้งไว้ให้แป้งตกตะกอนนาน 1 - 2 วัน แล้วตักน้ำส่วนบนออก 2 - 3 ครั้ง ขั้นตอนนี้มีผลให้แป้งมีสีขาวและมีกลิ่น

หมักน้อยลง โดยดูค่าน้ำทิ้งทุกวันพร้อมใส่เกลือทุกครั้งที่เปลี่ยนน้ำในการผลิตระดับพื้นบ้านบางรายอาจนอนน้ำแ่่งได้ถึง 1 เดือน แต่จะต้องเปลี่ยนน้ำทุกวันพร้อมใส่เกลือ



ภาพที่ 1 - 1 กระบวนการผลิตเส้นขนมจีนแบบใช้ข้าวสารเป็นวัตถุดิบ

ตารางที่ 1 - 1 ลักษณะทางกายภาพของขนมจีนแ่่งหมักที่ระยะเวลาต่างกัน

ลำดับที่	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส
1	ขาว	กลิ่นข้าว	ทึบแสง, ชุ่มไม่ยืด หยุน, เหนียว
2	ขาวปนเหลือง	กลิ่นหมัก	เป็นมันวาว, ยืดหยุ่น, นุ่มมากกว่า

ที่มา: พศช.ซัพพลายส์ (2556)

ตารางที่ 1 – 2 ปริมาณโปรตีนของขนมจีนแป้งหมักที่ระยะเวลาต่างกัน

เวลาที่ใช้ในการหมัก (วัน)	โปรตีน (%)		
	ขณะหมัก	ขณะทับ	ขนมจีน
1	5.88	3.68	1.54
2	5.79	3.05	1.46
3	4.98	2.48	1.14

ที่มา: พศช.ซัพพลายส์ (2556)

จากตารางที่ 1 – 1 และ 2 – 2 การควบคุมสภาพการหมักดองต่างๆ จึงนับเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งการเจริญของจุลินทรีย์โดยทั่วไปต้องการสารอาหารหลักจากพวก โปรตีน คาร์โบไฮเดรต วิตามินและเกลือแร่ การเจริญของแบคทีเรียจะสูงหรือต่ำนั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณพลังงานที่แบคทีเรียจะได้รับจาก สารอาหารพลังงานสูงก็จะทำให้การเจริญของเซลล์สูงในการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของแบคทีเรียต้องการสิ่งต่อไปนี้เป็น น้ำ พลังงาน ไนโตรเจน คาร์บอน และเกลืออนินทรีย์ จุลินทรีย์แต่ละชนิดมีความต้องการอาหารที่แตกต่างกัน ข้าวที่ผ่านการหมัก 2 - 3 วัน จะมีลักษณะทางกายภาพและปริมาณโปรตีนของขนมจีนที่แตกต่างกัน (พศช.ซัพพลายส์, 2556)

4) การทับแป้ง

การทับแป้งเป็นการกำจัดน้ำส่วนเกินออกไปโดยนำแป้งที่ได้จากการนอนน้ำแป้งใส่ในถุงผ้า ปิดแล้วผูกปากถุงด้วยเชือกให้แน่นทับด้วยของหนักไว้ 1 คืนแป้งที่ได้จากขั้นตอนนี้มีความชื้นประมาณร้อยละ 42 – 44

5) การนึ่งแป้ง

แป้งที่ผ่านการทับน้ำแล้วจะเป็นก้อนแข็งเนื้อแป้งเกาะกันแน่น นำก้อนแป้งนี้ไปต้มหรือนึ่งให้สุกเฉพาะผิวรอบนอก ต้มแป้งให้สุกเข้าไปประมาณ 1 - 2 เซนติเมตร ของก้อนแป้ง การนำมาทำให้แป้งสุกนั้นแป้งจะสุกจากผิวเข้าไปประมาณครึ่งนิ้วในขั้นตอนนี้จะมีผลต่อความเหนียวของแป้งขนมจีน ถ้าแป้งสุกมากหรือน้อยไปขนมจีนจะขาดได้ง่ายและไม่สามารถจับเป็นเส้นได้

6) การนวดแป้ง

การนวดแป้งเป็นการผสมแป้งดิบและแป้งสุกที่ผ่านขั้นตอนการทำให้สุกเป็นบางส่วนเข้าด้วยกัน นอกจากนี้ยังทำให้เม็ดแป้งแตก ทำให้แป้งมีความเหนียวมากขึ้น การนวดแป้งอาจนวดด้วยมือหรือนวดด้วยเครื่องนวดให้เข้ากันดี ถ้าแป้งแห้งเกินไปให้เติมน้ำลงไปขั้นตอนนี้อาจเรียกว่า “การน้อมแป้ง” แป้งที่นวดแล้วจะมีความชื้นประมาณร้อยละ 70 – 75

7) การโรยเส้นขนมจีน

การโรยเส้นขนมจีนอาจทำได้หลายวิธี ถ้าเป็นการผลิตแบบพื้นบ้านมักใช้แวนหรือฝอยแวนมีลักษณะเป็นแผ่นโลหะกลม เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 นิ้วเจาะรูเล็กๆ ตามขนาดที่ต้องการเติมผิวหน้าของโลหะ วางแผ่นโลหะกลมตรงกลางผืนผ้าซึ่งจะเป็นวงกลมขนาดเดียวกับแผ่นโลหะ แล้วเย็บตรงขอบแผ่นโลหะติดกับผ้า เมื่อใส่แป้งขนมจีนลงในแวนแล้วต้องรวบปลายผ้าให้เข้ากันใช้อีกมือหนึ่งบีบเพื่อให้แป้งผ่านรูเล็กๆ ลงไปบนกระทะเป็นวงกลมพยายามอย่าให้เส้นขาด

สำหรับเพื่อนั้นเป็นภาชนะรูปทรงกระบอก ทำด้วยโลหะอาจเป็นสังกะสีหรือเหล็กปลอดสนิม เจาะรูเล็ก ๆ ที่ก้น มีหู 2 หู สำหรับยึดในภาชนะที่ทำการกดมีภาชนะอีกหนึ่งใบที่มีขนาดเล็กกว่าสามารถสวมเข้าไปในภาชนะใบแรกได้พอดี ในโรงงานขนาดใหญ่จะใช้เครื่องมือที่มีลักษณะคล้ายแวนแต่ทำด้วยโลหะมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 4 นิ้ว ต่อตรงกับท่อและปั๊มและถึงเก็บแบริ่งแล้ว เมื่อเดินเครื่องปั๊มจะทำให้น้ำแข็งถูกอัดผ่านแวนลงในน้ำร้อน ในขณะที่รอยเส้นควรรักษาอุณหภูมิของน้ำไว้ที่ 90 - 95 °C เมื่อเส้นลอยขึ้นมาตักใส่น้ำเย็นแล้วใส่อ่างน้ำเพื่อทำเป็นจับต่อไป

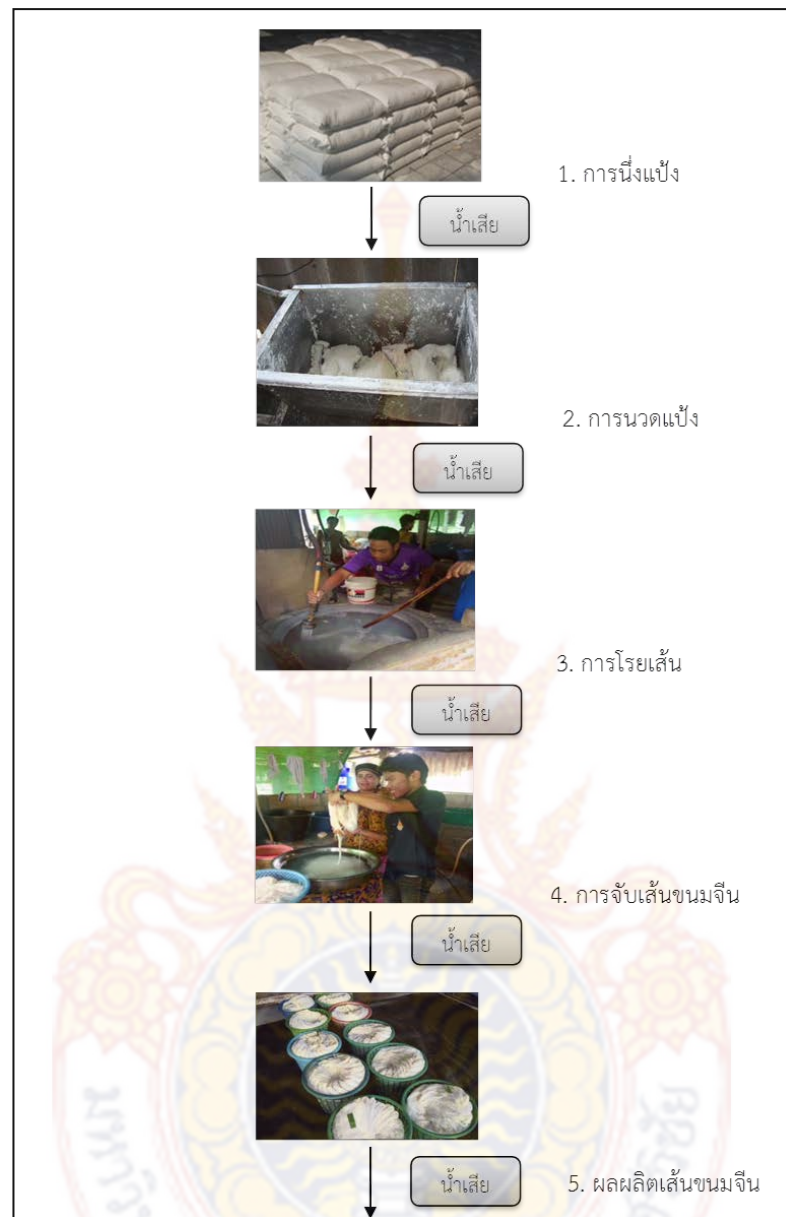
8) การจับเส้นขนมจีน

การจับเส้นขนมจีนเป็นการทำเส้นให้เย็นและจับเส้น (Cooling) คือ การนำเส้นขนมจีนที่ตักขึ้นมาล้างในน้ำเย็นประมาณ 2 นาทีให้เส้นขนมจีนเย็นพร้อมจับเป็นหัวๆ และเพื่อหยุดการดูดน้ำของเส้นขนมจีน การจับเส้นขนมจีนให้เป็นหัว หรือเป็นจับนั้น ทำได้โดยการใช้นิ้วชี้และนิ้วหัวแม่มือข้างที่ถนัด จับเส้นขนมจีนไปใส่ที่ปลายนิ้วชี้อีกมือหนึ่งแล้วโค้งลง โดยใช้นิ้วหัวแม่มือบีบไว้ เมื่อได้ขนาดหัวที่ต้องการแล้ว จึงตัดเส้นขนมจีนออกนำไปวางในกระจาดหรือภาชนะ ซึ่งมีใบตองรองไว้แล้ว การจับเส้นขนมจีนนั้นถ้าจะให้สวยต้องจับครั้งละน้อย ๆ จึงจะทำให้น่ารักประทาน การจับเส้นขนมจีน 1 จับ หรือ 1 หัว จะมีน้ำหนักประมาณ 1 ชีด (พศช.ศัพทาลัย, 2556)

2.1.2 กระบวนการผลิตเส้นขนมจีนแบบใช้แปรงสำเร็จ

ในการผลิตเส้นขนมจีนที่เราทานอยู่ทุกวันนี้ส่วนมากเป็นขนมจีนที่ทำมาจากแปรงสำเร็จรูปที่มาจากโรงงานผลิตแปรงขนมจีน ซึ่งสะดวกสบายในการผลิตมากกว่า ใช้ระยะเวลาในการเตรียมวัตถุดิบน้อยกว่า แต่ก็ยังได้เส้นขนมจีนแบบที่ไม่แตกต่างกับการผลิตแบบดั้งเดิม โดยมีแผนภาพกระบวนการผลิตเส้นขนมจีนแบบใช้แปรงสำเร็จรูปแสดงดังภาพที่ 1 – 2

จากการที่ในกระบวนการผลิตเส้นขนมจีนทั้งสองรูปแบบข้างต้นมีการใช้น้ำในกระบวนการผลิตปริมาณมาก ส่งผลให้โรงงานผลิตเส้นขนมจีนเป็นแหล่งก่อเกิดน้ำเสียที่ปนเปื้อนสารอินทรีย์ที่เป็นแป้งข้าวเจ้า ซึ่งไม่เป็นสารพิษที่เป็นอันตรายแต่จะก่อให้เกิดการเน่าเสียและส่งกลิ่นเหม็นรบกวนบริเวณใกล้เคียง และส่งผลกระทบต่อหากมีการปลดปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม หรือ แหล่งน้ำธรรมชาติ จึงจำเป็นต้องมีกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่มีความเหมาะสมกับน้ำเสียประเภทนี้

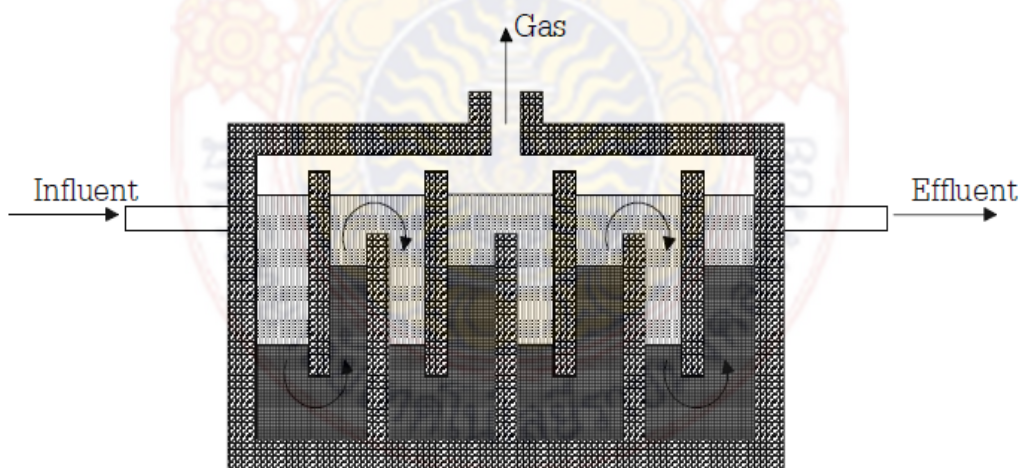


ภาพที่ 1 – 2 กระบวนการผลิตเส้นขนมจีนแบบแป้งสำเร็จ

2.2 การบำบัดน้ำเสียแบบระบบแผ่นกั้นไม่ใช้อากาศ

ลักษณะถังบำบัดน้ำเสียระบบแผ่นกั้นไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Baffled Reactor, ABR) คือ มีแผ่นกั้นเพื่อบังคับให้น้ำเสียไหลมุดลงอยู่ในแนวตั้ง (ภาพที่ 1 – 3) ถึงปฏิกิริยาจึงไม่จำเป็นต้องมีความสูงมากเหมือนกับของระบบไม่ใช้อากาศแบบอื่นๆ ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างต่ำ Bachmann และคณะ ได้ทดลองใช้ระบบนี้ที่มหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด สหรัฐอเมริกา และกล่าวถึงข้อดีของระบบนี้ว่า เป็นระบบที่มีพื้นที่ผิวน้ำมากทำให้แบคทีเรียที่มีพื้นที่ตกตะกอนสูงกว่าระบบอื่นๆ การแยกตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำจึงสามารถทำได้ดีโดยไม่ต้องมีการใช้อุปกรณ์แยกตะกอนอื่นๆ ก๊าซสามารถแยกตัวออกจากน้ำได้ดีและง่ายเช่นกัน ลักษณะดังกล่าวทำให้การเก็บกักเซลล์ได้ดี จึงมีมวลแบคทีเรียสะสมอยู่ในระบบเป็นจำนวนมาก การบำบัดน้ำเสียจึงเกิดขึ้นในอัตราสูง (มันสิน ตัณฑุลเวศม์, 2546)

ข้อได้เปรียบที่สำคัญหลายอย่างของการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบแผ่นกั้นไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Baffled Reactor, ABR) แสดงดังตารางที่ 1 – 3 ความสามารถในการแยกกลไกการผลิตกรด (acidogenesis) และ กลไกการผลิตมีเทน (methanogenesis) ตามความยาวของถังไหลในแนวตั้งในถังปฏิกิริยา ทำให้เกิดการแยกเฟสของการบำบัดน้ำเสียในถังปฏิกิริยาโดยไม่ส่งผลให้เกิดปัญหาและค่าใช้จ่ายในการควบคุมดูแลระบบบำบัด ทั้งสองเฟสของการทำงานภายในระบบสามารถเพิ่มการผลิตกรด (acidogenic) ซึ่งเป็นปัจจัยของแบคทีเรียที่ผลิตกรด (acidogenic bacteria) และการผลิตมีเทน (methanogenic) และมีกลุ่มของแบคทีเรียหลายกลุ่มที่เป็นประโยชน์ต่อการบำบัดน้ำเสีย (Barber and Stuckey, 1999)



ภาพที่ 1 – 3 ระบบแผ่นกั้นไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Baffled Reactor, ABR)

ที่มา: มันสิน ตัณฑุลเวศม์ (2546)

ตารางที่ 1 – 3 ความได้เปรียบของการบำบัดด้วยระบบแผ่นกั้นไม่ใช้อากาศ

ความได้เปรียบ

ด้านการก่อสร้าง (construction)

1. มีรูปแบบการก่อสร้างถึงบำบัดที่ไม่ยุ่งยาก (Simple design)
2. ไม่มีส่วนของการเคลื่อนย้าย (No moving parts)
3. ไม่ต้องใช้เครื่องกวนผสม (No mechanical mixing)
4. มูลค่าการก่อสร้างไม่สูง (Inexpensive to construct)
5. มีปริมาตรช่องว่างมาก (High void volume)
6. ลดปัญหาการอุดตัน (Reduced clogging)
7. ลดการกระจายของสลัดจ์ (Reduced sludge bed expansion)
8. ค่าค่าใช้จ่ายในการควบคุมดูแลต่ำ (Low capacity and operating costs)

ชีวมวล (Biomass)

1. ไม่ต้องการส่วนของการแยกตะกอน
2. การก่อเกิดสลัดจ์ต่ำ
3. ระยะเวลาที่กักตะกอนสูง
4. สามารถกักกักตะกอนจุลินทรีย์โดยไม่ต้องใช้ตัวกลาง (fixed media) และถังตกตะกอน
5. ไม่ต้องการส่วนของการแยกก๊าซและสลัดจ์

การเดินระบบ

1. มีระยะเวลากักน้ำต่ำ
2. สามารถเดินระบบแบบไม่ต่อเนื่องได้
3. มีความเสถียรมากสามารถรับภาระบรรทุกลูกน้ำที่แตกต่างกัน (hydraulic shock loads) ได้ดี
4. ป้องกันจากวัสดุมีพิษที่ไหลมาพร้อมกับน้ำเสียได้
5. สามารถบำบัดน้ำเสียได้ระยะเวลานานโดยไม่ต้องล้างตะกอน
6. มีความเสถียรมากสามารถรับภาระบรรทุกลูกสารอินทรีย์ที่แตกต่างกัน (organic shock loads) ได้ดี

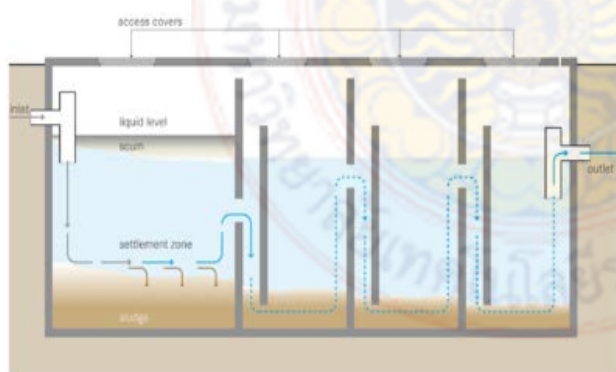
ที่มา: Barber and Stuckey (1999)

จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้กระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ สำหรับกระบวนการบำบัดน้ำเสียพบว่าประสิทธิภาพการบำบัดมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาพักกัก (Hydraulic Residence Time, HRT) และอัตราการบรรทุกลูกสารอินทรีย์ (Organic Loading Rate, OLR) ดังนั้นการควบคุมอัตราการป้อนน้ำเสียเข้าระบบบำบัดน้ำเสียจึงมีความสำคัญเนื่องจากระยะเวลาพักกักขนศาสตร์มีผลอย่างยิ่งต่อการย่อยสลายสารอาหารในน้ำเสียให้เป็น VFAs (Volatile Fatty Acids) ในถังบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดและ

ศักยภาพการผลิตไบโอแก๊ส ซึ่งจะต้องมีการควบคุมค่าระยะกักพักชลศาสตร์กับค่าอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม โดยที่ระยะเวลาพักพักชลศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบระบบแผ่นกั้นไร้อากาศควรอยู่ในช่วงระยะเวลา 6 – 24 ชม. (Organic Loading Rate, OLR) (Feng et al., 2008) อีกทั้งอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ มีผลอย่างยิ่งต่อการย่อยสลายสารอาหารในน้ำเสียให้เป็น VFAs (Volatile Fatty Acids) เช่นเดียวกับระยะกักพักชลศาสตร์ในถังบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ จากรายงานการวิจัยของ Bachmann et al., 1983, Bae et al., 1997 และ Orozco, 1988 แนะนำให้ทำการควบคุมอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียแบบระบบแผ่นกั้นไม่ใช้อากาศ ในช่วงค่า 1 – 20 kg COD/m³/d สำหรับการบำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนสารคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน

2.3 ถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ (Modified Anaerobic Baffled Reactor; MABR)

ถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้น (Anaerobic Baffled Reactor, ABR) ระบบน้ำเสียแบบนี้มีลักษณะเป็นถังหรือบ่อดินที่มีแผ่นกั้นขวางหลายแผ่นติดตั้งไว้ การไหลของน้ำเสียเข้าสู่ระบบจะเป็นในลักษณะไหลขึ้นลงสลับกันหลายครั้ง โดยมีความเร็วในการไหลขึ้นลงประมาณ 0.2-0.4 เมตร/ชม. ขั้นตอนการเกิดก๊าซชีวภาพจะคล้ายกับระบบ UASB ระบบนี้สามารถใช้กับน้ำเสียที่มีสารแขวนลอยสูง แต่ระบบมีขนาดใหญ่ทำให้ต้องใช้พื้นที่มากกว่าระบบ UASB (บุรณะศักดิ์ มาตรฐาน, 2009) ซึ่งปัจจุบันการออกแบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นได้มีการประยุกต์ใช้ท่อ เช่น ท่อพีวีซี พีอี เป็นต้น เป็นช่องทางการควบคุมการไหลของน้ำแทนผนังคอนกรีตของถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นแบบเดิม แสดงดังภาพที่ 1 – 4 ทั้งนี้เนื่องจากการก่อสร้างง่าย ประหยัดพื้นที่และค่าใช้จ่ายกว่าถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นแบบเดิม



a.



b.

ภาพที่ 1 – 4 ตัวอย่างการประยุกต์ถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้น a. ถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นแบบเดิม b. ถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์

ที่มา: a; <http://www.grassrootswiki.org> และ b.; <http://4.bp.blogspot.com>

นอกจากนี้การดัดแปลงถึงปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นรูปแบบเดิม นอกเหนือจากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นแล้วนั้น ยังเป็นการประยุกต์ถึงปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นเพื่อให้เข้ากับการบำบัดน้ำเสียบางประเภท ซึ่งอาจเป็นการพิจารณาถึงการควบคุมดูแลระบบ เช่น การควบคุมค่าระยะเวลากักพัก (Hydraulic Retention Time, HRT) และ/หรือ ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (Organic loading Rate) เป็นต้น ประกอบกับการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียที่มีคุณลักษณะเฉพาะบางประเภท เช่น การศึกษาศักยภาพการบำบัดของถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์สำหรับการบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูง (Malakahmad et al., 2011) หรือ การศึกษาศักยภาพการบำบัดของถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นสำหรับการบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นต่ำ (Krishna et al., 2009) และยังมีการศึกษาถึงประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียของถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นสำหรับอุตสาหกรรมหลากหลายประเภท แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้งานของถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นในการบำบัดน้ำเสียที่มีคุณลักษณะสมบัติหลากหลาย

2.4 การเริ่มต้นระบบและเดินระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ

การที่จะทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุด ไม่เกิดปัญหาขึ้นในขณะเดินระบบนั้น การดูแลระบบบำบัดน้ำเสียในช่วงเริ่มต้นเดินระบบ (Start-up) และในขณะเดินระบบบำบัด (Operation) จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ดังนั้นการตรวจสอบและติดตามสถานะแวดล้อมและปัจจัยที่มีผลต่อการเดินระบบน้ำเสียจึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเดินระบบน้ำเสียมีดังนี้ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553)

2.2.1 ช่วงเริ่มต้นเดินระบบ (Start - up)

1) คุณภาพและปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ เริ่มต้นในการเริ่มต้นเดินระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศนั้น คุณภาพและปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ที่นำมาใช้ในระบบบำบัดมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เชื้อจุลินทรีย์ที่นำมาใช้ควรมาจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศที่มีลักษณะและองค์ประกอบใกล้เคียงกันกับน้ำเสียที่ต้องการบำบัด ซึ่งทำให้เชื้อจุลินทรีย์สามารถปรับสภาพเข้ากับน้ำเสียชนิดใหม่ที่ป้อนเข้าสู่ระบบบำบัดได้อย่างรวดเร็วและสามารถทนต่อสารที่เป็นพิษหรือสารที่ยับยั้งการเจริญเติบโตที่มีอยู่ในน้ำเสียได้ หากไม่สามารถหาได้ก็สามารถใช้จุลินทรีย์ตัวต่างๆ เช่น มูลโค มูลสุกร เป็นต้น ซึ่งอาจใช้ระยะเวลาในการเริ่มต้นเดินระบบนานกว่าวิธีทำเชื้อจุลินทรีย์ที่ได้จากระบบบำบัดน้ำเสียที่มีลักษณะและองค์ประกอบใกล้เคียงกันกับน้ำเสียที่เราต้องการบำบัดมาใช้ นอกจากนั้นแล้วปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ใส่ลงไปในการบำบัดในช่วงเริ่มต้นเดินระบบบำบัดก็มีความสำคัญเช่นเดียวกันซึ่งอาจต้องเติมเชื้อจุลินทรีย์เข้าไปในระบบบำบัดอย่างต่อเนื่อง หรือควรเติมเชื้อจุลินทรีย์เมื่อเริ่มต้นเดินระบบให้มีปริมาณมากๆ หรือทำการวนเชื้อจุลินทรีย์กลับเข้าสู่บำบัดให้เพียงพอเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบบำบัด ซึ่งจะสามารถช่วยลดระยะเวลาที่ใช้ในการเริ่มต้นเดินระบบให้ลดลงได้

2) ลักษณะและองค์ประกอบของน้ำเสีย ลักษณะและองค์ประกอบของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบบำบัดมีความสำคัญต่อการทำงานของเชื้อจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียและการผลิตก๊าซชีวภาพเป็นอย่างมาก โดยมีผลต่อการเพิ่มกิจกรรมหรือยับยั้งกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่อยู่ในระบบ หากน้ำเสียนั้นมีองค์ประกอบเป็นสารอินทรีย์ที่จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายได้ดี

ก็จะทำให้มีอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพสูง ทำให้ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพของระบบบำบัดเกิดขึ้นมากด้วย แต่ถ้าน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบนั้นมีองค์ประกอบเป็นพวกที่ย่อยสลายได้ยากหรือมีสารพิษและโลหะหนักที่เป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียก็จะทำให้มีอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพต่ำ ทำให้ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นน้อยเช่นเดียวกัน

3) ธาตุอาหาร (Nutrients) โดยทั่วไปจุลินทรีย์นอกจากจะต้องการสารอาหารหลักในการเจริญเติบโตแล้ว ยังต้องการธาตุอาหารอื่นเพื่อช่วยในการสร้างเซลล์ใหม่ด้วย ธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ได้แก่ ไนโตรเจน (N) และฟอสฟอรัส (P) นอกจากนี้ยังมีธาตุอาหารอื่นๆ (Trace element) ที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ กลุ่มผลิตมีเทนด้วย แต่มีความต้องการในปริมาณที่ต่ำมาก เช่น นิกเกิล (Ni) โคบอลต์ (Co) เหล็ก (Fe) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) แมกนีเซียม (Mg) แคลเซียม (Ca) โบรอน (B) เซลีเนียม (Se) ซัลเฟอร์ (S) โพแทสเซียม (K) และโมลิบดีนัม (Mo) เป็นต้น

ดังนั้นในช่วงเริ่มต้นระบบบำบัด หากเชื้อจุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตช้า อาจเป็นผลเนื่องมาจากขาดธาตุอาหารธาตุใดธาตุหนึ่ง หากขาดธาตุอาหารเป็นเวลานานก็จะมีผลต่อการเพิ่มปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในระบบบำบัดได้

4) ระยะเวลาที่กักเก็บน้ำเสีย (Hydraulic Retention Time: HRT) และ ระยะเวลาที่เชื้อจุลินทรีย์อยู่ในถังปฏิกรณ์ (Solid Retention time: SRT)

ระยะเวลาที่กักเก็บน้ำเสีย คือ ระยะเวลาที่น้ำเสียอยู่ในระบบบำบัดสามารถคำนวณได้จากการนำค่าปริมาตรของบ่อบำบัดหารด้วยอัตราการไหลของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบบำบัด (Feeding Rate)

$$HRT \text{ (วัน)} = \frac{\text{ปริมาตรของบ่อบำบัด (m}^3\text{)}}{\text{อัตราการไหลของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบบำบัด (m}^3\text{/วัน)}}$$

การเพิ่มระยะเวลาที่กักเก็บน้ำเสียเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัดได้อีกวิธีหนึ่ง ซึ่งจะทำให้จุลินทรีย์ที่อยู่ในระบบบำบัด มีระยะเวลาที่สามารถสัมผัสกับสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้นานขึ้น ทำให้สามารถใช้สารอินทรีย์ในน้ำเสียนั้นมาผลิตเป็นก๊าซชีวภาพได้มากขึ้น ในการเพิ่มระยะเวลาที่กักเก็บน้ำเสียนั้น ทำได้โดยการออกแบบให้บ่อบำบัดมีขนาดใหญ่ขึ้น แต่ก็เกิดปัญหาทำให้ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบสูงขึ้นด้วย หรืออีกวิธีหนึ่งโดยการปรับลดอัตราการไหลของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบบำบัด ซึ่งก็จะทำให้ระยะเวลาที่กักเก็บน้ำเสียสูงขึ้นได้ แต่จะมีผลต่อปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในระบบ

ในการลดระยะเวลาที่กักเก็บน้ำเสียให้สั้นลงจนเกินไปก็อาจทำให้เชื้อจุลินทรีย์หลุดออกจากระบบได้มากขึ้น อาจส่งผลกระทบต่อระบบบำบัดทำให้ระบบล้มเหลวได้ เนื่องจากมีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์หลงเหลืออยู่ในระบบบำบัดน้อยเกินไป ในช่วงเริ่มต้นการเดินระบบบำบัดควรใช้อัตราการป้อนสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบต่ำและควรมีระยะเวลาที่กักเก็บน้ำสูง เพื่อให้จุลินทรีย์มีเวลาสัมผัสกับสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้นานขึ้นและสามารถกักเก็บเชื้อจุลินทรีย์ให้อยู่ในระบบบำบัดได้นานขึ้น

ด้วย จากนั้นจึงค่อยๆ เพิ่มปริมาณสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบบำบัดให้มากขึ้นและค่อยๆ ลดระยะเวลาที่เก็บน้ำเสียลง

ระยะเวลาที่เชื้อจุลินทรีย์อยู่ในถังปฏิกรณ์ (Solid Retention Time: SRT) เป็นตัวแปรสำคัญอีกตัวแปรหนึ่ง ในการเดินระบบควรมีค่า SRT ไม่น้อยกว่า 10 วัน เพื่อให้จุลินทรีย์กลุ่มผลิตมีเทนที่เกิดขึ้นใหม่ในระบบซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตช้า สามารถเจริญเติบโตได้ทันกับจุลินทรีย์เดิมที่หลุดออกจากระบบ การมีค่า SRT ที่นานขึ้นจะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียมากขึ้น โดยลดผลกระทบจากสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมที่เกิดขึ้นในระบบและลดผลกระทบจากสารพิษที่อยู่ในน้ำเสียได้

วิธีการในการรักษาและเพิ่มปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ให้แก่ระบบทำได้โดย

(ก) ทำการแยกเชื้อจุลินทรีย์ออกจากน้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัด แล้วนำเชื้อจุลินทรีย์กลับเข้าสู่ถังปฏิกรณ์อีกครั้ง

(ข) การเพิ่มแผ่นตัวกลางไว้ในระบบบำบัด เพื่อให้เชื้อจุลินทรีย์เกาะติดอยู่บนตัวกลางไม่หลุดออกจากระบบ

(ค) การป้อนสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบ การป้อนสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ มีความสำคัญมากโดยเฉพาะในช่วงการเริ่มต้นระบบ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบในช่วงการเริ่มต้นระบบควรมีการป้อนสารอาหารให้เหมาะสมกับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ภายในระบบบำบัด ทั้งนี้ก็เพื่อให้เกิดความสมดุลระหว่างจุลินทรีย์ทั้ง 2 กลุ่ม ได้แก่ จุลินทรีย์กลุ่มผลิตกรดกับจุลินทรีย์กลุ่มผลิตมีเทน เนื่องจากในการย่อยสลายสารอินทรีย์ไปเป็นก๊าซชีวภาพนั้น ต้องอาศัยการทำงานร่วมกันของจุลินทรีย์ทั้ง 2 กลุ่ม ซึ่งต้องมีสัดส่วนที่พอดีกัน ถ้ามีปริมาณจุลินทรีย์กลุ่มผลิตกรดสูงกว่า มักทำให้เกิดการสะสมของกรดอินทรีย์ระเหยง่ายและก๊าซชีวภาพที่ได้มักมีองค์ประกอบเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ในปริมาณที่สูง

ดังนั้น การเติมสารอินทรีย์ในช่วงเริ่มต้นระบบจึงมีความสำคัญต่อสมดุลของจุลินทรีย์ทั้งสองกลุ่ม การเติมสารอินทรีย์ในช่วงการเริ่มต้นระบบในระยะแรกๆ ควรมีการเติมสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบอย่างช้าๆ เพื่อเป็นการปรับสมดุลให้กับระบบ ให้สามารถรักษาสมดุลของจุลินทรีย์ทั้งสองกลุ่มในระบบไว้ได้และทำให้ระบบบำบัดสามารถรับภาระการเติมสารอินทรีย์ในระดับที่สูงในระยะเวลาต่อมาได้ดียิ่งขึ้น แต่ถ้ามีการเพิ่มสารอินทรีย์อย่างรวดเร็วเกินไปจะทำให้ปริมาณของจุลินทรีย์กลุ่มผลิตกรดที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่ามีจำนวนมากกว่าจุลินทรีย์กลุ่มผลิตมีเทนมาก จึงทำให้เกิดกรดอินทรีย์ระเหยง่ายขึ้นในระบบจำนวนมาก จุลินทรีย์กลุ่มผลิตมีเทนซึ่งเจริญเติบโตได้ช้ากว่าไม่สามารถใช้กรดอินทรีย์ระเหยง่ายที่เกิดขึ้นได้ทัน ทำให้เกิดการสะสมของกรดอินทรีย์ระเหยง่ายขึ้นในระบบเป็นผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ในระบบลดต่ำลง จนไม่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์กลุ่มผลิตมีเทน ในที่สุดก็จะทำให้ระบบล้มเหลวได้

2.2.2 ช่วงเดินระบบ (Operation) ในการตรวจสอบระบบการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศในขณะเดินระบบนั้น มีปัจจัยสำคัญที่จำเป็นในการตรวจสอบประสิทธิภาพดังนี้ คือ

1) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าความเป็นกรด-ด่าง เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ ซึ่งจะมีผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์แต่ละชนิด

จึงมีช่วงค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศอาศัยหลักการทำงานของจุลินทรีย์ทั้ง 2 กลุ่ม ร่วมกันคือ จุลินทรีย์กลุ่มผลิตกรดและจุลินทรีย์กลุ่มผลิตมีเทน ดังนั้นค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วงระหว่าง 6.6 - 7.4 หากค่าความเป็นกรด-ด่างสูงหรือต่ำกว่านี้ ประสิทธิภาพของระบบบำบัดจะลดลง เนื่องจากในสภาวะที่เป็นกรดหรือด่างจะเป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์

2) ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity: Alk) ค่าความเป็นด่างมีหน่วยเป็น mg ของแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3)/L ค่าความเป็นด่างเป็นตัวบ่งบอกถึงเสถียรภาพของระบบ ถ้าระบบบำบัดมีความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์สูง สามารถรักษาความเป็นกรด-ด่างของระบบบำบัดให้คงตัวอยู่ได้นาน เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยง่ายในระบบ ก็ไม่ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเปลี่ยนแปลงได้ง่าย ค่าความเป็นด่างที่เหมาะสมกับระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศควรมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 1000 - 3000 mg ของ (CaCO_3)/L ค่าความเป็นด่างเป็นปัจจัยที่สำคัญในการดูแลระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ โดยจะทำการวิเคราะห์ควบคู่ไปกับปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยง่าย แล้วจึงคำนวณหาอัตราส่วนของความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ระเหยง่าย (mg ของกรดอะซิติก/L) ต่อค่าความเป็นด่าง (mg ของ (CaCO_3)/L) โดยหาก

(ก) อัตราส่วนนี้มีค่าน้อยกว่า 0.4 แสดงว่า ระบบมีความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์สูง

(ข) อัตราส่วนนี้สูงกว่า 0.8 แสดงว่า ถ้ามีการเพิ่มขึ้นของกรดอินทรีย์ระเหยง่ายเพียงเล็กน้อย ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำเสียในระบบจะลดลงอย่างรวดเร็ว

วิธีการควบคุมระบบที่ดีที่สุดควรให้มีอัตราส่วนระหว่างปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยง่ายต่อค่าความเป็นด่างไม่เกิน 0.3-0.4

3) กรดอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Fatty Acids: VFA) กรดอินทรีย์ระเหยง่าย เช่น พวกกรดอะซิติก กรดบิวทีริก กรดโพรพิโอนิก กรดฟอร์มิก หากพบว่ามีการสะสมของกรดอินทรีย์ระเหยง่ายในระบบอยู่ปริมาณมาก มักเป็นสัญญาณเตือนถึงความล้มเหลวของระบบบำบัด เนื่องจากกรดเหล่านี้เป็นผลิตภัณฑ์สารตัวกลางที่เกิดขึ้นในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไม่ใช้อากาศ ระบบที่มีกรดอินทรีย์ระเหยง่ายสะสมในปริมาณมาก ในช่วงแรกกรดอินทรีย์ระเหยง่ายจะมีผลทำให้ค่าความเป็นด่างของระบบลดลง ต่อมาหากยังไม่มีการใช้หรือกำจัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายให้มีปริมาณลดน้อยลง ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของระบบก็จะลดต่ำลง และถ้าค่าความเป็นกรด-ด่าง ลดลงต่ำกว่า 6.6 จะเป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์ผลิตมีเทน

ถ้าระบบล้มเหลว เนื่องจากมีความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ระเหยง่ายสะสมอยู่ภายในระบบบำบัดสูงวิธีการแก้ไขที่ดีที่สุดเพื่อให้ระบบบำบัดกลับมาทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเหมือนเดิมอีกครั้งคือ ควรหยุดป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดก่อน รอจนกระทั่งความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ระเหยง่ายในระบบบำบัดลดลงมาอยู่ในระดับปกติก่อน แล้วจึงค่อยเริ่มต้นป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดใหม่อีกครั้ง หรืออาจค่อยๆ เพิ่มอัตราการป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบ โดยในช่วงแรกควรป้อนน้ำเสียที่มีค่าซีโอดีต่ำๆ ในปริมาณน้อยๆ เข้าสู่ระบบก่อน เมื่อระบบเริ่มฟื้นตัวแล้วจึงค่อยๆ เพิ่มอัตราการป้อนน้ำเสียในปริมาณที่มากขึ้นได้ หากต้องการควบคุมค่าความเป็นกรด - ด่าง ให้เหมาะสมกับระบบอาจใช้วิธีการเติมสารเคมี เช่น โซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) โซเดียม - ไฮดรอกไซด์

(NaOH) หรือโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) เป็นต้น ไม่ควรใช้ปูนขาว $\text{Ca}(\text{OH})_2$ เนื่องจากอาจทำให้เกิดการอุดตัน

4) อัตราการผลิตก๊าซมีเทนและองค์ประกอบก๊าซชีวภาพ อัตราการผลิตมีเทนทำให้ทราบถึงความสามารถของเชื้อจุลินทรีย์และประสิทธิภาพของระบบบำบัด การเปลี่ยนแปลงของอัตราการผลิตก๊าซมีเทนมีความสำคัญมาก เนื่องจากเป็นตัวแปรที่สามารถบอกได้ว่าเกิดความผิดปกติกับจุลินทรีย์กลุ่มผลิตมีเทน หากพบว่า อัตราการผลิตมีเทนลดลง จุลินทรีย์กลุ่มผลิตมีเทนอาจถูกยับยั้งการทำงาน และในองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพควรมีก๊าซมีเทนในช่วง 60 - 65% ซึ่งจากทฤษฎีแล้วในการผลิตก๊าซมีเทนที่อุณหภูมิ 35°C นั้น จะได้ก๊าซมีเทน 0.35 ลูกบาศก์เมตร/ กิโลกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด

5) ประสิทธิภาพการกำจัดค่าซีโอดี (COD) ประสิทธิภาพการกำจัดค่าซีโอดีทำให้ทราบถึงความสามารถของเชื้อจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยปกติแล้วกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะสามารถลดค่าซีโอดีได้ หากพบว่าในระบบบำบัดมี ประสิทธิภาพการกำจัดค่าซีโอดีลดต่ำลงเรื่อยๆ และน้อยกว่าร้อยละ 70 แสดงว่า ระบบเริ่มมีปัญหาเกิดขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากสภาวะแวดล้อมในระบบบำบัดไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์เกิดขึ้นต่ำ ทั้งนี้ในระบบบำบัดที่ดีควรมีประสิทธิภาพการกำจัดค่าซีโอดีมากกว่าร้อยละ 85

6) การตรวจสอบและวิเคราะห์ผลระบบบำบัดน้ำเสีย การตรวจสอบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยทั่วไปแล้วจะต้องทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อระบบเป็นประจำทุกวัน ตำแหน่งที่ควรเก็บตัวอย่างน้ำเสียเพื่อนำมาทำการตรวจวิเคราะห์และตำแหน่งที่จะต้องทำการวัดปริมาณก๊าซชีวภาพและวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ รวมถึงปัจจัยต่างๆ ที่ควรทำการตรวจสอบและวิเคราะห์ผลน้ำเสีย แสดงดังตารางที่ 3 ส่วนวิเคราะห์สามารถดูได้จากคู่มือวิเคราะห์น้ำเสียได้ โดยปัจจัยที่สำคัญ ที่ต้องทำการตรวจวิเคราะห์ได้แก่

- (ก) ค่าความเป็นกรดต่าง (pH)
- (ข) ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity)
- (ค) ปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile fatty acids)
- (ง) ประสิทธิภาพการกำจัดค่าซีโอดี (COD)
- (จ) ปริมาณก๊าซชีวภาพ
- (ฉ) องค์ประกอบก๊าซชีวภาพ
- (ช) ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในถังปฏิกรณ์

ควรมีการตรวจสอบปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในถังปฏิกรณ์ ซึ่งจะช่วยให้ทราบว่า ในถังปฏิกรณ์ผลิตก๊าซชีวภาพนั้นมีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์อยู่ในปริมาณมากน้อยแค่ไหน เนื่องจากปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในถังปฏิกรณ์มีผลต่อประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียและการผลิตก๊าซชีวภาพ ถังปฏิกรณ์ควรมีการติดตั้งจุดเก็บตัวอย่างตะกอนจุลินทรีย์ไว้ที่ระดับความสูงต่างๆ ของถังปฏิกรณ์ เพื่อความสะดวกในการเก็บตัวอย่างตะกอนจุลินทรีย์ การตรวจสอบปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในถังปฏิกรณ์ ทำได้โดยการเก็บตัวอย่างของตะกอนจุลินทรีย์ที่ระดับความสูงต่างๆ ของถังปฏิกรณ์ แล้วนำมาทำการวิเคราะห์หาค่า Total Solids (TS), Total Volatile Solids (TVS) หรือทำ

การวิเคราะห์หาค่า Suspended Solids (SS), Volatile Suspended Solids (VSS) การวิเคราะห์ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสียและการผลิตก๊าซชีวภาพดังกล่าวข้างต้น ดังนั้นจึงต้องมีอุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์ที่จำเป็นไว้ในห้องปฏิบัติการ เช่น

(ก) เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH มิเตอร์)

(ข) เครื่องมือและอุปกรณ์วิเคราะห์ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity)

และปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile fatty acids)

(ค) เครื่องมือวิเคราะห์ค่าซีโอดี (COD)

(ง) เครื่องมือวัดองค์ประกอบก๊าซชีวภาพ

(จ) เครื่องมือและอุปกรณ์วิเคราะห์ปริมาณตะกอน เป็นต้น

สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ ดังแสดงในตารางที่ 1 – 4

ตารางที่ 1 – 4 แสดงสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ

สภาวะแวดล้อม	ช่วงค่าที่เหมาะสม	ช่วงค่าที่ยอมรับได้
อุณหภูมิ(°C)	30 - 35	25 - 40
pH	6.8 - 7.2	6.6 - 7.4
ค่าความเป็นด่าง (mg ของ CaCO ₃ /L)	2000 - 3000	1000 - 4000
ปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยง่าย (mg ของกรดอะซิติก/L)	50 - 500	2000
ประสิทธิภาพการกำจัดค่าซีโอดี(COD)	>85%	75 - 85%
ค่าอัตราส่วนระหว่างปริมาณกรดอินทรีย์ระเหย ง่ายต่อค่าความเป็นด่าง(VFA/Alk ratio)	< 0.3	0.03 - 0.3
ร้อยละ CH ₄	60 - 65	55 - 60
H ₂ S ที่ละลายน้ำเสีย (ppm)	< 30	< 200
อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C : N ratio)	40 - 50	< 100

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2553)

2.5 การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ

การบำบัดน้ำเสียแบบแอนแอโรบิก (Anerobic) เพื่อให้ได้ก๊าซชีวภาพเป็นผลผลิตนั้น น้ำเสียควรจะมีค่า COD มากกว่า 1500 mg/l (Metcalf & Eddy, 2004) ดังนั้นในการที่จะผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อให้ได้ ปริมาณก๊าซที่มากพอที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้านั้น น้ำเสียที่จะนำมาเข้าสู่ระบบแอนแอโรบิกควรมีค่า COD ที่สูง ทั้งนี้เพื่อให้มีปริมาณน้ำเสียมากพอที่จะทำให้การเดินระบบผลิตก๊าซชีวภาพเป็นไปอย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพสูงสุด การเดินระบบผลิตก๊าซชีวภาพจะต้องมีการควบคุมให้มีการรวบรวมน้ำเสีย การบำบัดเบื้องต้น กระบวนการปรับสภาพน้ำเสีย และการควบคุมดูแลระบบแอนแอโรบิก ให้มีประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซมีเทนให้ได้มากที่สุด

สภาวะแวดล้อมและปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยสลายในสภาวะไม่ใช้อากาศ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ จำเป็นต้องอาศัยการทำงานของแบคทีเรียหลายชนิดที่เจริญเติบโตร่วมกัน ดังนั้นในการเริ่มต้นเดินระบบจึงต้องมีสภาวะแวดล้อมและปัจจัยในระบบที่เหมาะสม หากสภาวะแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไปทำให้แบคทีเรียไม่เจริญเติบโต ก็จะทำให้เกิดการสะสมของกรดอินทรีย์ระเหยง่ายจนอาจทำให้ระบบล้มเหลวได้ ดังนั้นจึงต้องเข้าใจถึงสภาวะแวดล้อมต่างๆ ที่มีผลต่อการทำงานของแบคทีเรีย (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553) สภาวะแวดล้อมและปัจจัยดังกล่าวมีดังต่อไปนี้

2.3.1 ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนต้องควบคุมค่า pH ให้อยู่ในระดับประมาณ 6.6 - 8 ดังนั้นในกระบวนการปรับสภาพน้ำเสีย จะต้องใช้ปูนขาวหรือต่างชนิดอื่นๆ ใส่ลงไปในน้ำเสียเพื่อทำให้ค่า pH สูงขึ้น เพราะว่าถ้าค่า pH ของระบบมีค่าต่ำกว่า 6.6 จะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) มากกว่าปรกติและเกิดกลิ่นเหม็น แต่ถ้าระบบมีค่า pH สูงกว่า 7.5 - 8.0 จะทำให้แบคทีเรียในระบบประเภทที่ผลิตก๊าซมีเทน (CH₄) มีน้อยลงและเชื้อช้ำต้องใส่สารจำพวกกรดเพื่อลดค่า pH การควบคุมค่า pH จะต้องมีประสิทธิภาพมากโดยจะต้องมีการตรวจสอบน้ำเสียอย่างสม่ำเสมอและมีการควบคุมดูแลระบบจ่ายสารเคมีให้อยู่ในสภาพที่ดี (Metcalf & Eddy, 2004) สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 6.6 - 7.4 ซึ่งเป็นค่าความเป็นกรด - ด่าง ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกลุ่มผลิตก๊าซมีเทน (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553)

2.3.2 อุณหภูมิ (Temperature) แสดงดังตารางที่ 1 - 5 อุณหภูมิในการเดินระบบแบบแอนแอโรบิก มีความสำคัญมากเนื่องจากอุณหภูมิของระบบมีผลต่ออัตราการย่อยสลายของแบคทีเรีย โดยที่อุณหภูมิที่ใช้ในการเดินระบบแอนแอโรบิกมี 2 ช่วง ได้แก่ช่วง Mesophiles (30 - 35 °C) และ Thermophiles (50 - 60 °C) แสดงตารางที่ 1 - 6 ส่วนใหญ่จะเดินระบบในช่วงอุณหภูมิ Mesophiles เนื่องจาก Thermophillic bacteria มีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม แต่ในช่วงอุณหภูมินี้ถ้าหากมีการคุมระบบที่ดี ระบบผลิตก๊าซก็จะให้ปริมาณก๊าซที่มากกว่าในช่วงอุณหภูมิของ Mesophiles

ตารางที่ 1 - 5 ช่วงอุณหภูมิสำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกลุ่มผลิตมีเทน (Methane - forming bacteria)

Bacteria Group	Temperature Range, °C
Psychrophiles	5-25
Mesophiles	30-35
Thermophiles	50-60
HyperThermophiles	>65

ที่มา: Metcalf and Eddy (2004)

ตารางที่ 1 – 6 การเปรียบเทียบการเดินระบบของรูปแบบถังปฏิกรณ์ Mesophillic และ Thermophillic

Feature	Mesophillic digester	Thermophillic digester
Loading rate	Lower	Higher
Destruction of pathogens	Lower	Higher
Sensitivity to toxicants	Lower	Higher
Operational costs	Lower	Higher
Temperature control	Less difficult	More difficult

ที่มา: Metcalf and Eddy (2004)

2.3.3 สารพิษ (Toxin) สารพิษที่มีผลต่อระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน ได้แก่ โลหะต่างๆ เช่น Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^+ และแอมโมเนีย ซึ่งถ้ามีปริมาณสารพิษในระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ หากมีปริมาณมากเกินไปจะมีผลต่อระบบย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียของแบคทีเรียที่อยู่ในระบบ นอกจากนี้สารที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรค เช่น Cl_2 ก็มีผลอย่างมากต่อระบบบำบัดน้ำเสียนี้เนื่องจาก Cl_2 มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ทุกชนิดดังนั้นหากมี Cl_2 เข้าสู่ระบบจะทำให้จุลินทรีย์ที่เลี้ยงไว้ตายได้ ทำให้ระบบผลิตก๊าซชีวภาพล้มเหลว ซึ่งจะต้องทำการถ่ายน้ำเสียออกจากระบบและเริ่มทำการเดินระบบใหม่ทำให้เสียเวลาเนื่องจากการเริ่มเดินระบบในระยะแรกต้องใช้เวลานานและทำได้ยาก สารอีกตัวที่จะทำให้ระบบมีปัญหาคือ ซัลเฟอร์ (S) สารนี้จะมีผลทำให้ระบบเกิดก๊าซไข่เน่า (H_2S) แทนก๊าซมีเทน (CH_4) ดังนั้นหากในระบบมีปริมาณซัลเฟอร์มากเกินไปจะทำให้ระบบผลิตก๊าซชีวภาพมีประสิทธิภาพลดลง (Metcalf and Eddy, 2004) อย่างไรก็ตามในการผลิตก๊าซชีวภาพจะต้องมีการตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำเสียก่อนที่จะมีการปล่อยเข้าสู่ระบบ

2.3.4 ความต้องการธาตุอาหาร (Nutrient Requirements) โครงสร้างพื้นฐานของเซลล์แบคทีเรีย มีน้ำเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 80 ส่วนที่เหลือจะประกอบด้วย อินทรีย์สารอนินทรีย์สาร โดยสูตรโครงสร้างอย่างง่ายของเซลล์แบคทีเรียคือ $\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$ แต่ถ้าพิจารณารวมฟอสฟอรัสด้วย สูตรโครงสร้างจะเปลี่ยนเป็น $\text{C}_{60}\text{H}_{87}\text{O}_{23}\text{N}_{12}\text{P}$ (องค์ประกอบของเซลล์แบคทีเรียจะเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาและชนิดของแบคทีเรีย) ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ Macronutrient (ธาตุอาหารหลัก) เป็นธาตุอาหารสำหรับการสังเคราะห์เซลล์ ได้แก่ C, N, S, P, K, Mg, Ca, Fe, Na และ Cl ส่วนธาตุอาหารรอง (Micronutrient) เป็นธาตุอาหารที่มีบทบาทในกระบวนการสันดาปและการทำงานของเอนไซม์ของเซลล์ ได้แก่ Zn, Mn, Mo, Se, Co, Cu, Ni และ Vitamin (Metcalf and Eddy, 2004)

ในการเดินระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศมักพิจารณา สัดส่วน COD:N:P เนื่องจากเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญในการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย สัดส่วนดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ของระบบ ดังนั้นในการเดินระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศจะต้องควบคุมค่าสัดส่วนดังกล่าวให้มีค่าที่เพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์โดยทั่วไประบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศจะใช้ค่าสัดส่วน COD:N:P เท่ากับ 1000:7:1 สำหรับน้ำเสียเข้มข้นสูงและ 350:7:1 สำหรับน้ำเสียเข้มข้นต่ำ ทั้งนี้ในการเดินระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศเพื่อผลิตก๊าซ

ชีวภาพจะต้องมีการตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำเสียอยู่เสมอเพื่อให้การการย่อยสลายภายในถังเป็นไปอย่างสมบูรณ์

2.6 ก๊าซชีวภาพ (Biogas)

ก๊าซชีวภาพ (Biogas) หมายถึง ก๊าซที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไม่ใช้ออกาศด้วยแบคทีเรียสองกลุ่ม คือ แบคทีเรียกลุ่มผลิตกรด (Acid forming bacteria) และแบคทีเรียกลุ่มผลิตมีเทน (Methane forming bacteria) โดยแบคทีเรียกลุ่มผลิตกรด จะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างโมเลกุลใหญ่ ให้กลายเป็นสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างโมเลกุลขนาดเล็กลง จากนั้นแบคทีเรียกลุ่มผลิตมีเทนจะใช้สารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างโมเลกุลเล็กเป็นสารอาหารและย่อยสลายให้ผลผลิตหลักเป็นก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) โดยมีก๊าซอื่นๆ เกิดขึ้นปริมาณเล็กน้อย เช่น ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) หรือ ก๊าซไข่เน่า และก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) เป็นต้น กระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพต้องระวังไม่ให้อากาศเข้าไปสัมผัสกับแบคทีเรียกลุ่มผลิตมีเทน เพราะจะทำให้ประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนลดลง (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553)

2.7 การวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multi criteria Decision Analysis: MCDA)

การวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multi criteria Decision Analysis: MCDA) มีความสามารถในการนำไปใช้งานได้อย่างหลากหลาย โดยมีการกำหนดทางเลือก (Alternative) และปัจจัย (Factor) สำหรับการวิเคราะห์หาทางเลือกที่เหมาะสม (Department for Communities and Local Government, 2009) ในงานทางด้านสิ่งแวดล้อมมีการศึกษาใช้งานในด้านการประเมินการจัดการของเสีย (Chung and Poon, 1996) และใช้งานอย่างแพร่หลายในงานด้านการจัดการขยะชุมชน โดยมีการนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในด้านการคัดเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดขยะชุมชน เพื่อให้ได้เทคนิคที่ดีที่สุดและไม่ก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น (Generowicz et al., 2011) ในส่วนงานทางด้าน การบำบัดน้ำเสียก็สามารถใช้การวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ในการประเมินคัดเลือกพื้นที่สำหรับงานการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย (Kallali et al., 2007) การประเมินการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียหรือการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียที่มีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้งาน (Benedett et al., 2010 and Alsina et al., 2008) นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในการประเมินในการดำเนินงานส่วนย่อยของระบบบำบัดน้ำเสียได้อีกด้วย เช่น การวิเคราะห์การควบคุมการเดินระบบบำบัดน้ำเสียโดยวิธีทางชีวภาพให้มีสภาวะการเดินระบบที่เสถียร (Zonta et al., 2012) หรือในกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางเคมีที่มีความหลากหลายของสารเคมีที่นำมาใช้งาน ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับความสะดวกในการใช้งาน ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย ตลอดจนค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อสารเคมี ตัวอย่างเช่นการใช้การวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์สำหรับการประเมินเลือกสารช่วยรวมตะกอน (Coagulant) ในระบบบำบัดน้ำเสียที่มีการใช้กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบตกตะกอนทางเคมี (Feo et al., 2008) จากรายงานการวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของการใช้การวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ ที่มี

ส่วนช่วยในการตัดสินใจเลือกสภาวะ รูปแบบ หรือทางเลือกที่เหมาะสมที่จะใช้ประโยชน์ในงานด้านต่าง ๆ และสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้อย่างหลากหลายสำหรับงานทางด้านสิ่งแวดล้อม

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.8.1 การศึกษาการผลิตแก๊สชีวภาพจากทะเลสาบปาล์มเปลา่โดยใช้มูลสุกรเป็นหัวเชื้อเริ่มต้นแบบกะและแบบกึ่งกะ

งานวิจัยนี้เน้นการใช้ประโยชน์จากทะเลสาบปาล์มเปลา่เพื่อใช้ในการผลิตแก๊สชีวภาพ เริ่มต้นการทดลองโดยทำการปรับสภาพ ทะเลสาบปาล์มเปลา่ด้วยสารละลายต่าง ในอัตราส่วนของทะเลสาบปาล์มเปลา่กับสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 10 คือ แล้วปรับ pH ให้เป็นกลาง ($\text{pH} = 7$) จากนั้นศึกษาการผลิตแก๊สชีวภาพจากการหมักทะเลสาบ ปาล์มเปลา่โดยใช้น้ำมูลสุกรเป็นหัวเชื้อเริ่มต้นแบบกะและแบบกึ่งกะ โดยการผลิตแก๊สชีวภาพแบบกะ (batch) คือการหมักทะเลสาบ ปาล์มเปลา่โดยใช้น้ำมูลสุกรเป็นหัวเชื้อเริ่มต้น เป็นเวลา 12 วัน พบว่า ปริมาณแก๊สชีวภาพสะสม 937 cm^3 ปริมาณแก๊สชีวภาพเฉลี่ย $78.08 \text{ cm}^3/\text{day}$ สำหรับการผลิตแก๊สชีวภาพแบบกึ่งกะ (fed - batch) แบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ทุกชุดการทดลองใช้น้ำมูลสุกรเป็นหัวเชื้อเริ่มต้น 400 ml เติมปริมาณทะเลสาบปาล์มเปลา่ ในปริมาณต่างๆ ทุก 3 วัน จนครบ 100 g ทำการหมักเป็นเวลา 12 วัน พบว่า การผลิตแก๊สชีวภาพจากทะเลสาบปาล์มเปลา่โดยใช้น้ำมูลสุกรเป็นหัวเชื้อเริ่มต้นแบบกึ่งกะสามารถผลิตแก๊สได้ดีกว่าแบบกะ โดยการหมักแบบกึ่งกะชุดที่ 4 ให้ปริมาณแก๊สชีวภาพเฉลี่ยและปริมาณแก๊สชีวภาพสะสมสูงกว่าชุดการทดลองอื่นโดยมีค่าแก๊สชีวภาพเฉลี่ย เท่ากับ $105.67 \text{ cm}^3/\text{day}$ และปริมาณแก๊สชีวภาพสะสม เท่ากับ 1268 cm^3 (ลาแพน, ม.ป.ป.)

2.8.2 ผลของอุณหภูมิและการรับภาระสารอินทรีย์ต่อการผลิตมีเทนจากน้ำทิ้งหลังการผลิตไฮโดรเจน ของน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ

ผลของอุณหภูมิและการรับภาระสารอินทรีย์ต่อศักยภาพการผลิตก๊าซ มีเทนของน้ำทิ้งหลังการผลิตไฮโดรเจนภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูง $60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ และ อุณหภูมิห้อง $28 - 33 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ในระบบแบบกะและแบบต่อเนื่อง ศักยภาพในการผลิตมีเทนของน้ำทิ้งหลังการผลิตไฮโดรเจน ภายใต้สภาวะอุณหภูมิห้องที่การรับภาระสารอินทรีย์เริ่มต้น 17.6, 26.4, 35.2 และ 44 g/L คือ 31.9, 28.4, 19.5 และ $17.2 \text{ L Methane/L wastewater}$ ตามลำดับ สอดคล้องกับผลได้มีเทน 727, 646, 444 และ 391 ml Methane/g ของแข็งระเหยได้ ศักยภาพในการผลิตมีเทนของน้ำทิ้งหลังการผลิตไฮโดรเจนภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูงที่การรับภาระสารอินทรีย์เริ่มต้น 17.6, 26.4, 35.2 และ 44 g/L คือ 31.2, 28.7, 23 และ $23 \text{ L Methane/L wastewater}$ ตามลำดับ สอดคล้องกับผลได้มีเทน 709, 652, 526 และ $525 \text{ ml Methane/g VSS}$ การผลิตมีเทนจากน้ำทิ้งหลังการผลิตไฮโดรเจนในระบบต่อเนื่องภายใต้สภาวะอุณหภูมิห้องที่ระยะพักกักเก็บน้ำ 20, 15 และ 10 วัน ให้ผลผลิตมีเทน 30.3, 30.4 และ $24.9 \text{ L Methane/L wastewater}$ ตามลำดับ ในขณะที่อุณหภูมิสูงให้ผลผลิตมีเทน 31.6, 30.3 และ $29.29 \text{ L Methane/L wastewater}$ ตามลำดับ (อังคณา และคณะ, 2555)

2.8.3 การผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้กากมันสำปะหลังหลังจากกระบวนการผลิตแป้งมัน

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและทดลองหาหัวเชื้อจุลินทรีย์และสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ จากกากมันสำปะหลังหลังจากกระบวนการผลิตแป้งมันและศึกษาผลของอุณหภูมิและสภาพความเป็นกรด-ด่าง ที่มีผลต่ออัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ เพื่อหาค่าที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพให้มีปริมาณสูงสุด โดยใช้ค่าที่ทดลองในระดับสเกล เพื่อที่จะนำผลการทดลอง มาควบคุมในระบบถังหมักก๊าซชีวภาพขนาดเครื่องต้นแบบชนิดกวนผสมสมบูรณ์สองชั้นตอน

การทดลองในระดับสเกล พบว่าการทดลองหัวเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมโดยใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์จากฟาร์มสุกร, ฟาร์มวัวและโรงงานแป้งมันสำปะหลังและปรับค่า pH เท่ากับ 7 (เป็นกลาง) ที่อุณหภูมิ 35 °C พบว่าหัวเชื้อจุลินทรีย์จากโรงแป้งมันสำปะหลังเกิดก๊าซชีวภาพมากที่สุด ส่วนการทดลองผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อการเกิดก๊าซชีวภาพ โดยการทดลองได้มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เพิ่มขึ้นครั้งละ 5 °C จากอุณหภูมิตั้งแต่ 25 °C ถึง 50 °C และได้ควบคุมค่า pH เท่ากับ 7 (เป็นกลาง) พบว่า อุณหภูมิที่มีผลต่อการเกิดก๊าซชีวภาพสูงที่สุดคือ 35 °C และการทดลองผลของความเป็นกรด-ด่างที่มีผลต่อการเกิดก๊าซชีวภาพ การทดลองได้นำอุณหภูมิจากการทดลองในส่วนที่สองที่พบว่าทำให้เกิดก๊าซสูงที่สุด 35 °C มาเป็นตัวแปรควบคุมในการทดลองส่วนที่สาม ซึ่งได้มีการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 5 จนถึง 10 โดยเพิ่มขึ้นครั้งละ 1.0 และจากผลการทดลองพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างที่มีแนวโน้มต่อการเกิดก๊าซมากที่สุดคือ ค่า pH เท่ากับ 8 และนำผลการทดลองในส่วนของห้องปฏิบัติการมาควบคุมในระบบถังหมักก๊าซชีวภาพขนาดเครื่องต้นแบบชนิดกวนผสมสมบูรณ์สองชั้นตอน โดยทดลองในช่วงอุณหภูมิปานกลาง (Mesophilic range ที่ 35 °C) และปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เริ่มต้น เท่ากับ 8 โดยถังหมักแบบสองชั้นตอน ประกอบด้วยถังหมักกรด จำนวน 1 ถัง ถังหมักก๊าซมีเทนจำนวน 2 ถัง และถังเก็บก๊าซจำนวน 1 ถัง โดยต่อกันแบบอนุกรม ใช้กรรมวิธีการเติมสารอินทรีย์ (กากมันสำปะหลังผสมกับน้ำ) แบบครั้งคราว (Batch Feeding) โดยกำหนดให้มีระยะเก็บกักสารอินทรีย์ 12 วัน และของแข็งทั้งหมดในสารละลายที่เข้าระบบ 20 เปอร์เซ็นต์ อัตราการป้อนสารอินทรีย์เข้าระบบเท่ากับ 0.417 gCOD/L/day และมีการเพิ่มความถี่ของการกวนโดยเริ่มจากที่ไม่มีการกวนและกวนด้วยความถี่ 0, 24, 8, 4, 2 ชั่วโมง/ครั้ง ครั้งละ 10 นาที/วัน พบว่า มีอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพโดยเฉลี่ย 140, 160, 190, 240, 280 L/day โดย มีก๊าซมีเทน (CH₄) ประมาณร้อยละ 53.8-54.3 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ประมาณร้อยละ 24.6 และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S) ประมาณ 148 ppm และประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีมีค่าสูงถึงร้อยละ 98.87 (พงษ์พันธ์, 2555)

2.8.4 การผลิตแก๊สชีวภาพจากกากตะกอนดีแคแเตอร์โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มร่วมกับมูลสุกร

กากตะกอนดีแคแเตอร์เป็นวัสดุเศษเหลือจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม ซึ่งสามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์โดยการผลิตแก๊สชีวภาพได้ งานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาการหมักร่วมกันระหว่างกากตะกอนดีแคแเตอร์กับมูลสุกรที่อัตราส่วนผสมต่างๆ เพื่อหาอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดในการผลิตแก๊สชีวภาพ โดยใช้อัตราส่วน น้ำหนักกากตะกอนดีแคแเตอร์ 0.5 Kg/Swine 50 ml (10%) 100 ml (20%) 150 ml (30%) 200 ml (40%) และ 250 ml (50%) โดยปริมาตร ระบบหมักแบบไร้อากาศ (Anaerobic Digester) ทำการหมักเป็นระยะเวลา 12 วัน ภายใต้อุณหภูมิห้อง (27 ± 3 °C)

เก็บตัวอย่างน้ำหมักวัดค่า pH และปริมาตรแก๊สทุก 3 วัน วัดปริมาณแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นโดยการแทนที่น้ำ (fluid displacement method) พบว่า การหมักกากตะกอนดีแคแคโนร่วมกับมูลสุกรแบบไร้อากาศ อัตราส่วนมูลสุกรที่ทำให้เกิดแก๊สสูงสุด คือ อัตราส่วนผสมมูลสุกร 10% ซึ่งมีปริมาณแก๊สชีวภาพ เท่ากับ ml/วัน รองลงมา คือ 40% และ 30% (จรรย์, ม.ป.ป.)

2.8.5 ผลของอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีนกับน้ำเสียจากโรงงานน้ำมันปาล์มที่มีต่อการเริ่มเกิดก๊าซชีวภาพ

จากการตรวจสอบกระบวนการผลิตขนมจีนของโรงงานแห่งหนึ่งในจังหวัดตรัง ซึ่งเป็นโรงงานผลิตเส้นขนมจีนแบบแปงหมัก มีปริมาณการก่อกัดน้ำเสีย 18-20 ลิตร/กิโลกรัม ผลผลิตเส้นขนมจีนน้ำเสียที่เกิดขึ้นมีสีขาวขุ่น ค่าพีเอช ของน้ำเสียมีค่าต่ำทั้งนี้อาจมีผลตากรกระบวนการผลิตในการแช่ข้าวสาร และการหมักแปง จนถึงอาจเกิดการกระบวนการหมักของน้ำเสียที่ไหลออกจากกระบวนการผลิต ผลการวิเคราะห์ลักษณะน้ำเสียของโรงงานผลิตเส้นขนมจีน ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นถึงน้ำเสียของโรงงานผลิตเส้นขนมจีนมีความสกปรกในรูปของค่าซีโอดี และ บีโอดีค่อนข้างสูง ทั้งนี้เกิดจากการปนเปื้อนแบคทีเรียที่มีองค์ประกอบเป็น คาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ (Siripattanakul. S., 2012) จากการวิเคราะห์ค่าของแข็งทั้งหมด และของแข็งแขวนลอยทั้งหมด แสดงให้เห็นถึงปริมาณของแข็งที่มีอยู่ในน้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีนส่วนใหญ่เป็นของแข็งแขวนลอย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะแบคทีเรียที่ผลิตจากข้าวเจ้าและใช้วัตถุดิบในการผลิตเส้นขนมจีนละลายน้ำได้น้อย สอดคล้องกับค่าความสกปรกของน้ำเสียในรูปค่าซีโอดี ที่มีค่า เอสซีโอดีต่ำ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงค่าซีโอดีส่วนใหญ่มีผลมาจากของแข็งแขวนลอยที่เป็นตะกอนแปง ผลการวิเคราะห์ค่าทีเคเอ็น และค่าความเป็นด่างมีค่าต่ำ ซึ่งลักษณะของน้ำเสียดังกล่าวมีผลต่อการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย และประสิทธิภาพการบำบัด อย่างไรก็ตามจากลักษณะของน้ำเสียที่ปนเปื้อนตะกอนแปง พบว่าหากวางทิ้งไว้จะมีระยะเวลาทนสำหรับการตกตะกอน ตะกอนแปงที่ปนเปื้อนในน้ำเสียจะตกตะกอนสู่ด้านล่างจนน้ำส่วนบนใส ผลการวิเคราะห์ลักษณะน้ำเสียจากถังปฏิกรณ์ชีวภาพของโรงงานน้ำมันปาล์ม พบว่าน้ำเสียดังกล่าวมีสีน้ำตาลเข้ม และมีตะกอนจุลินทรีย์แขวนลอยอยู่ในน้ำเสียปริมาณมาก ซึ่งระบบปฏิกรณ์ถังชีวภาพของโรงงานน้ำมันปาล์มจะถูกควบคุมค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ การนำน้ำเสียที่มีเชื้อจุลินทรีย์ผลิตก๊าซชีวภาพจากถังปฏิกรณ์ก๊าซชีวภาพของโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มสามารถนำมาใช้สำหรับการเริ่มต้นเดินระบบถังปฏิกรณ์ถังชีวภาพในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตเส้นขนมจีนเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพได้ และสามารถลดระยะเวลาการเริ่มต้นผลิตก๊าซชีวภาพในถังปฏิกรณ์ก๊าซชีวภาพ โดยมีค่าร้อยละอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมจากการทดลองอยู่ที่ร้อยละ 30-40 ใช้ระยะเวลาการเริ่มต้นสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพในถังปฏิกรณ์ก๊าซชีวภาพ 7-8 สัปดาห์ อย่างไรก็ตามการนำไปใช้ประโยชน์จริงยังต้องพิจารณาถึงการควบคุมระบบถังปฏิกรณ์ก๊าซชีวภาพด้านอื่นๆ เพื่อป้องกันการเกิดคอกสภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพและประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุด (เอนก และคณะ , 2558)

3. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

3.1 เพื่อศึกษาแนวทางการประยุกต์ถึงปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นสำหรับการบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตเส้นขนมจีน

3.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียและปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดจากการบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตเส้นขนมจีนของถึงปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์

3.3 เพื่อศึกษาแนวทางการการบำบัดน้ำเสียสำหรับโรงงานผลิตเส้นขนมจีนโดยใช้วิธีการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่มาจากปัญหาของเจ้าของกิจการหรือโรงงานผลิตเส้นขนมจีน ที่ประสบปัญหาในการเลือกรูปแบบก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพ และปัญหามูลค่าการก่อสร้างระบบบำบัดที่สูง ตลอดจนปัญหาการควบคุมดูแลระบบ ดังนั้นผลที่ได้จากการวิจัย (ตารางที่ 1 – 7) จะเป็นประโยชน์ในด้านการจัดการน้ำเสียของโรงงานผลิตเส้นขนมจีน โดยเฉพาะเจ้าของกิจการหรือโรงงานผลิตเส้นขนมจีน ตลอดจนเป็นพัฒนาทางด้านวิชาการในการนำความรู้ที่ได้นำไปเผยแพร่เพื่อให้ผู้ที่สนใจนำไปประยุกต์ใช้กับงานด้านอื่น ๆ ต่อไป

ตารางที่ 1 – 7 แสดงประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและกลุ่มเป้าหมายที่จะได้รับประโยชน์ของแผนงานวิจัย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	กลุ่มเป้าหมายที่จะได้รับประโยชน์
1. ทางเลือกรูปแบบการบำบัดน้ำเสียมีเทคโนโลยีอย่างง่ายและต้นทุนการก่อสร้างต่ำ สามารถนำไปใช้ได้จริง	เจ้าของกิจการโรงงานผลิตเส้นขนมจีน นักวิชาการ นักวิชาการ นักวิจัย นักศึกษา อบต. อบจ.
2. ต้นแบบระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับโรงงานผลิตเส้นขนมจีน	
3. แนวทางการนำผลผลิตเป็นก๊าซชีวภาพที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการผลิตเส้นขนมจีนได้	
4. การเพิ่มมูลค่าของเสียที่เกิดขึ้นจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีน	
5. หลักการทางด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมในการออกแบบและควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสียด้วยถึงปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ (MABR)	เจ้าของกิจการโรงงานอุตสาหกรรมขนาดย่อม นักวิชาการ นักวิจัย นักศึกษา เทศบาล อบต. อบจ.

ตารางที่ 1 – 7 แสดงประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและกลุ่มเป้าหมายที่จะได้รับประโยชน์ของแผนงานวิจัย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	กลุ่มเป้าหมายที่จะได้รับประโยชน์
6. รูปแบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้น ประยุกต์ (MABR) ที่มีประสิทธิภาพ สามารถ นำไปใช้สำหรับกระบวนการบำบัดน้ำเสีย	
7. แนวทางการประเมินความเหมาะสมของ ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม	
8. ผลงานนำเสนอในงานประชุมวิชาการ หรือ ผลงานตีพิมพ์ในวารสาร ระดับชาติหรือนานาชาติ หรือ การจดสิทธิบัตร	มหาวิทยาลัย นักวิชาการ นักวิจัย นักศึกษา



บทที่ 2

วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานของโครงการงานวิจัยนี้ เพื่อเป็นการศึกษาแนวทางการประยุกต์ถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นและการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์สำหรับใช้ประโยชน์การบำบัดน้ำเสียในโรงงานผลิตเส้นขนมจีน ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนและรายละเอียดการดำเนินงานในส่วนต่างๆ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย ทั้งนี้รายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานและวิธีการวิจัยแสดงดังต่อไปนี้

1. วัสดุอุปกรณ์ และสารเคมี

1.1 วัสดุอุปกรณ์ และชุดทดลอง

1.1.1 วัสดุอุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสีย

1.1.2 ชุดทดลองระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์

1.2 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

1.2.1 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ค่าความเป็นด่าง คือ (H_2SO_4) 0.02 N, Methyl orange indicator และ Phenolphthalein indicator

1.2.2 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ค่า COD คือ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, Conc. H_2SO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, Ag_2SO_4 1,10 -phenanthroline monohydrate, FeSO_4 และ HgSO_4

1.2.3 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ค่า BOD คือ KH_2PO_4 , K_2HPO_4 , $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, NH_4Cl , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, anhydrous CaCl_2 , $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, NaOH , NaI , NaN_3 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{KH}_2(\text{IO}_3)_2$, KI , H_2SO_4 และแป้งมัน

4. วิธีการดำเนินงานวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง

4.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ประกอบด้วยการศึกษาแนวทางการประยุกต์ถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นสำหรับการบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตเส้นขนมจีน โดยใช้ตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงานที่อยู่ในเขตพื้นที่จังหวัดตรัง การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย และปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดจากการบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเส้นขนมจีนของถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ และการศึกษาแนวทางการการบำบัดน้ำเสียสำหรับโรงงานผลิตเส้นขนมจีนโดยใช้วิธีการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multi criteria Decision Analysis: MCDA) โดยมีรายละเอียดวิธีการดำเนินงานวิจัยดังนี้

ส่วนที่ 1 การศึกษาแนวทางการประยุกต์ถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นสำหรับการบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตเส้นขนมจีน

1) การศึกษาแนวทางการประยุกต์ถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นสำหรับการบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตเส้นขนมจีน โดยการออกแบบและสร้างชุดทดลองถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ จำนวน 2 รูปแบบ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัด ความเหมาะสมสำหรับการใช้งาน ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ และการควบคุมดูแลระบบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

แบบที่ 1 การประยุกต์ใช้ท่อคอนกรีต: การออกแบบตัดแปลงประยุกต์ใช้ท่อคอนกรีตสำเร็จรูปประกอบเป็นถังถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแทนการหล่อถังด้วยคอนกรีต และการประยุกต์ใช้ท่อพีวีซีควบคุมการไหลลงแทนแผ่นกั้นในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศ โดยการดำเนินการวิจัยในรูปแบบที่ 1 นี้ ได้ดำเนินการในสถานที่จริง ซึ่งเป็นสถานประกอบการโรงงานผลิตเส้นขนมจีนแบบเป้งหมัก ที่มีการใช้ข้าวสารเป็นวัตถุดิบเริ่มต้น และประสบปัญหากลิ่นเหม็นรบกวนจากน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต จึงมีความต้องการแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้น โดยเลือกรูปแบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์แบบใช้ท่อคอนกรีตกลม เนื่องจากท่อคอนกรีตแบบที่เหลี่ยมมีมูลค่าสูงมาก ทั้งนี้เป็นเพราะท่อคอนกรีตรูปแบบดังกล่าวไม่ได้ผลิตเพื่อจำหน่ายและใช้งานอย่างแพร่หลาย เป็นการใช้งานแบบจำเพาะเจาะจง เช่น โครงการวางระบบท่อระบายน้ำข้างถนน เป็นต้น แบบแปลนของระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์รูปแบบที่ 1 แสดงดังภาพผนวก ก

แบบที่ 2 การประยุกต์ใช้ถังก๊าซรถยนต์: จากข้อจำกัดทางด้านราคาของท่อคอนกรีตแบบเหลี่ยม งานวิจัยนี้จึงมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบวิธีการดำเนินงานเป็นการประยุกต์ใช้ถังก๊าซรถยนต์ที่เสื่อมสภาพการใช้งาน นำมาผลิตเป็นส่วนของถังหมักของระบบชุดทดลองถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ และเพิ่มเติมรูปแบบของการวิจัยโดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์รูปแบบนี้ ระหว่างระบบที่ไม่มีมีการบรรจุตัวกลาง กับระบบที่มีการบรรจุตัวกลางที่ผลิตจากยางในรถจักรยานยนต์ โดยทั้งสองระบบผลิตจากถังบรรจุก๊าซรถยนต์ที่มีปริมาตรบรรจุ 58 ลิตร เป็นส่วนประกอบ จำนวน 5 ถัง และเชื่อมต่อด้วยระบบท่อพีวีซีเพื่อควบคุมการไหลของน้ำเสียในระบบ โดยการดำเนินการทดลองของรูปแบบที่ 2 นี้ เป็นการดำเนินการทดลองใช้น้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีนแบบเป้งสำเร็จรูป แบบ 3 มิติ ของระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์รูปแบบที่ 2 แสดงดังภาพผนวก ข

2) การศึกษาเกณฑ์สำหรับการบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเส้นขนมจีนโดยใช้ระบบแผ่นกั้นไร้อากาศประยุกต์

เนื่องจากเกณฑ์สำหรับการบำบัดน้ำเสียมีความสำคัญต่อวิธีการควบคุมระบบบำบัด และประสิทธิภาพการบำบัด เช่น การศึกษาระยะกักพักชลศาสตร์ (Hydraulic Residence Time, HRT) ระยะเวลาที่กักพักขนศาสตร์มีผลอย่างยิ่งต่อการย่อยสลายสารอาหารในน้ำเสียให้เป็น VFAs (Volatile Fatty Acids) ในถังบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ เนื่องจากการควบคุมค่าระยะเวลาที่กักพักชลศาสตร์สัมพันธ์กับค่าอัตราการบรรทุกสารอินทรีย์ โดยที่ระยะเวลาที่กักพักขนศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสีย

แบบระบบแผ่นกั้นไร้อากาศควรอยู่ในช่วงระยะเวลา 6 – 24 ชม. (Organic Loading Rate, OLR) (Feng et al., 2008) การศึกษาอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (Organic Loading Rate, OLR) อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ มีผลอย่างยิ่งต่อการย่อยสลายสารอาหารในน้ำเสียให้เป็น VFAs (Volatile Fatty Acids) เช่นเดียวกับ การศึกษาภาระยักพักชลศาสตร์ ในถังบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ จากรายงานการวิจัยของ Bachmann et al., 1983, Bae et al., 1997 และ Orozco, 1988 แนะนำให้ทำการควบคุมอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียแบบระบบแผ่นกั้นไม่ใช้อากาศ ในช่วงค่า 1 – 20 kg COD/m³/d สำหรับการบำบัดสารคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน รวมถึงเกณฑ์ สำหรับการบำบัดน้ำเสียอื่น ๆ ที่สามารถเพิ่มเติม หรือ ปรับลดได้ระหว่างดำเนินการทดลอง

ส่วนที่ 2 การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียและก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเส้นขนมจีนของถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์

เนื่องจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีนใช้วัตถุดิบ คือ ข้าวสาร โดยทำการไม่ย่อยให้เป็นแป้งและนำไปทำการผลิตเป็นเส้นขนมจีน ดังนั้นน้ำเสียที่เกิดขึ้นจึงเป็นน้ำเสียที่ปนเปื้อนแป้งซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ คาร์โบไฮเดรต ดังนั้นการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีนจึงพิจารณาการควบคุมตัวแปรต่าง ๆ เพื่อบำบัดสารคาร์โบไฮเดรตที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย แสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การวิเคราะห์คุณลักษณะสมบัติของน้ำเสียก่อนและหลังผ่านการบำบัด

วิเคราะห์ออกซิเจนละลาย ค่าซีโอดี บีโอดี ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS) ของแข็งแขวนลอย (SS) ของแข็งแขวนลอยระเหยง่าย (VSS) น้ำมันและไขมัน หรือ พารามิเตอร์อื่น ๆ ที่สามารถเพิ่มเติม หรือ ปรับลดได้ระหว่างดำเนินการทดลอง เพื่อกำหนดประสิทธิภาพการบำบัด

2) การศึกษาอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ (Biogas)

ทำการศึกษาอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ โดยการบันทึกระยะเวลาที่เริ่มเกิดก๊าซชีวภาพ ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น ในช่วงของการบำบัดน้ำเสีย เพื่อศึกษาความสัมพันธ์สำหรับการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีน

ส่วนที่ 3 การศึกษาแนวทางการบำบัดน้ำเสียสำหรับโรงงานผลิตเส้นขนมจีนโดยใช้วิธีการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multi criteria Decision Analysis: MCDA)

เป็นการวิเคราะห์ถึงแนวทางและความเหมาะสมของการใช้งานจริงในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับโรงงานผลิตเส้นขนมจีน โดยมีทางเลือก (Alternative) คือ รูปแบบระบบบำบัดน้ำเสียจำนวน 3 รูปแบบและปัจจัยสำหรับการวิเคราะห์ทางเลือก เช่น ด้านเทคนิค ด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านประโยชน์ที่จะได้รับ และ/หรือ ทางเลือก ปัจจัย อื่น ๆ โดยดัดแปลงวิธีการวิเคราะห์จากรูปแบบการวิเคราะห์โดยวิธีการนี้สำหรับงานวิจัยทางการจัดการขยะมูลฝอย และของเสีย อื่น ๆ (เอนก และฉานิกา, 2558 Tan et. al., 2015, Hanan, Burnley and Cooke 2013, Department for Communities and Local Government, 2009, Feo, Gisi and Galasso, 2008, Finnveden et. al., 2005, and Chung and Poon, 1996)

4.2 สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง
โรงงานผลิตเส้นขนมจีน ในเขตพื้นที่จังหวัดตรัง



บทที่ 3

ผลการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาแนวทางการแก้ไขปัญหาน้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีน ซึ่งเป็นการขยายผลการดำเนินงานวิจัยจากปีงบประมาณ 2558 สืบเนื่องจากการให้บริการวิชาการร่วมกับ อุตสาหกรรมจังหวัดตรัง จากความต้องการของสถานประกอบการโรงงานผลิตเส้นขนมจีนแห่งหนึ่งในจังหวัดตรัง ซึ่งจากการดำเนินงานวิจัยแสดงถึงศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียของโรงงานประเภทนี้ ดังนั้นในปีงบประมาณ 2559 จึงเป็นการดำเนินงานวิจัยต่อเนื่อง เพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมของระบบบำบัดน้ำเสียที่มีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพ และเหมาะสำหรับการนำไปใช้งานสำหรับสถานประกอบการโรงงานผลิตเส้นขนมจีน ซึ่งจากการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้สามารถผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียของโรงงานผลิตเส้นขนมจีนได้อย่างต่อเนื่อง โดยใช้ระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ที่ได้ทำการออกแบบและผ่านการทดสอบศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยมีรายละเอียดผลการดำเนินงานวิจัยดังต่อไปนี้

1. ผลการศึกษาคุณลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเส้นขนมจีน

จากการศึกษาวิจัยตั้งแต่ปีงบประมาณ 2558 และปีงบประมาณ 2559 ในครั้งนี้พบว่า โรงงานผลิตเส้นขนมจีนมีรูปแบบกระบวนการผลิตที่มีความแตกต่างกันอยู่สองรูปแบบตามวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต คือ แบบที่ใช้ข้าวสารเป็นวัตถุดิบ และแบบที่ใช้แป้งสำเร็จรูป ทั้งนี้กระบวนการผลิตทั้งสองรูปแบบก่อเกิดน้ำเสียที่มีลักษณะคล้ายกันในส่วนของการปนเปื้อนแป้ง แต่จะมีปริมาณความสกปรก หรือ ความเข้มข้นของอนุภาคแป้งที่ปนเปื้อนในน้ำเสียแตกต่างกัน ซึ่งจากการศึกษากระบวนการผลิตเส้นขนมจีนของโรงงานแห่งหนึ่งในจังหวัดตรัง เป็นโรงงานผลิตเส้นขนมจีนแบบแป้งหมัก ผลการวิเคราะห์ลักษณะน้ำเสียของโรงงานผลิตเส้นขนมจีนแสดงดังตารางที่ 3 – 1 และจากการศึกษากระบวนการผลิตเส้นขนมจีนของโรงงานแห่งหนึ่งในจังหวัดตรัง ที่เป็นโรงงานผลิตเส้นขนมจีนแบบใช้แป้งขนมจีนสำเร็จรูป แสดงดังตารางที่ 3 – 2 น้ำเสียทั้งสองแหล่งมีลักษณะสีขาวขุ่น ค่าพีเอชต่ำซึ่งอาจเป็นผลจากกระบวนการผลิตที่ก่อเกิดน้ำเสียที่ปนเปื้อนแป้ง และเกิดกระบวนการหมักของน้ำเสียที่ไหลออกจากกระบวนการผลิต ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นถึงน้ำเสียของโรงงานผลิตเส้นขนมจีนมีความสกปรกในรูปของค่า ซีโอดี และ บีโอดี ค่อนข้างสูง ทั้งนี้เกิดจากการปนเปื้อนแป้งที่มีองค์ประกอบเป็นคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นสารอินทรีย์ (Siripattanakul et. al., 2012) จากการวิเคราะห์ค่าของแข็งทั้งหมด (TS: Total Solids) และของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS: Total Suspended Solids) แสดงให้เห็นว่าปริมาณของแข็งที่มีอยู่ในน้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีนส่วนใหญ่เป็นของแข็งแขวนลอย เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ทำแป้งในการผลิตเส้นขนมจีน คือ ข้าวเจ้าสามารถละลายน้ำได้น้อย สอดคล้องกับค่าความสกปรกของน้ำเสียในรูปค่าซีโอดี ที่มีค่าเอสซีโอดี (sCOD: Soluble Chemical Oxygen Demand) ต่ำ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงค่าซีโอดีส่วนใหญ่มีผลมาจากของแข็งแขวนลอยที่เป็นตะกอนแป้ง (pCOD: Particulate Chemical Oxygen Demand มีค่าสูง) ผลการ

วิเคราะห์ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) มีค่าต่ำ ซึ่งลักษณะของน้ำเสียดังกล่าวมีผลต่อการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสียและประสิทธิภาพการบำบัด (เกรียงศักดิ์ อุทมนสินโรจน์, 2542 และ Metcalf & Eddy, 2004)

ตารางที่ 3 – 1 ลักษณะของน้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีนแบบแบ่งหมัก

พารามิเตอร์	ผลการวิเคราะห์
สี (Color)	ขาวขุ่น
ความขุ่น (Turbidity, NTU)	40 – 100
พีเอช (pH)	4.0 – 5.5
บีโอดี (BOD ₅ : Biochemical Oxygen Demand, mg/l)	1,500 – 4,000
ซีโอดี (COD: Chemical Oxygen Demand, mg/l)	4,500 – 6,000
เอสซีโอดี (sCOD: Soluble Chemical Oxygen Demand, mg/l)	800 – 1500
พีซีโอดี (pCOD: Particulate Chemical Oxygen Demand, mg/l)	4,000 – 4,500
ของแข็งทั้งหมด (TS: Total Solids, mg/l)	2,500 – 4,000
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS: Total Suspended Solids, mg/l)	1,000 – 2,000
ของแข็งแขวนลอยระเหยได้ (VSS: Volatile Suspended Solids, mg/l)	500 – 1,000
ไขมันและน้ำมัน (Grease & Oil, mg/L)	40 – 50
ทีเคเอ็น (TKN: Total Kjeldahl Nitrogen, mg/l)	100 – 200
ความเป็นด่าง (Alkalinity, mg/l as CaCO ₃)	100 – 400
กรดไขมันระเหยได้ (VFAs: Volatile Fatty Acids, mg/l)	200 – 225

หมายเหตุ: ลักษณะของน้ำเสียเป็นของตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีนแห่งหนึ่งในจังหวัดตรัง ประเทศไทย ซึ่งมีกระบวนการผลิตเส้นขนมจีนแบบแบ่งหมัก

ตารางที่ 3 – 2 ลักษณะของน้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีนแบบใช้แป้งสำเร็จ

พารามิเตอร์	ผลการวิเคราะห์ (ค่าเฉลี่ย)
สี (Color)	ขาวขุ่น
พีเอช (pH)	4.85
ซีโอดี (COD: Chemical Oxygen Demand, mg/L)	6,400
ของแข็งละลายทั้งหมด (TDS: Total Dissolved Solids, ppt)	4.32
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS: Total Suspended Solids, mg/L)	1,385
ออกซิเจนละลายน้ำ (DO, mg/L)	0.04
การนำไฟฟ้า (mS)	8.77

หมายเหตุ: ลักษณะของน้ำเสียเป็นของตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีนแห่งหนึ่งในจังหวัดตรัง ประเทศไทย ซึ่งมีกระบวนการผลิตเส้นขนมจีนแบบแป้งสำเร็จ

2. ผลการศึกษาศักยภาพของน้ำเสียจากถังปฏิกรณ์ก๊าซชีวภาพของโรงงานน้ำมันปาล์มสำหรับการเริ่มต้นเดินระบบถังปฏิกรณ์ก๊าซชีวภาพของโรงงานผลิตเส้นขนมจีน

จากผลการดำเนินงานวิจัยในปีงบประมาณ 2558 พบว่าสามารถนำน้ำเสียจากถังปฏิกรณ์ก๊าซชีวภาพของโรงงานน้ำมันปาล์มมาใช้ในการผสมกับน้ำเสียโรงงานผลิตเส้นขนมจีนเพื่อเริ่มต้นเดินระบบผลิตก๊าซชีวภาพได้ ซึ่งผลการวิเคราะห์ลักษณะน้ำเสียจากถังปฏิกรณ์ก๊าซชีวภาพของโรงงานน้ำมันปาล์ม แสดงดังตารางที่ 3 – 3 ซึ่งน้ำเสียดังกล่าวมีสีน้ำตาลเข้มและมีตะกอนจุลินทรีย์แขวนลอยอยู่ในน้ำเสียปริมาณมาก เนื่องจากระบบถังปฏิกรณ์ก๊าซชีวภาพของโรงงานน้ำมันปาล์มจะถูกควบคุมค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เพื่อให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และการผลิตก๊าซชีวภาพ

ตารางที่ 3 – 3 ลักษณะของน้ำเสียจากถังปฏิกรณ์ชีวภาพของโรงงานน้ำมันปาล์ม

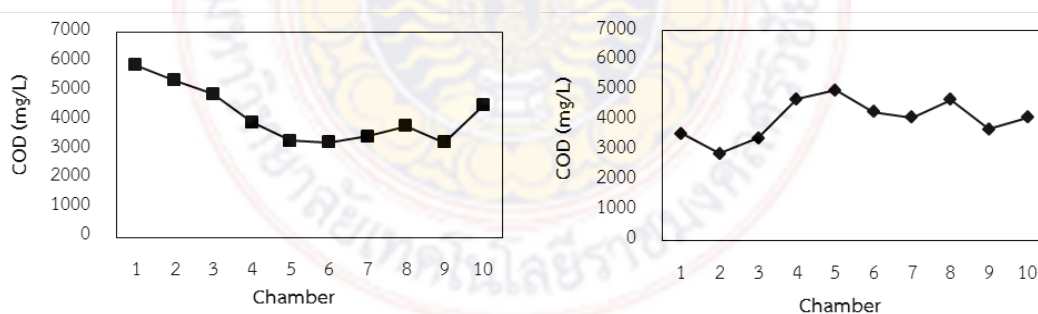
พารามิเตอร์	ผลการวิเคราะห์ (ค่าเฉลี่ย)
สี (Color)	น้ำตาลเข้ม
พีเอช (pH)	7.5
บีโอดี (BOD ₅ : Biochemical Oxygen Demand, mg/L)	1156
ซีโอดี (COD: Chemical Oxygen Demand, mg/L)	6500
เอสซีโอดี (sCOD: Soluble Chemical Oxygen Demand, mg/L)	1700
ของแข็งทั้งหมด (TS: Total Solids, mg/L)	2819
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS: Total Suspended Solids, mg/L)	1312
ของแข็งแขวนลอยระเหยได้ (VSS: Volatile Suspended Solids, mg/L)	413
ไขมันและน้ำมัน (Grease & Oil, mg/L)	0.13
ความเป็นด่าง (Alkalinity, mg/L as CaCO ₃)	2038

หมายเหตุ: ลักษณะของน้ำเสียเป็นของตัวอย่างน้ำเสียจากถังปฏิกรณ์ก๊าซชีวภาพของโรงงานน้ำมันปาล์มแห่งหนึ่งในจังหวัดกระบี่ ประเทศไทย

ผลจากการดำเนินงานวิจัยแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการใช้น้ำเสียจากถังปฏิกรณ์ก๊าซชีวภาพจากแหล่งอื่น เพื่อนำมาใช้ผสมเริ่มต้นเดินระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศเพื่อบำบัดน้ำเสียได้ อย่างไรก็ตามการเดินระบบถังปฏิกรณ์เพื่อผลิตก๊าซชีวภาพให้ได้ผลผลิตอย่างต่อเนื่องนั้น ยังจะต้องมีการควบคุมสภาวะการทำงาน และการควบคุมดูแลระบบอย่างเหมาะสม จึงจะสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งการออกแบบของถังปฏิกรณ์ไร้อากาศมีผลอย่างมากต่อการเริ่มต้นเดินระบบ รวมถึงการควบคุมดูแล ทั้งนี้ผลจากการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ที่มีการออกแบบและผลิตชุดทดลองถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ที่มีความแตกต่างกัน ทำให้ทราบถึงศักยภาพในการบำบัดน้ำเสีย และศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพ ตลอดจนวิธีการเริ่มต้นเดินระบบ และการควบคุมดูแลที่มีความยากง่ายแตกต่างกันด้วย

3. ผลการศึกษาการใช้ระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์แบบใช้ท่อคอนกรีต สำหรับบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเส้นขนมจีนประเภทแป้งหมัก

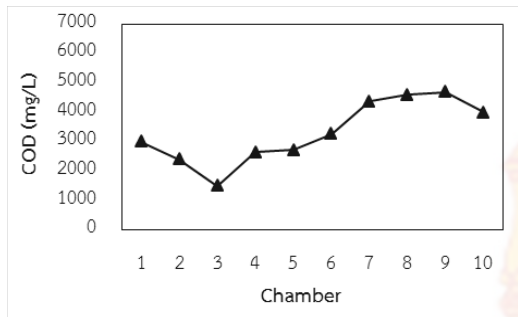
งานวิจัยในส่วนนี้เป็นการติดตามตรวจสอบการเริ่มต้นเดินระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ในรูปแบบของการก่อสร้างระบบโดยใช้ท่อคอนกรีตกลม ซึ่งเป็นการทดลองกึ่งใช้งานจริงในสถานประกอบการโรงงานผลิตเส้นขนมจีน ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีของน้ำเสียที่ไหลผ่านถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ หลังจากการเริ่มต้นเดินระบบเป็นระยะเวลา 14 วัน แสดงดังภาพที่ 3 – 1 A. พบว่าในระยะนี้ค่าซีโอดีของน้ำเสียที่ไหลผ่าน Chamber ลำดับที่ 1 มีค่าสูงและมีแนวโน้มลดลงใน Chamber ลำดับที่ 2 – 6 จากนั้นค่าซีโอดีมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น (Chamber ลำดับที่ 7 – 10) เมื่อระยะเวลาการบำบัดผ่านไปหลังจากเริ่มต้นเดินระบบเป็นระยะเวลา 28 – 42 วัน (ภาพที่ 3 – 1 B และ C) พบว่าค่า ซีโอดีของน้ำเสียที่ไหลผ่าน Chamber ลำดับที่ 1 – 3 มีแนวโน้มลดลงทั้งนี้ เป็นผลจากการสะสมของตะกอนแป้งที่ตกตะกอนอยู่เดิมเกิดการดักตะกอนแป้งที่เข้ามาใหม่และเริ่มเกิดกระบวนการหมักย่อยสลายตะกอนแป้งได้อีกส่วนหนึ่ง ซึ่งเป็นผลจากระยะเวลาพักกักตะกอน (Solid Retention time, SRT) ที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าซีโอดีของน้ำเสียที่ไหลผ่าน Chamber ลำดับถัดไปมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลจากการสะสมตะกอนแป้งที่มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นในแต่ละ Chamber แต่เมื่อระยะเวลาการบำบัดนานมากขึ้นก่อให้เกิดกระบวนการหมักในทุกๆ Chamber ประกอบกับมีจำนวนของจุลินทรีย์ในระบบเพิ่มมากขึ้น ก่อให้เกิดกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้มากขึ้น สังเกตได้จากปริมาณ ค่าซีโอดีที่มีแนวโน้มลดลงในทุกๆ Chamber (ภาพที่ 3 – 1 D E และ F) และลดลงได้มากใน Chamber ลำดับที่ 3 หลังจากนั้นกระบวนการหมักของระบบบำบัดนี้จะเข้าสู่ภาวะคงที่ในทุก ๆ Chamber โดย Chamber ลำดับที่ 2 – 3 สามารถลดค่าซีโอดีได้มาก (ภาพที่ 3 – 1 G) จากการสะสมของตะกอนแป้งที่มีอยู่เดิมเกิดการดักตะกอนแป้งที่เข้ามาใหม่และเกิดสภาวะการหมักเพิ่มมากขึ้น ก่อให้เกิดกระบวนการย่อยสลายที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น



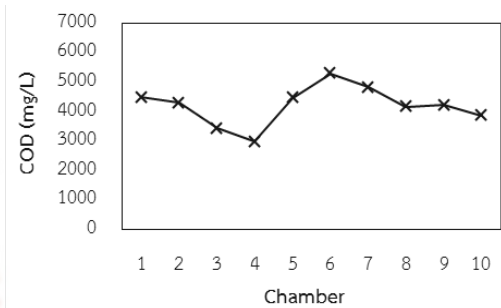
A. การเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ 14 วัน หลังจากเดินระบบ

B. การเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ 28 วัน หลังจากเดินระบบ

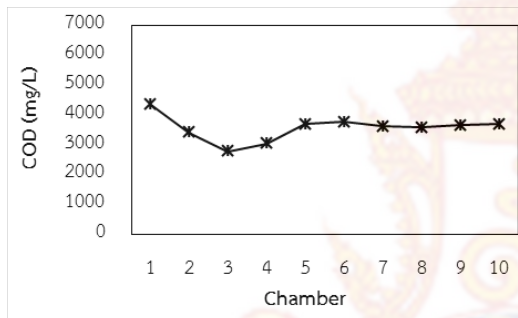
ภาพที่ 3 – 1 การเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์



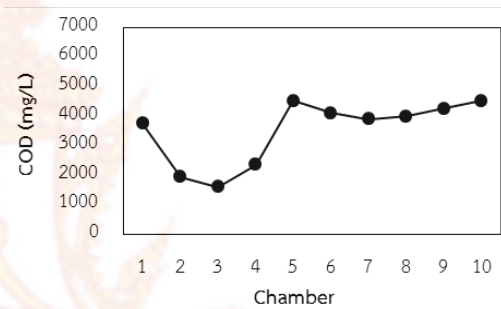
C. การเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีภายในถังปฏิกรณ์
ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยুক্ত
42 วัน หลังจากเดินระบบ



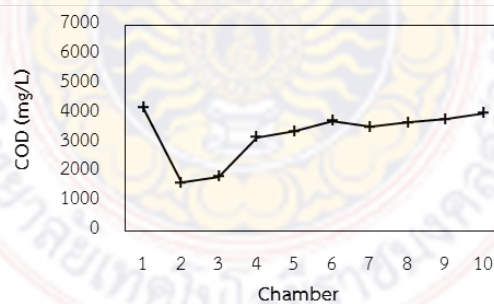
D. การเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีภายในถังปฏิกรณ์
ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยুক্ত
56 วัน หลังจากเดินระบบ



E. การเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีภายในถังปฏิกรณ์
ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยুক্ত
70 วัน หลังจากเดินระบบ



F. การเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีภายในถังปฏิกรณ์
ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยুক্ত
84 วัน หลังจากเดินระบบ

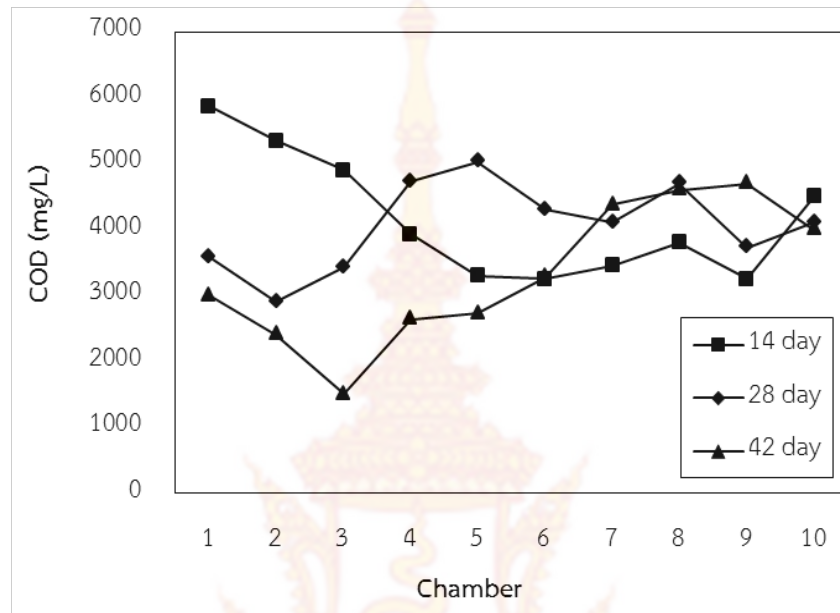


F. การเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีภายในถังปฏิกรณ์
ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยুক্ত 96 วัน หลังจากเดินระบบ

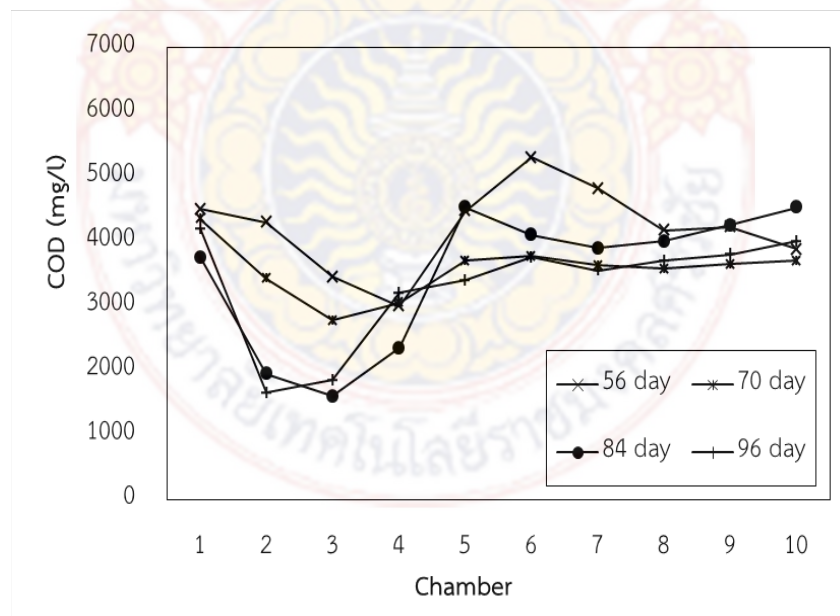
ภาพที่ 3 – 1 การเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยুক্ত (ต่อ)

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอินทรีย์ในรูปค่าซีโอดีของน้ำเสียในระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยুক্তของโรงงานผลิตเส้นขนมจีน พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีที่

เกิดขึ้นจากระบวนการบำบัดนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วง แสดงดังภาพที่ 3 – 2 และภาพที่ 3 – 3



ภาพที่ 3 – 2 การเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ 42 วันแรก



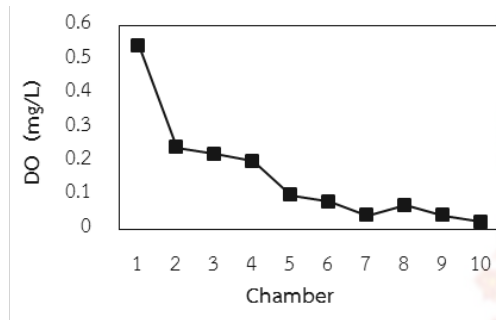
ภาพที่ 3 – 3 การเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ ช่วง 56 – 98 วัน

ระยะเวลาในการเริ่มต้นเดินระบบถังปฏิกรณ์แบบไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ ในช่วง 42 วันแรก (ภาพที่ 3 - 2) ค่าซีโอดีเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น จึงอาจกล่าวได้ว่าช่วง 42 วันแรกเป็นการสะสมตะกอนในแต่ละ Chamber และเป็นช่วงปรับสภาพของจุลินทรีย์ที่อยู่ในถังบำบัด เมื่อผ่านไป 56 วัน (ภาพที่ 3 - 3) พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีใน Chamber ลำดับที่ 1 - 5 มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยกระบวนการหมักส่งผลให้ค่าซีโอดีมีค่าลดลงย้อนกลับ เป็นผลจากระยะเวลาที่กักกักตะกอน (Solid Retention Time, SRT) ที่เพิ่มขึ้น แบคทีเรียมีการเพิ่มจำนวนและเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์มากขึ้นทำให้ค่าซีโอดีลดลง แต่ค่าซีโอดีมีการเข้าสู่สภาวะสม่ำเสมอใน Chamber ลำดับที่ 5 - 10 การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการเข้าสู่สภาวะดังกล่าวต้องใช้เวลามากกว่า 70 วัน อาจเป็นเพราะการปรับสภาพให้เข้ากับสภาวะแวดล้อมและเพิ่มจำนวนมากขึ้นของจุลินทรีย์

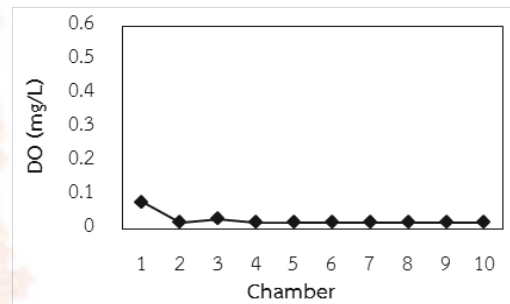
ผลการตรวจวัดค่าออกซิเจนละลายของตัวอย่างน้ำเสียในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ โดยผลการตรวจวัดค่าออกซิเจนละลายแสดงดังภาพที่ 3 - 4 การเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายน้ำภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ในช่วงระยะเวลา 14 วัน หลังจากเริ่มต้นเดินระบบแสดงดังภาพที่ 3 - 4 A. พบว่าค่าออกซิเจนละลายมีค่าลดลงและมีค่าต่ำสุดที่ Chamber ลำดับที่ 10 (0.02 mg/L) ซึ่งเป็นผลจากระยะเวลาที่กักน้ำที่เพิ่มขึ้นเมื่อผ่านแต่ละ Chamber โดยค่าออกซิเจนละลายน้ำที่ไหลผ่าน Chamber แรกมีค่าต่ำกว่า 0.6 mg/L หลังจากการเริ่มต้นเดินระบบผ่านไปเป็นระยะเวลา 28 วัน การเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ แสดงดังรูปที่ 4 - 4 B. พบว่าค่าออกซิเจนละลายลดลงอย่างรวดเร็วโดยใน Chamber ลำดับที่ 1 มีค่าออกซิเจนละลายเท่ากับ 0.08 mg/L และ Chamber ลำดับที่ 2 - 10 มีค่าลดลงจนมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.02 mg/L ผลการตรวจวัดค่าออกซิเจนละลายหลังจากเริ่มต้นเดินระบบในช่วงระยะเวลา 42 - 70 วัน การเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายน้ำภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์แสดงดังรูปที่ 4 - 4 C D และ E พบว่าค่าออกซิเจนละลายน้ำใน Chamber ลำดับที่ 1 ลดลงเหลือ 0.04 mg/L และ Chamber ลำดับที่ 2 - 10 มีค่าลดลงจนมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.01 mg/L ซึ่งหลังจากการเริ่มต้นเดินระบบเป็นระยะเวลา 70 วัน การเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายน้ำภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ซึ่งจากการตรวจวัดค่าออกซิเจนละลายหลังจากเริ่มต้นเดินระบบเป็นระยะเวลา 84 วันค่าออกซิเจนละลายน้ำยังคงมีค่าเท่าเดิม ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นถึงระยะเวลาที่ต้องใช้ในการเริ่มต้นเดินระบบถังปฏิกรณ์ ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์เพื่อบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเส้นขนมจีนจะต้องใช้ระยะเวลาอย่างน้อย 70 วัน เพื่อเข้าสู่สภาวะการบำบัดที่สม่ำเสมอ และจะต้องใช้ระยะเวลามากกว่านี้เพื่อการเข้าสู่การมีค่าออกซิเจนละลายเป็นศูนย์ซึ่งเป็นสภาวะไร้อากาศอย่างสมบูรณ์

ผลการวิเคราะห์แสดงดังภาพที่ 3 - 5 ทำให้ทราบถึง ค่าออกซิเจนละลายจะลดต่ำลงจาก Chamber สุดท้าย คือ Chamber ลำดับที่ 10 ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากระยะเวลาที่กักของน้ำเสียที่เพิ่มขึ้นเมื่อไหลผ่านแต่ละ Chamber และเมื่อระยะเวลาเดินระบบนานขึ้นกระบวนการหมักเริ่มเกิดขึ้นย้อนกลับจาก Chamber ลำดับที่ 10 จนถึง Chamber แรก ซึ่งสังเกตได้จากค่าออกซิเจนละลายที่ลดต่ำลง โดยจะต้องใช้ระยะเวลา 70 วัน ค่าออกซิเจนละลายจึงจะมีค่าสม่ำเสมอ และมีค่าต่ำกว่า 0.1 mg/L ทุกๆ Chamber ซึ่งเป็นผลจากการสะสมของตะกอนแบคทีเรียที่เพิ่มมากขึ้น และระยะเวลากักกักตะกอน

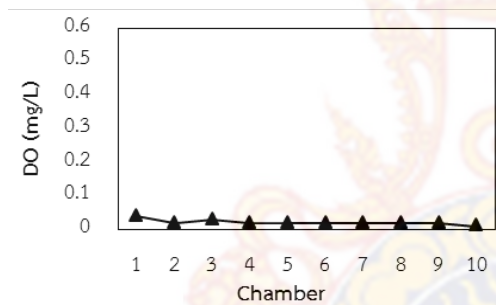
(Solid Retention Time, SRT) ในถึงที่นานขึ้น ก่อให้เกิดการเข้าสู่สภาวะไร้อากาศและการเพิ่มจำนวนของแอนแอโรบิคแบคทีเรีย (Anaerobic bacteria) มากขึ้น



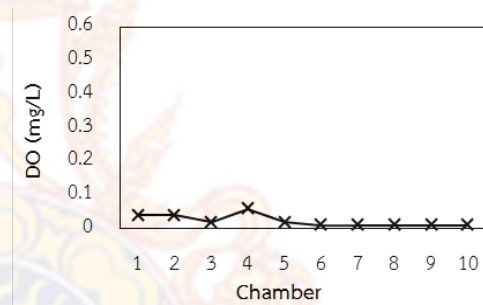
A. การเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศ 14 วัน หลังเดินระบบ



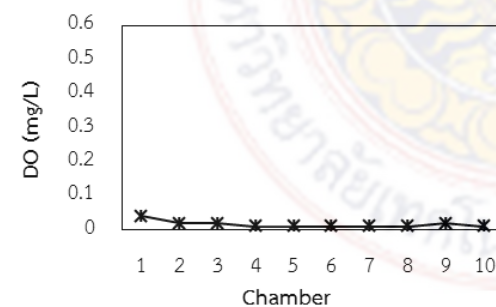
B. การเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศ 28 วัน หลังเดินระบบ



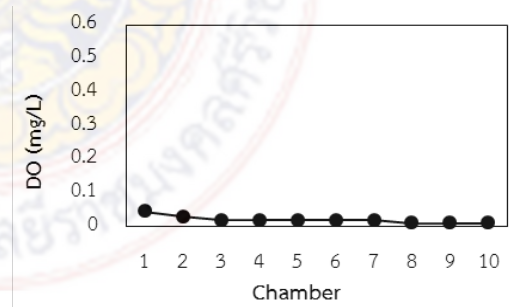
C. การเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศ 42 วัน หลังเดินระบบ



D. การเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศ 56 วัน หลังเดินระบบ

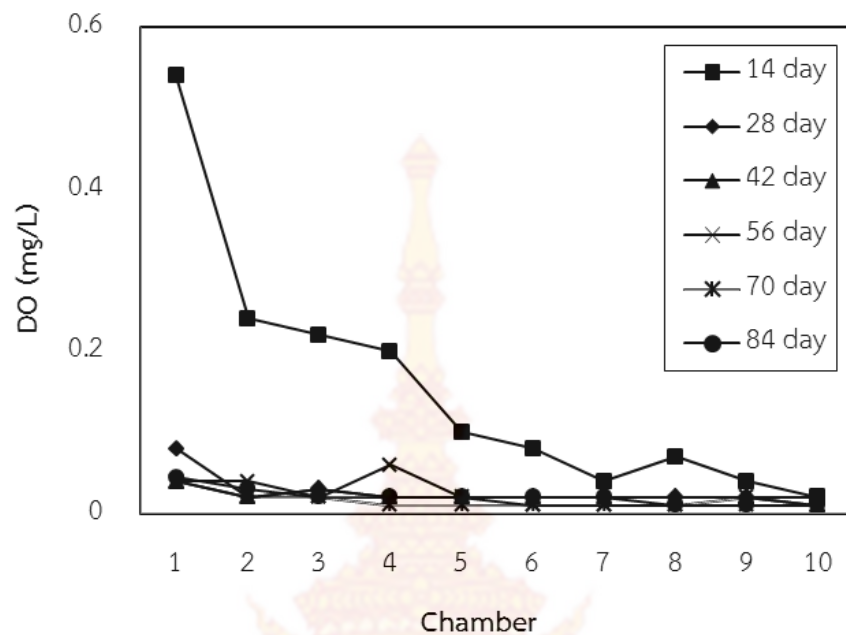


E. การเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศ 70 วัน หลังเดินระบบ



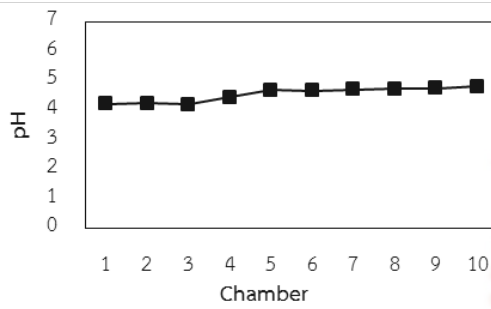
F. การเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศ 84 วัน หลังเดินระบบ

ภาพที่ 3 - 4 การเปลี่ยนแปลงออกซิเจนละลายภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์

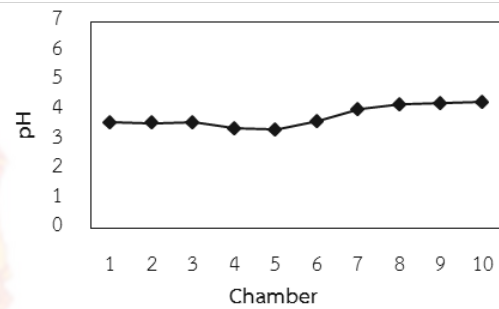


ภาพที่ 3 – 5 การเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายน้ำภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้น
ประยุกต์

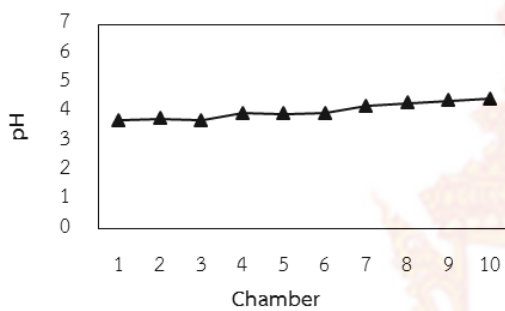
ผลการตรวจวัดค่า pH ของตัวอย่างน้ำเสียในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ โดยผลการตรวจวัดค่า pH แสดงดังภาพที่ 3 – 6 ค่า pH ของน้ำภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ในช่วงระยะเวลาเริ่มต้นถึง 42 วัน หลังจากเริ่มต้นเดินระบบแสดงดังรูปที่ 4 – 6 A B และ C พบว่าค่า pH มีค่าลดลงและมีแนวโน้มเพิ่มสูงและเข้าสู่สภาวะสมดุลขึ้นใน Chamber ลำดับที่ 4 – 10 ในช่วงระยะเวลาการทดลอง



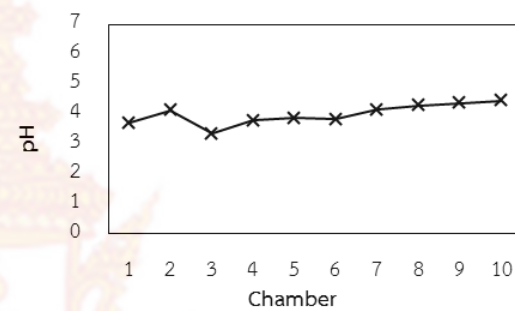
A. การเปลี่ยนแปลงค่า pH ภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศ 14 วัน หลังเดินระบบ



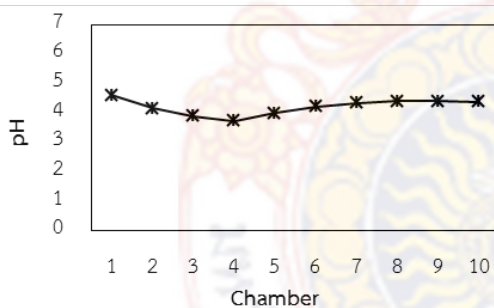
B. การเปลี่ยนแปลงค่า pH ภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศ 28 วัน หลังเดินระบบ



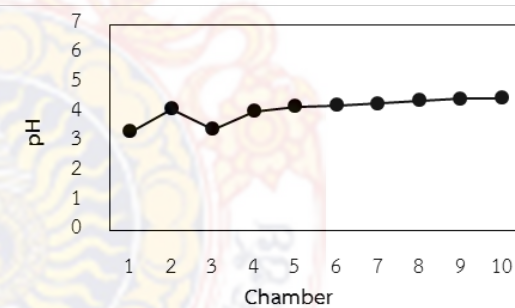
C. การเปลี่ยนแปลงค่า pH ภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศ 42 วัน หลังเดินระบบ



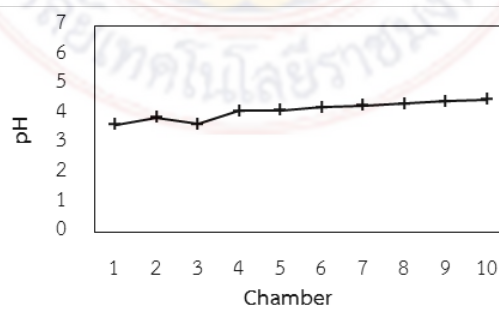
D. การเปลี่ยนแปลงค่า pH ภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศ 56 วัน หลังเดินระบบ



E. การเปลี่ยนแปลงค่า pH ภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศ 70 วัน หลังเดินระบบ



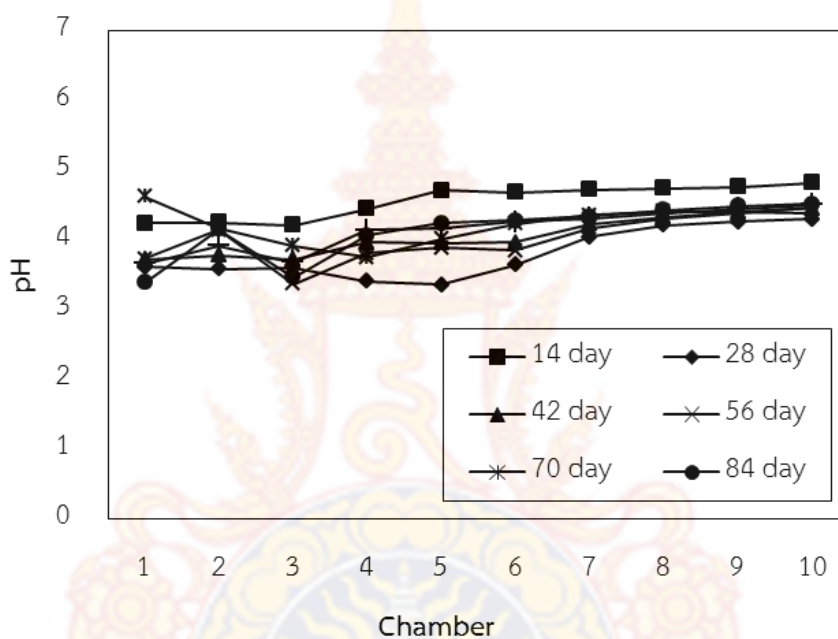
F. การเปลี่ยนแปลงค่า pH ภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศ 82 วัน หลังเดินระบบ



G. การเปลี่ยนแปลงค่า pH ภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศ 96 วัน หลังเดินระบบ

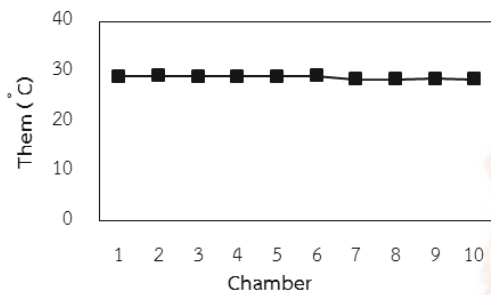
ภาพที่ 3 – 6 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์

การเปลี่ยนแปลงค่า pH ภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ แสดงดังภาพที่ 3 – 7 ในช่วง 28 วัน หลังจากเดินระบบ ค่า pH ยังไม่มีเข้าสู่สภาวะสม่ำเสมอ ซึ่งเป็นผลจากการสะสมของตะกอนแป้งที่เพิ่มมากขึ้น แต่ในช่วง 42 วัน หลังจากเดินระบบ มีระยะเวลาที่กักตะกอน (Solid Retention Time, SRT) ในถังที่นานขึ้น ก่อให้เกิดการเข้าสู่สภาวะไร้อากาศและการเพิ่มจำนวนของแอนแอโรบิคแบคทีเรีย (Anaerobic bacteria) มากขึ้นทำให้มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น จะเห็นได้ว่า กราฟมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นใน Chamber ลำดับที่ 3 – 10 โดยค่า pH อยู่ในช่วง 4.0 - 4.5

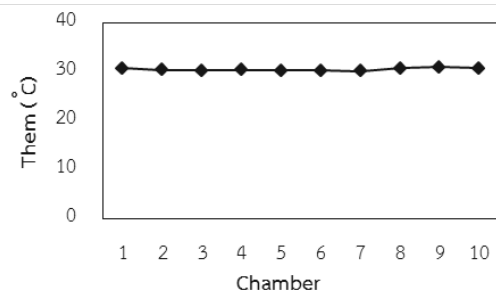


ภาพที่ 3 – 7 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศ

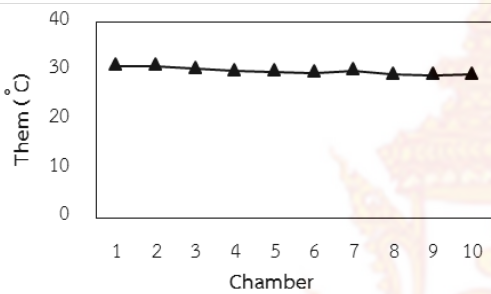
การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศ หลังจากเดินระบบในช่วงเริ่มต้นถึง 42 วัน แสดงดังภาพที่ 3 – 8 A B และ C อุณหภูมิมีแนวโน้มคงที่ ในส่วน 56 วันหลังเดินระบบ มีการปรับเพิ่มขึ้นใน Chamber ลำดับที่ 3 – 4 และเข้าสู่สภาวะสมดุลใน Chamber ลำดับที่ 5 เมื่อเข้าสู่ช่วง 70 วัน หลังเดินระบบเป็นต้นไป อุณหภูมิมีแนวโน้มคงที่ขึ้น โดยอยู่ในช่วง 29 – 30 °C



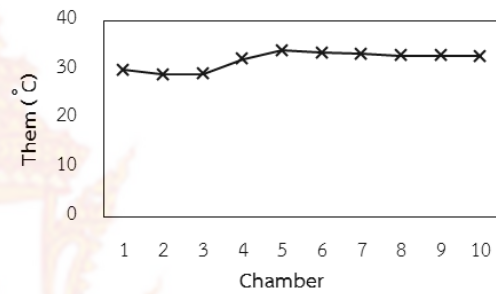
A. การเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศ 14 วัน หลังเดินระบบ



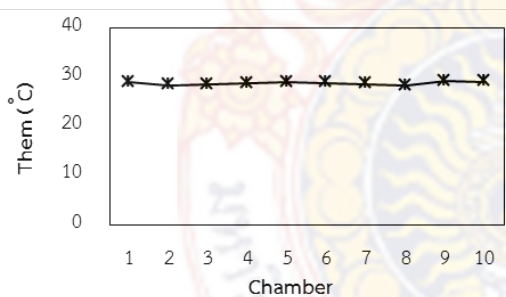
B. การเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศ 28 วัน หลังเดินระบบ



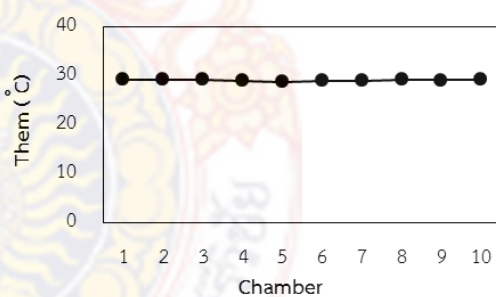
C. การเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศ 42 วัน หลังเดินระบบ



D. การเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศ 56 วัน หลังเดินระบบ



E. การเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศ 70 วัน หลังเดินระบบ

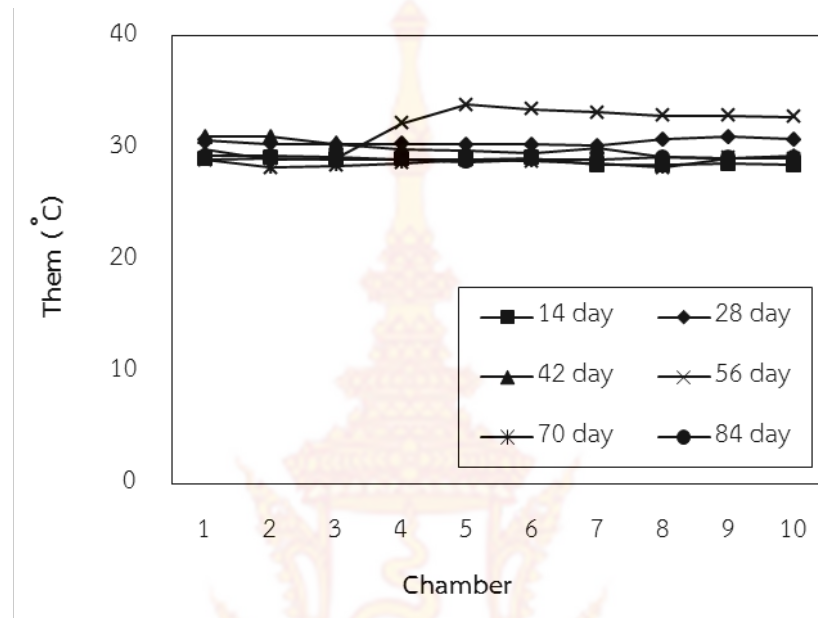


F. การเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศ 84 วัน หลังเดินระบบ

ภาพที่ 3 – 8 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์แสดงดังภาพที่ 3 – 9 จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิของน้ำเสียในระบบมีแนวโน้มคงที่อยู่ในช่วง 29 – 31°C ผลการทดลองดังกล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นถึงการเริ่มต้นเดินระบบถังปฏิกรณ์ก๊าซชีวภาพของโรงงานผลิตเส้นขนมจีน โดยใช้ น้ำเสียจากถังปฏิกรณ์ก๊าซชีวภาพของโรงงานน้ำมันปาล์มมาผสมกับน้ำเสียของโรงงานผลิตเส้นขนมจีน สามารถบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีนได้ อย่างไรก็ตามการเติมผสมน้ำเสียจากถังปฏิกรณ์ก๊าซชีวภาพของโรงงานน้ำมันปาล์มจะส่งผลให้เกิดสีในน้ำเสียหลังผ่านการบำบัด ซึ่งจากผล

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการเข้าสู่สภาวะดังกล่าวต้องใช้เวลามากกว่า 70 วัน อาจเป็นเพราะการปรับสภาพให้เข้ากับสภาวะแวดล้อมและเพิ่มจำนวนมากขึ้นของจุลินทรีย์



ภาพที่ 3 - 9 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์



4. ผลการศึกษาการใช้ระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์แบบใช้ถังก๊าซรถยนต์สำหรับบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเส้นขนมจีนประเภทแป้งสำเร็จ

การศึกษาวิจัยในส่วนนี้เป็นการนำเนินการในส่วนของการศึกษาเกณฑ์การบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตเส้นขนมจีน โดยใช้ระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ที่ประกอบถังปฏิกรณ์หรือ ถังหมัก ในแต่ละส่วน หรือ ในแต่ละ Chamber ขึ้นจากถังก๊าซรถยนต์ที่เสื่อมสภาพการใช้งาน ซึ่งเป็นการเลือกใช้วัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมยานยนต์ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยกระบวนการศึกษามีการออกแบบการศึกษาวิจัยสองรูปแบบ คือ แบบแรก เป็นชุดทดลองที่ประดิษฐ์ขึ้นจากถังก๊าซรถยนต์ที่มีปริมาตรบรรจุ 58 ลิตร แบ่งส่วนล่างและส่วนบนซึ่งเป็นส่วนโค้งของถังซึ่งมีปริมาตรประมาณ 4 ลิตร เป็นส่วนของการกักเก็บตะกอน และส่วนของการกักเก็บก๊าซชีวภาพ และกำหนดให้ชุดทดลองแบบแรกเป็นชุดควบคุม แบบที่สอง เป็นการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ที่ประดิษฐ์ขึ้นในแบบเดียวกันกับแบบแรก แต่มีการเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดโดยใช้ตัวกลาง (Media) บรรจุลงใน Chamber ทุก ๆ Chamber และกำหนดให้ชุดทดลองแบบที่สองนี้เป็นชุดทดลองสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพ

โดยในการทดลองดำเนินการเริ่มต้นเดินระบบโดยการใช้ น้ำเสียจากถังปฏิกรณ์ก๊าซชีวภาพของโรงงานน้ำมันปาล์มสำหรับเป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น โดยมีการใช้อัตราส่วนการผสมระหว่างน้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีนและน้ำเสียจากถังปฏิกรณ์ก๊าซชีวภาพของโรงงานน้ำมันปาล์มอยู่ที่ 60:40 และควบคุมอัตราการไหลของน้ำที่ปล่อยเข้าสู่ระบบชุดทดลองทั้งสองชุดในอัตรา 50 ml/min วิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดจากกระบวนการบำบัด เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า pH DO และ บรรเทาปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพ ของชุดทดลอง และ ชุดควบคุม ระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ ในระยะเวลา 45 วัน โดยมีรายละเอียดผลการดำเนินงานวิจัยแสดงดังต่อไปนี้

4.1 ผลการดำเนินการทดลองในช่วงที่ 1

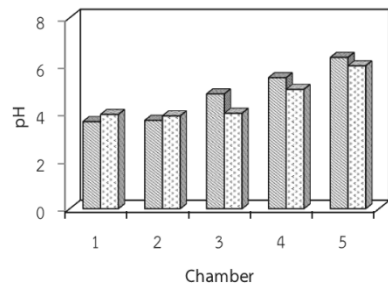
ผลการทดลองในช่วงที่ 1 ที่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ 40% โดยไม่มีการปรับค่า pH ของน้ำเสียก่อนปล่อยเข้าสู่ระบบบำบัด ผลการวิเคราะห์ค่า pH และ DO ในช่วง 15 วันแรก ผลการทดลองแสดงค่า pH ในช่วง 15 วันแรก ในช่วงเริ่มต้นเดินระบบของชุดทดลองและชุดควบคุม มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อผ่านการบำบัดในแต่ละ Chamber ซึ่งอาจเป็นผลจากการที่เมื่อผ่านการบำบัดและเกิดการย่อยสลายจนกลายเป็นก๊าซชีวภาพทำให้ค่าพีเอชเพิ่มสูงขึ้น แต่เมื่อพิจารณาในระยะเวลาที่ผ่านไปถึงช่วง 15 วัน ค่าพีเอชมีแนวโน้มลดลงในทุกๆ Chamber ทั้งชุดทดลอง และชุดควบคุม ดังนั้นในการทดลองลำดับถัดไปจึงมีการควบคุมค่าพีเอช แสดงดังภาพที่ 3 – 10 ส่วนค่า DO ในช่วง 15 วันแรก ในช่วงเริ่มต้นจะมีค่า DO อยู่ประมาณ 4 mg/L แต่เมื่อพิจารณาในระยะเวลาที่ผ่านไปถึงช่วง 15 วัน ค่า DO มีแนวโน้มลดลงในทุก ๆ Chamber ทั้งชุดทดลอง และชุดควบคุม ซึ่งแสดงถึงการเข้าสู่การบำบัดแบบไร้อากาศ แสดงดังภาพที่ 3 – 13

4.2 ผลการดำเนินการทดลองในช่วงที่ 2

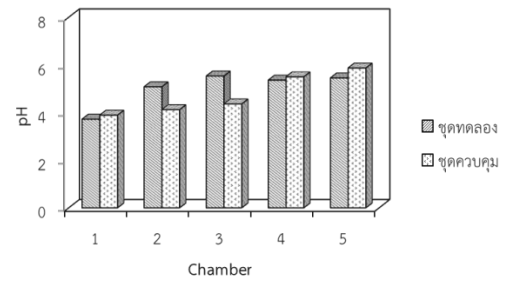
ผลการดำเนินการทดลองในช่วงที่ 2 โดยผลการวิเคราะห์ค่า pH และ DO ในช่วง 16-30 วันโดยมีการควบคุมค่า pH ให้อยู่ระหว่าง 6.5-8.5 และใช้อัตราส่วนการรีไซเคิลน้ำหมุนเวียนกลับ 40% ผลการเปลี่ยนแปลงค่า ค่า pH และ DO ในช่วง 30 วัน การทดลองแสดงถึงค่า pH ในช่วง 30 วัน ของชุดทดลอง และชุดควบคุม มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อผ่านการบำบัดในแต่ละ Chamber ซึ่งเป็นผลจากการควบคุมค่า pH ของน้ำเสียก่อนปล่อยเข้าบำบัดในระบบชุดทดลอง แต่เมื่อพิจารณาในระยะเวลาที่ผ่านไปถึงช่วง 30 วัน ค่าพีเอชมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกๆ Chamber ทั้งชุดทดลอง และชุดควบคุม แสดงดังภาพที่ 3 – 11 ส่วนค่า DO เมื่อพิจารณาในระยะเวลาที่ผ่านไปถึงช่วง 30 วัน ค่า DO มีแนวโน้มลดลงในทุก ๆ Chamber ทั้งชุดทดลอง และชุดควบคุม และจะมีค่า DO อยู่ประมาณ 2 mg/L ซึ่งแสดงถึงการเข้าสู่การบำบัดแบบไร้อากาศ แสดงดังภาพที่ 3 – 14

4.3 ผลการดำเนินการทดลองในช่วงที่ 3

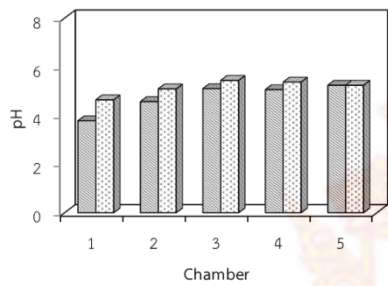
ผลการดำเนินการทดลองในช่วงที่ 3 โดยมีผลการวิเคราะห์ค่า pH และ DO ในช่วง 31-45 วัน ที่มีการควบคุมค่า pH ให้อยู่ระหว่าง 6.5-8.5 และใช้อัตราส่วนการรีไซเคิลน้ำหมุนเวียนกลับ 30% ผลการเปลี่ยนแปลงค่า pH และ DO ผลการทดลองแสดงถึงค่า pH ในช่วง 45 วัน มีค่า pH ของชุดทดลอง และชุดควบคุม มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นและมีความสม่ำเสมอ เมื่อผ่านการบำบัดในแต่ละ Chamber ซึ่งอาจเป็นผลจากการควบคุม pH ของน้ำเสียก่อนส่งเข้าระบบบำบัด แต่เมื่อพิจารณาในระยะเวลาที่ผ่านไปถึงช่วง 45 วัน ค่าพีเอชมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกๆ Chamber ทั้งชุดทดลอง และชุดควบคุม โดยจะอยู่ระหว่าง 6.5-8.5 ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการดำรงชีพของจุลินทรีย์ แสดงดังภาพที่ 3 – 12 ส่วนค่า DO ในช่วง 45 วัน จะมีค่า DO อยู่ประมาณ 0.8 mg/L แต่เมื่อพิจารณาในระยะเวลาที่ผ่านไปถึงช่วง 45 วัน ค่า DO มีแนวโน้มลดลงในทุกๆ Chamber ทั้งชุดทดลอง และชุดควบคุม ซึ่งแสดงถึงการเข้าสู่การบำบัดแบบไร้อากาศ แสดงดังภาพที่ 3 – 15



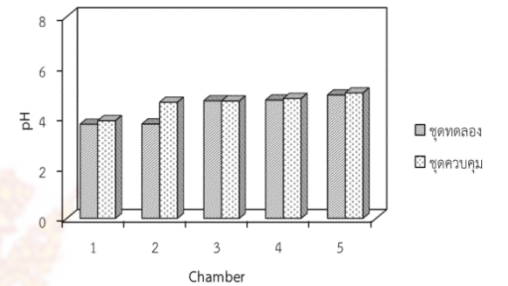
A. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 1



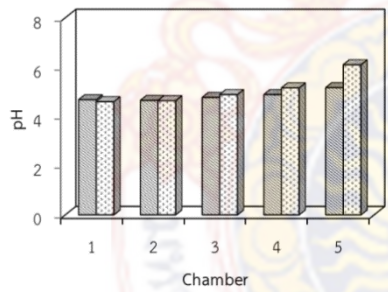
B. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 3



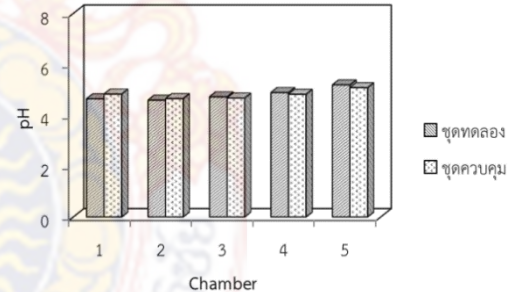
C. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 5



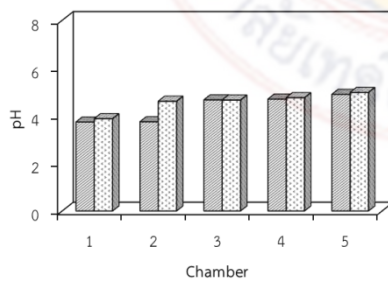
D. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 7



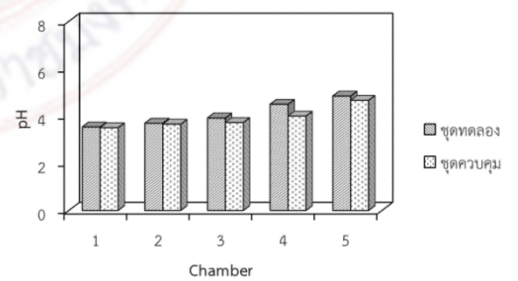
E. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 9



F. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 11

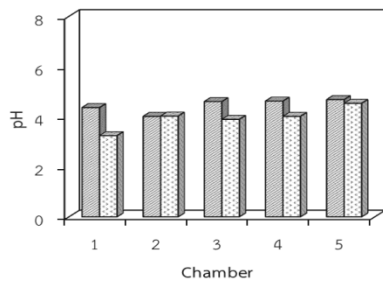


G. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 13

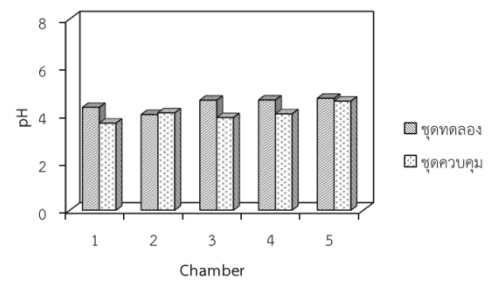


H. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 15

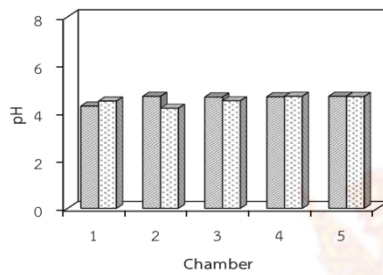
ภาพที่ 3 – 10 แสดงค่าพีเอช (pH) ในช่วง 15 วันแรก



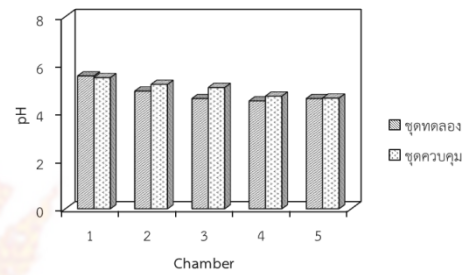
A. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 17



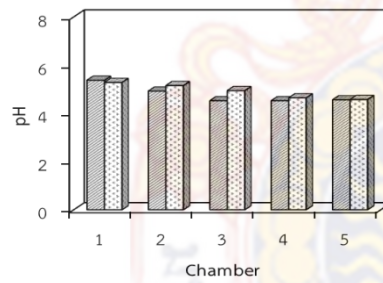
B. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 19



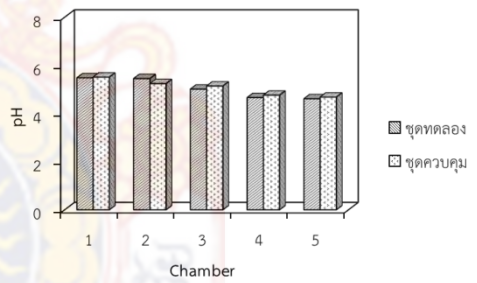
C. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 21



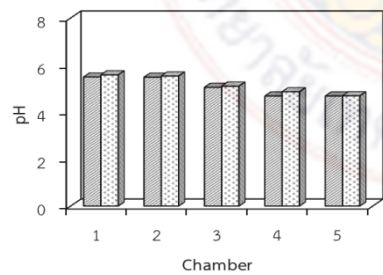
D. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 23



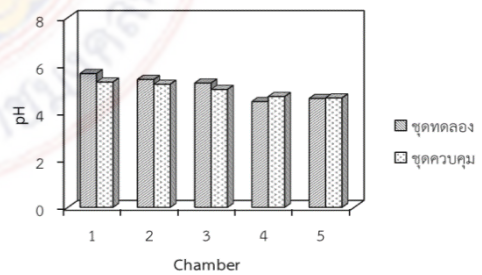
E. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 25



F. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 27

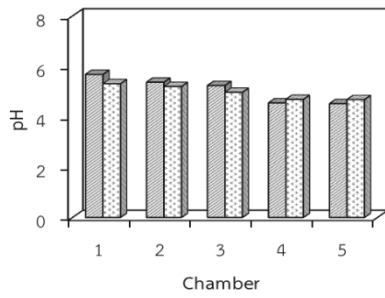


G. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 29

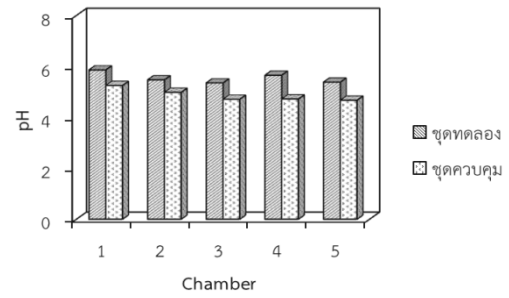


H. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 31

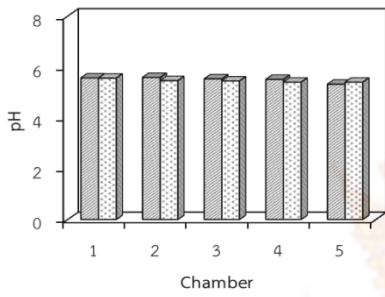
ภาพที่ 3 - 11 แสดงค่าพีเอช (pH) ในช่วง 30 วัน



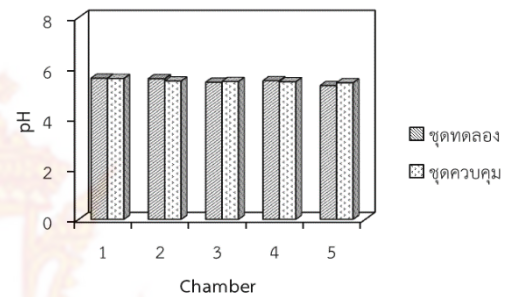
A. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 33



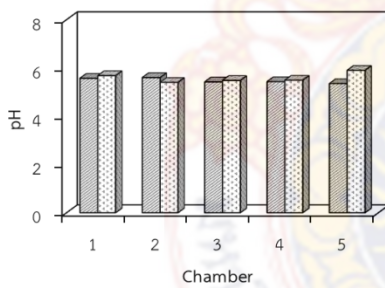
B. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 35



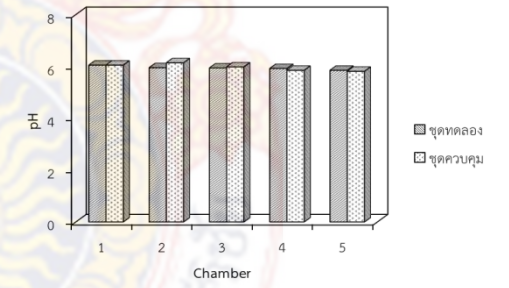
C. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 37



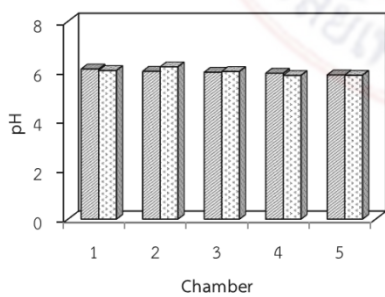
D. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 39



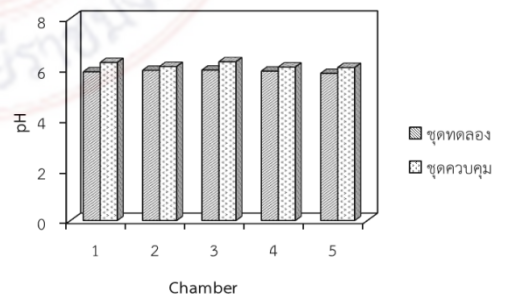
E. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 41



F. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 43

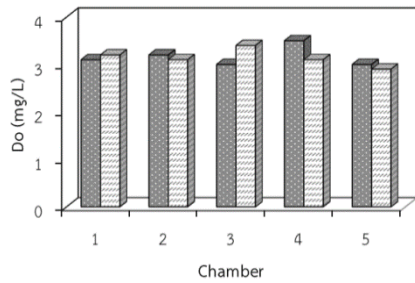


G. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 45

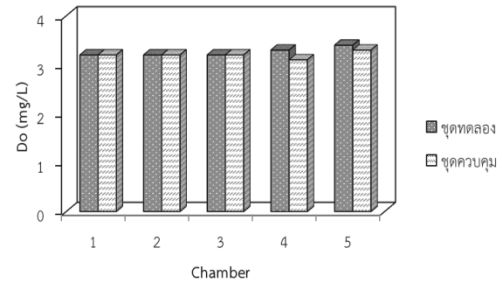


H. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 47

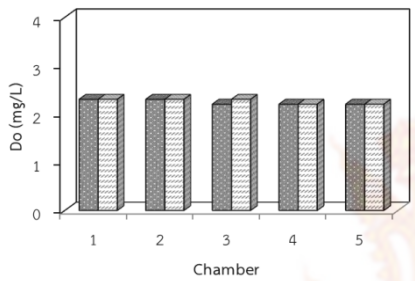
ภาพที่ 3 - 12 แสดงค่าพีเอช (pH) ในช่วง 45 วัน



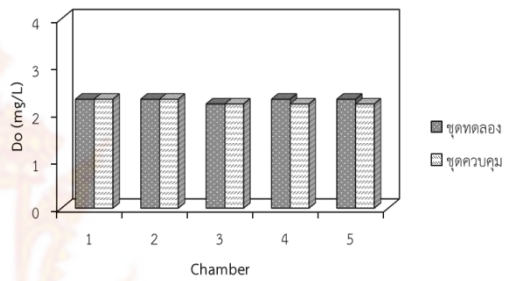
A. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 1



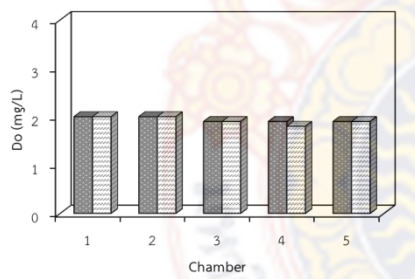
B. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 3



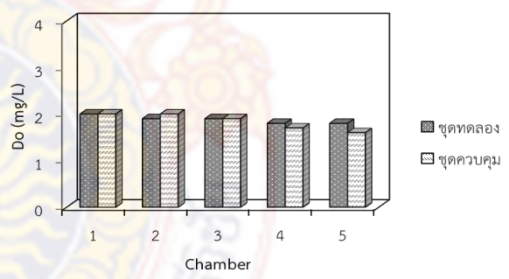
C. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 5



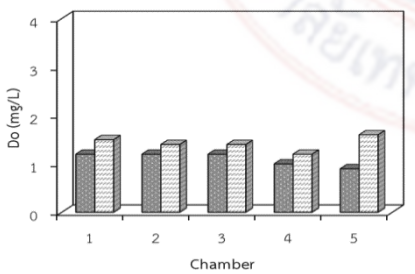
D. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 7



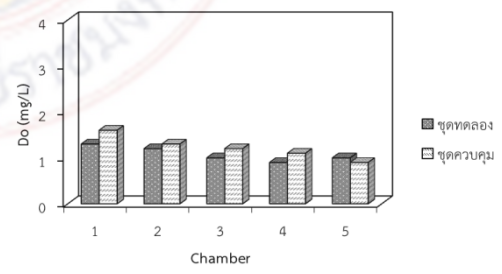
E. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 9



F. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 11

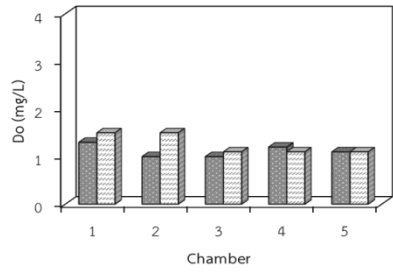


G. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 13

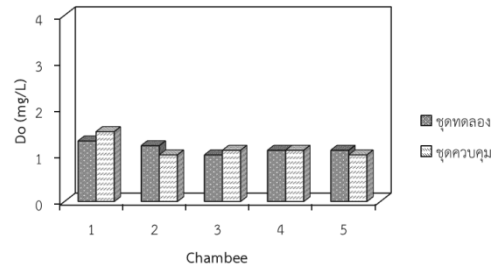


H. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 15

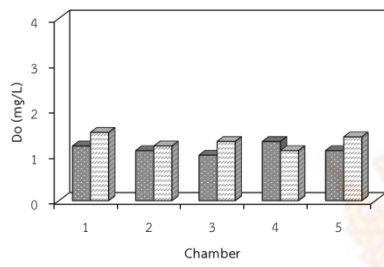
ภาพที่ 3 – 13 แสดงค่าออกซิเจนละลาย (DO) ในช่วง 15 วันแรก



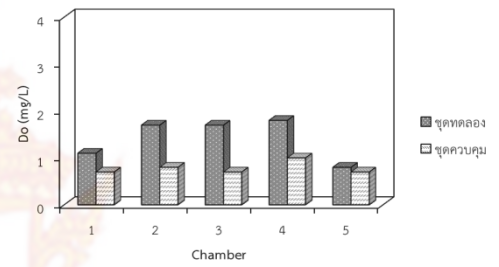
A. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 17



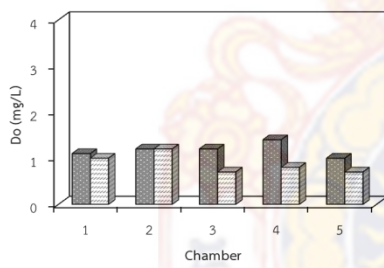
B. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 19



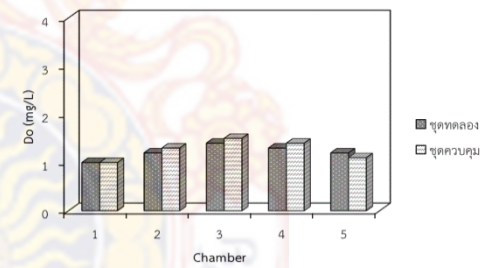
C. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 21



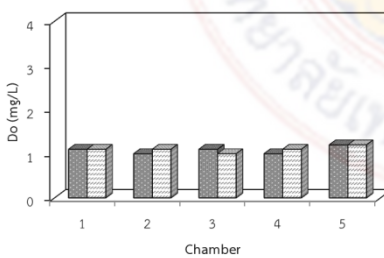
D. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 23



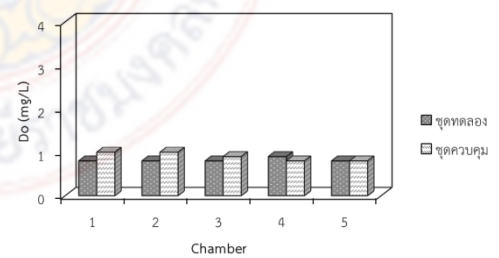
E. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 25



F. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 27

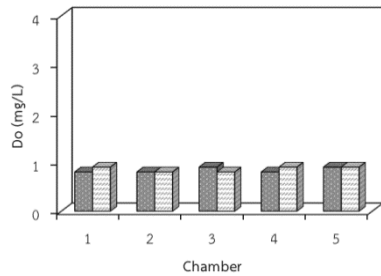


G. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 29

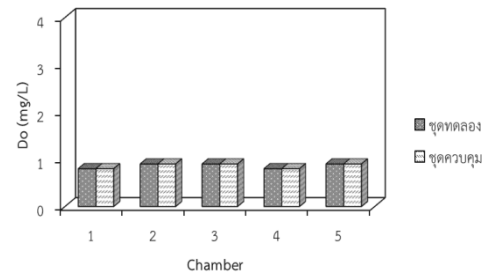


H. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 31

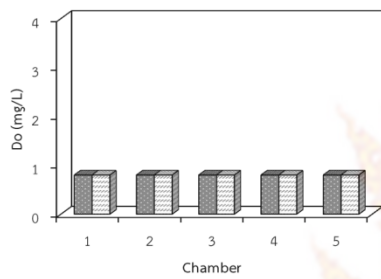
ภาพที่ 3 - 14 แสดงค่าออกซิเจนละลาย (DO) ในช่วง 30 วัน



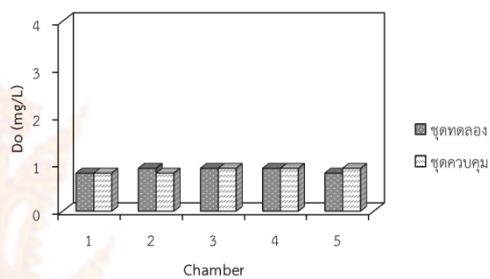
A. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 33



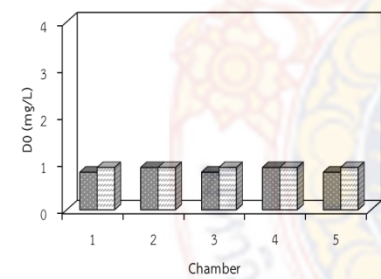
B. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 35



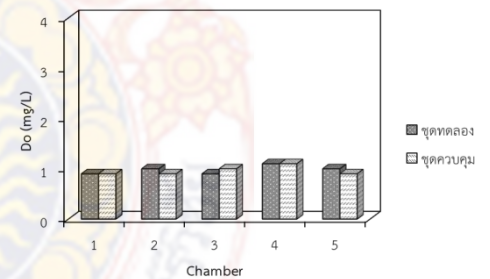
C. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 37



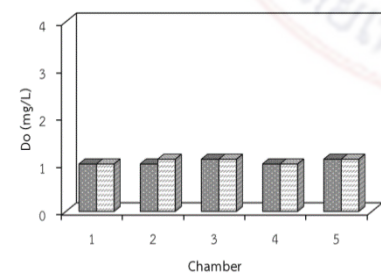
D. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 39



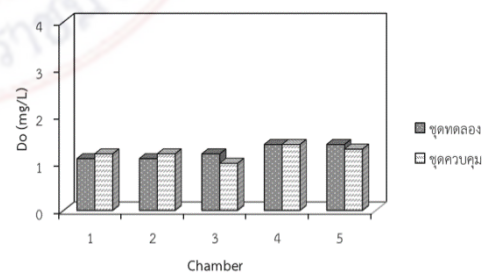
E. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 41



F. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 43



G. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 45



H. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 47

ภาพที่ 3 – 15 แสดงค่าออกซิเจนละลาย (DO) ในช่วง 45 วัน

5. ผลการศึกษาศักยภาพการบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตเส้นขนมจีนโดยใช้ระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ผลิตจากถังก๊าซรถยนต์

ประสิทธิภาพการบำบัดค่าซีโอดี (COD) ของแข็งละลายทั้งหมด (TDS) และของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) ของชุดทดลองและชุดควบคุมระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ ในระยะเวลา 45 วัน

5.1 ผลการวิเคราะห์ค่า COD TDS และ TSS ในช่วง 15 วันแรก

ผลการวิเคราะห์ค่า COD TDS และ TSS ในช่วง 15 วันแรก ที่มีการใช้อัตราส่วนการผสมระหว่างน้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีนและน้ำเสียจากถังปฏิกรณ์ก๊าซชีวภาพของโรงงานน้ำมันปาล์ม โดยจะใช้น้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีน 60% และน้ำเสียจากถังปฏิกรณ์ก๊าซชีวภาพของโรงงานน้ำมันปาล์ม 40% เพื่อเป็นการเริ่มต้นเดินระบบชุดทดลอง และ ชุดควบคุม โดยไม่มีการควบคุมค่า pH และใช้อัตราส่วนการรีไซเคิลน้ำหมุนเวียนกลับ 40% ผลการเปลี่ยนแปลงค่า COD TDS และ TSS

ผลการวิเคราะห์ค่า COD ในช่วง 15 วันแรก แสดงถึงค่า COD ในช่วงเริ่มต้นเดินระบบของชุดทดลอง และชุดควบคุม ยังไม่มีความสม่ำเสมอเมื่อผ่านการบำบัดในแต่ละ Chamber แต่เมื่อพิจารณาในระยะเวลาที่ผ่านไปถึงช่วง 15 วัน ค่า COD มีแนวโน้มลดลงในทุกๆ Chamber ทั้งชุดทดลอง และชุดควบคุม ส่วนค่า TDS ในช่วง 15 วันแรก ในช่วงเริ่มต้นจะมีค่า TDS จะมีค่า TDS มีปริมาณใกล้เคียงกัน แต่เมื่อพิจารณาในระยะเวลาที่ผ่านไปถึงช่วง 15 วัน ซึ่งค่า TDS มีแนวโน้มลดลงในทุกๆ Chamber ทั้งชุดทดลอง และชุดควบคุม แต่ชุดทดลองจะมีค่า TDS ที่ลดน้อยลงมากกว่าชุดควบคุม แสดงถึงถังปฏิกรณ์ชุดทดลองมีการบรรจุตัวกลางเพื่อใช้ในการดักสิ่งสกปรก และค่า TSS ในช่วง 15 วันแรก มีแนวโน้มลดลงในทุกๆ Chamber ทั้งชุดทดลอง และชุดควบคุม แต่เมื่อพิจารณาในระยะเวลาที่ผ่านไปถึงช่วง 15 วัน ค่า TSS มีแนวโน้มลดลงในทุกๆ Chamber แต่ชุดทดลองจะมีการลดลงของค่า TSS ลดลงอย่างสม่ำเสมอมากกว่าชุดควบคุม อย่างไรก็ตามชุดควบคุมจะมีการเพิ่มขึ้นของค่า TSS ใน Chamber 5 เนื่องจากมีสิ่งสกปรกหลุดออกไปจากระบบบำบัดส่วนแรกไปสะสมในระบบบำบัดส่วนถัดไป แสดงดังภาพที่ 3 – 16 ภาพที่ 3 – 17 และภาพที่ 3 – 18

5.2 ผลการวิเคราะห์ค่า COD TDS และ TSS ในช่วง 30 วัน

ผลการวิเคราะห์ค่า COD TDS และ TSS ในช่วง 30 วัน โดยมีการใช้อัตราส่วนการผสมระหว่างน้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีนและน้ำเสียจากถังปฏิกรณ์ก๊าซชีวภาพของโรงงานน้ำมันปาล์ม โดยจะใช้น้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีน 60% และน้ำเสียจากถังปฏิกรณ์ก๊าซชีวภาพของโรงงานน้ำมันปาล์ม 40% เพื่อเป็นการเริ่มต้นเดินระบบชุดทดลองและชุดควบคุม โดยมีการควบคุมค่า pH ให้อยู่ระหว่าง 6.5-8.5 และใช้อัตราส่วนการรีไซเคิลน้ำหมุนเวียนกลับ 40% ผลการเปลี่ยนแปลงค่า COD TDS และ TSS

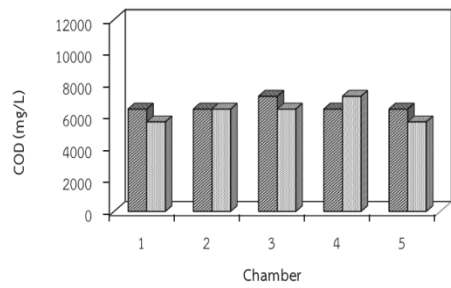
ผลการทดลองแสดงผลการวิเคราะห์ค่า COD ในช่วง 30 วัน แสดงถึงค่า COD ของชุดทดลอง และชุดควบคุม มีแนวโน้มลดลงเมื่อผ่านการบำบัดในแต่ละ Chamber แต่เมื่อพิจารณาใน

ระยะเวลาที่ผ่านไปจนถึงช่วง 30 วัน ค่า COD มีแนวโน้มลดลงในทุกๆ Chamber ทั้งชุดทดลอง และชุดควบคุม แต่ชุดทดลองจะมีค่าที่น้อยกว่าชุดควบคุม เพราะชุดทดลองมีการบรรจุตัวกลางเพื่อช่วยในการดักสิ่งสกปรก ส่วนค่า TDS ในช่วง 30 วัน ในช่วงเริ่มต้นจะมีค่า TDS จะมีค่า TDS มีปริมาณใกล้เคียงกัน แต่เมื่อพิจารณาในระยะเวลาที่ผ่านไปจนถึงช่วง 30 วัน ค่า TDS มีแนวโน้มลดลงในทุกๆ Chamber ทั้งชุดทดลอง และชุดควบคุม แต่ชุดทดลองจะมีค่า TDS ที่ลดน้อยลงมากกว่าชุดควบคุม เนื่องจากถึงปฏิกรณ์ชุดทดลองที่มีการบรรจุตัวกลางเพื่อใช้ในการดักสิ่งสกปรก และค่า TSS ในช่วง 30 วัน มีแนวโน้มลดลงทุก Chamber ทั้งชุดทดลอง และชุดควบคุม แต่เมื่อพิจารณาในระยะเวลาที่ผ่านไปจนถึงช่วง 30 วัน ค่า TSS มีแนวโน้มลดลงในทุกๆ Chamber แต่ชุดทดลองจะมีการลดลงของค่า TSS ลดลงอย่างสม่ำเสมอ แต่ชุดควบคุมจะมีการเพิ่มขึ้นของค่า TSS ใน Chamber 5 เนื่องจากมีสิ่งสกปรกหลุดออกไปจากระบบบำบัดส่วนแรก ทำให้สิ่งสกปรกหลุดไปสะสมในระบบบำบัดส่วนถัดไป แสดงดังภาพที่ 3 – 19 ภาพที่ 3 – 20 และภาพที่ 3 – 21

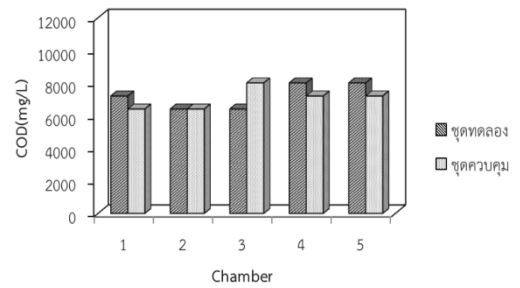
5.3 ผลการวิเคราะห์ค่า COD TDS และ TSS ในช่วง 45 วัน

2.3 ผลการวิเคราะห์ค่า COD TDS และ TSS ในช่วง 45 วัน โดยมีการใช้อัตราส่วนการผสมระหว่างน้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีนและน้ำเสียจากถังปฏิกรณ์ก๊าซชีวภาพของโรงงานน้ำมันปาล์ม ที่มีการใช้น้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีน 60% และน้ำเสียจากถังปฏิกรณ์ก๊าซชีวภาพของโรงงานน้ำมันปาล์ม 40% เพื่อเป็นการเริ่มต้นเดินระบบชุดทดลองและชุดควบคุม โดยการควบคุมค่า pH ให้อยู่ระหว่าง 6.5-8.5 และใช้อัตราส่วนการรีไซเคิลน้ำหมุนเวียนกลับ 30% ผลการเปลี่ยนแปลงค่า COD TDS และ TSS

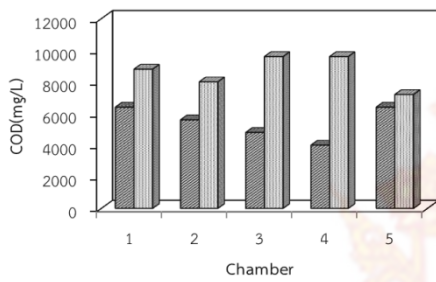
ผลการวิเคราะห์ค่า COD ในช่วง 45 วัน แสดงถึงค่า COD ของชุดทดลอง และชุดควบคุม มีแนวโน้มเพิ่มลดลงเมื่อผ่านการบำบัดในแต่ละ Chamber แต่เมื่อพิจารณาในระยะเวลาที่ผ่านไปจนถึงช่วง 45 วัน ค่า COD มีแนวโน้มลดลงในทุกๆ Chamber ทั้งชุดทดลอง และชุดควบคุม แต่ชุดทดลองจะมีค่าที่น้อยกว่าชุดควบคุม แสดงถึงชุดทดลองที่มีการบรรจุตัวกลางเพื่อช่วยในการดักสิ่งสกปรก ส่วนค่า TDS ในช่วง 45 วัน ในช่วงเริ่มต้นจะมีค่า TDS จะมีค่า TDS มีปริมาณใกล้เคียงกัน แต่เมื่อพิจารณาในระยะเวลาที่ผ่านไปจนถึงช่วง 45 วัน ค่า TDS มีแนวโน้มลดลงในทุกๆ Chamber ทั้งชุดทดลอง และชุดควบคุม แต่ชุดทดลองจะมีค่า TDS ที่ลดน้อยลงมากกว่าชุดควบคุม แสดงให้เห็นว่าถึงปฏิกรณ์ชุดทดลองที่มีการบรรจุตัวกลางเพื่อใช้ในการดักสิ่งสกปรก และค่า TSS ในช่วง 45 วันแรก ค่า TSS มีแนวโน้มลดลงทุกๆ Chamber ทั้งชุดทดลอง และชุดควบคุม แต่เมื่อพิจารณาในระยะเวลาที่ผ่านไปจนถึงช่วง 45 วัน ค่า TSS มีแนวโน้มลดลงในทุกๆ Chamber แต่ชุดทดลองจะมีการลดลงของค่า TSS ลดลงอย่างสม่ำเสมอ แต่ชุดควบคุมจะมีการเพิ่มขึ้นของค่า TSS ใน Chamber 5 เนื่องจากมีสิ่งสกปรกที่หลุดออกไปจากระบบบำบัดส่วนแรก ทำให้สิ่งสกปรกหลุดไปสะสมในระบบบำบัดส่วนถัดไป แสดงดังภาพที่ 3 – 22 ภาพที่ 3 – 23 และภาพที่ 3 – 24 โดยลักษณะน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดและระบายออกจากชุดทดลอง และชุดควบคุม แสดงดังภาพที่ 3 – 25



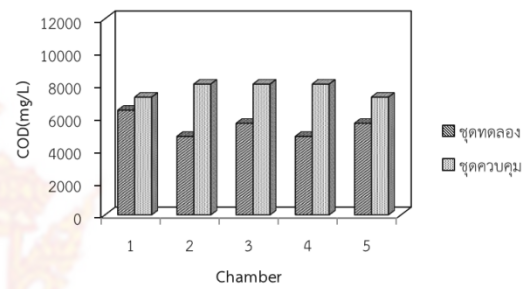
A. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 1



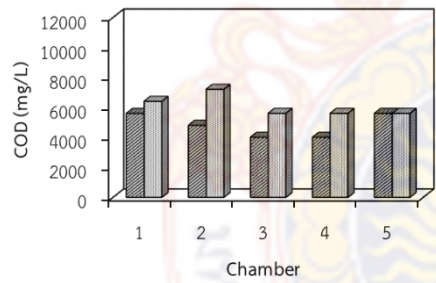
B. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 3



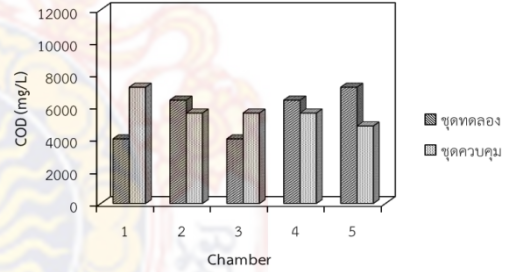
C. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 5



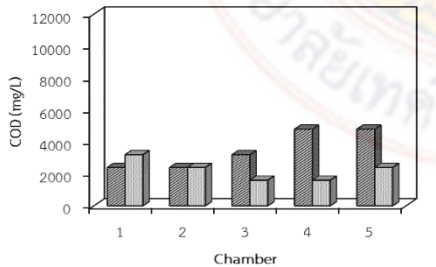
D. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 7



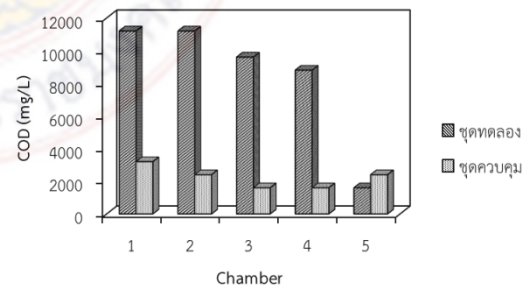
E. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 9



F. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 11

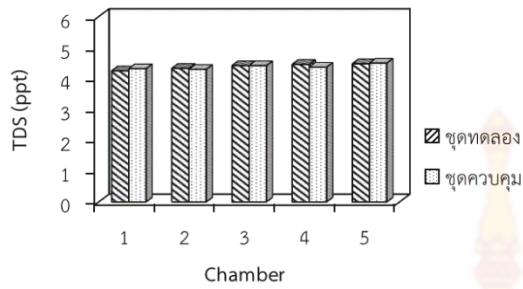


G. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 13

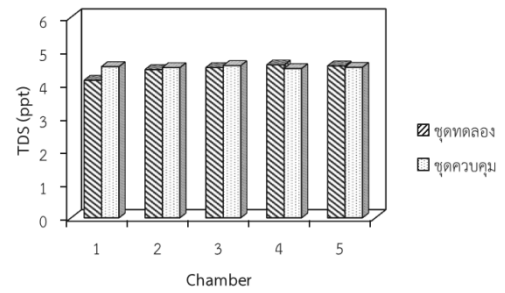


H. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 15

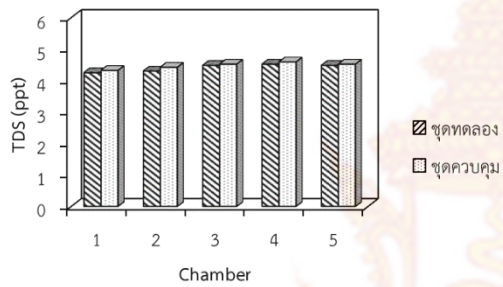
ภาพที่ 3 - 16 แสดงค่าซีโอดี (COD) ในช่วง 15 วันแรก



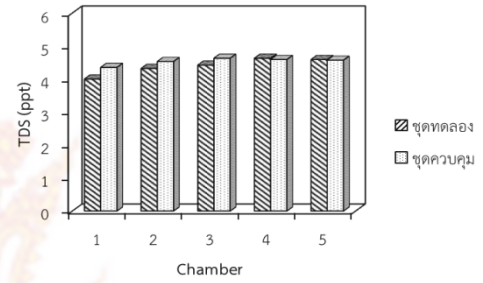
A. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 1



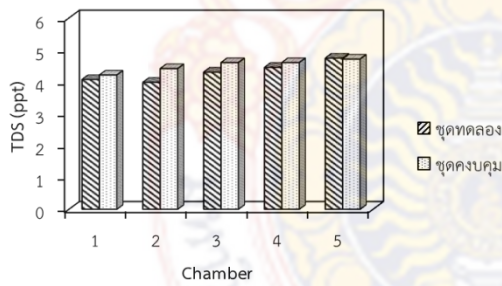
B. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 3



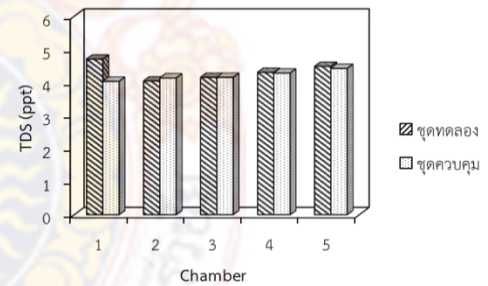
C. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 5



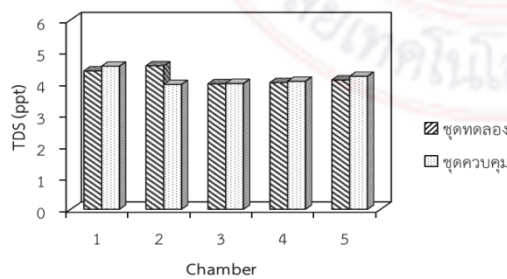
D. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 7



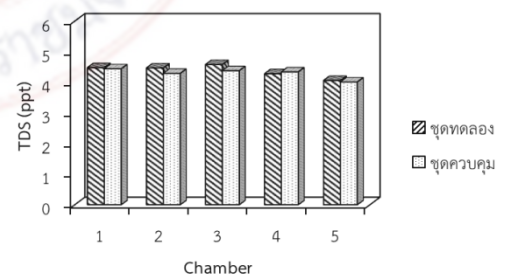
E. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 9



F. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 11

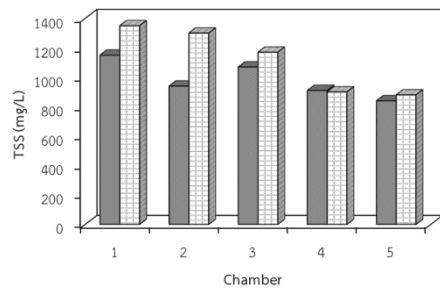


G. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 13

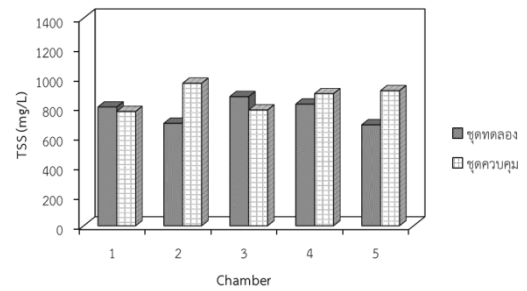


H. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 15

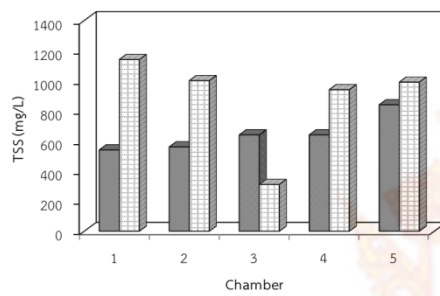
ภาพที่ 3 – 17 แสดงค่าของแข็งละลายทั้งหมด (TDS) ในช่วง 15 วันแรก



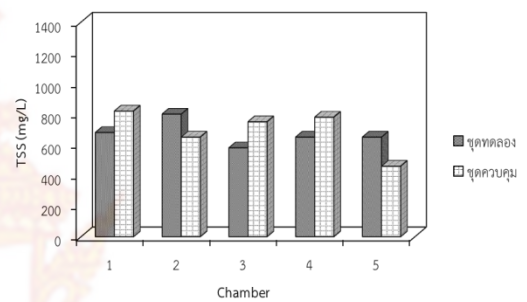
A. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 1



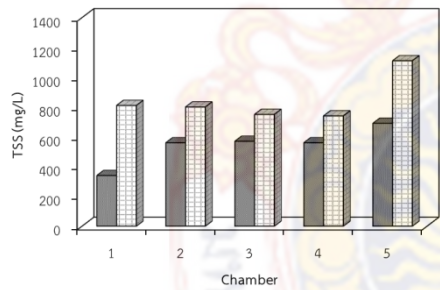
B. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 3



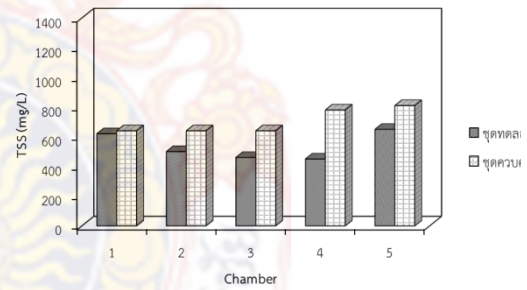
C. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 5



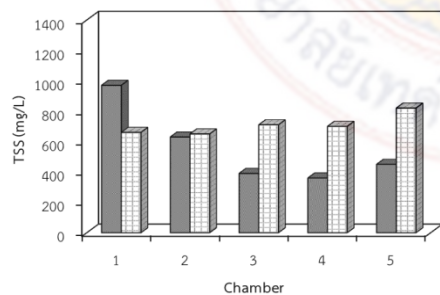
D. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 7



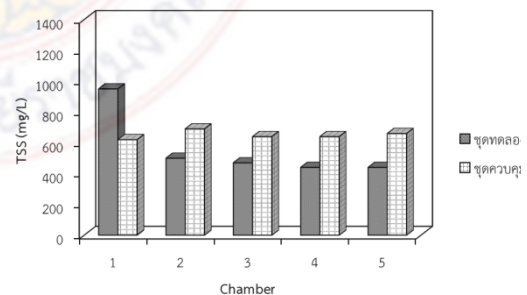
E. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 9



F. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 11

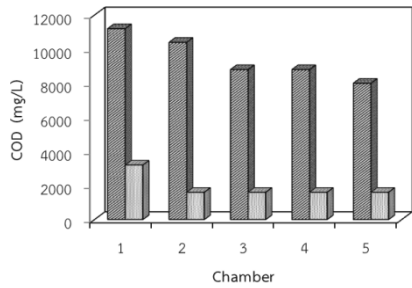


G. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 13

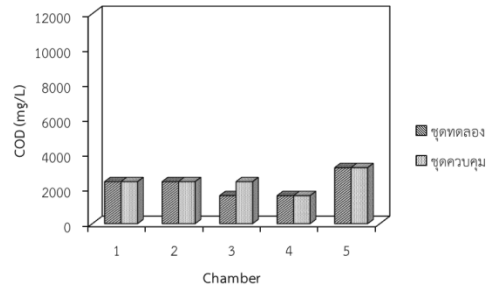


H. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 15

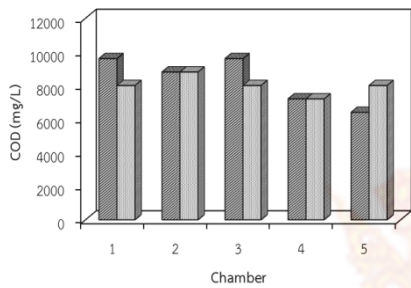
ภาพที่ 3 – 18 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) ในช่วง 15 วันแรก



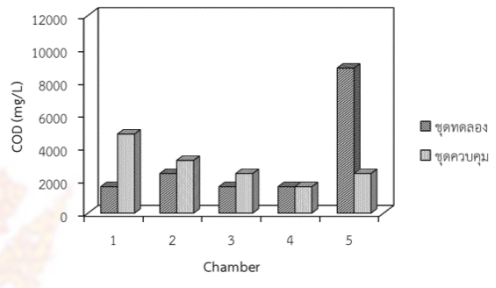
A. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 17



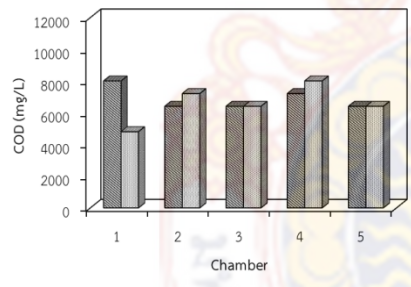
B. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 19



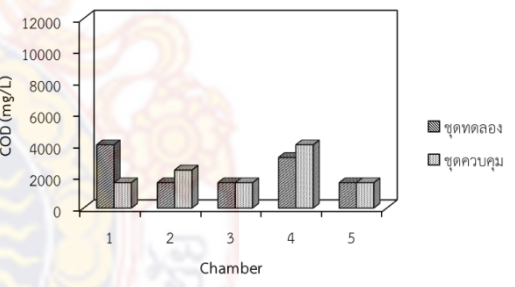
C. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 21



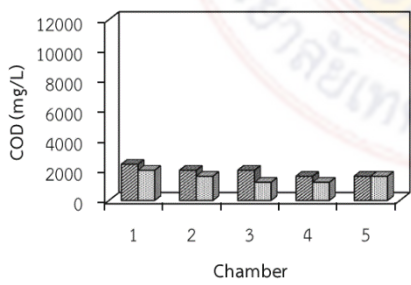
D. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 23



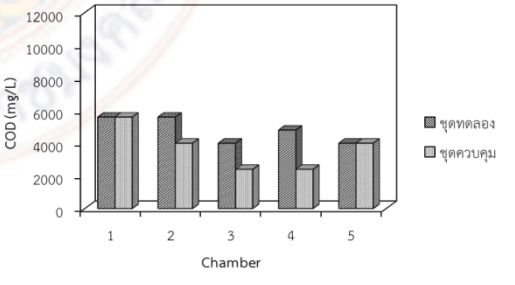
E. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 25



F. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 27

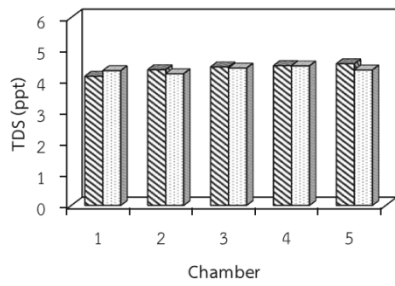


G. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 29

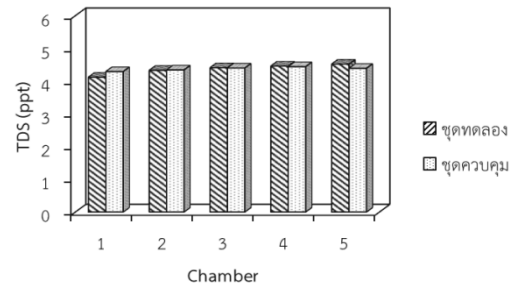


H. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 31

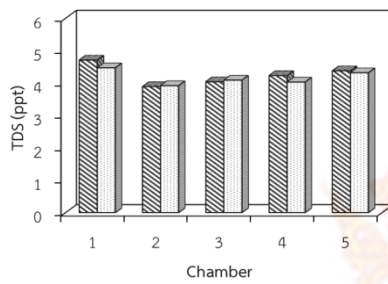
ภาพที่ 3 - 19 แสดงค่าซีโอดี (COD) ในช่วง 30 วัน



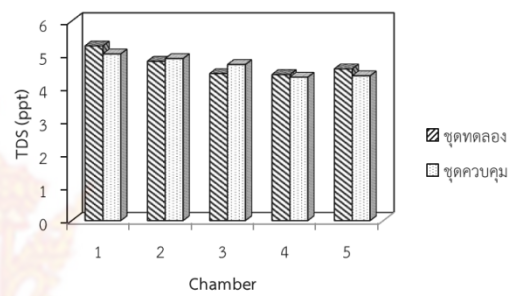
A. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 17



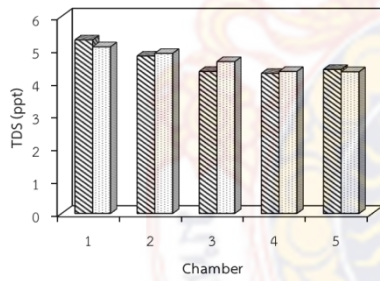
B. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 19



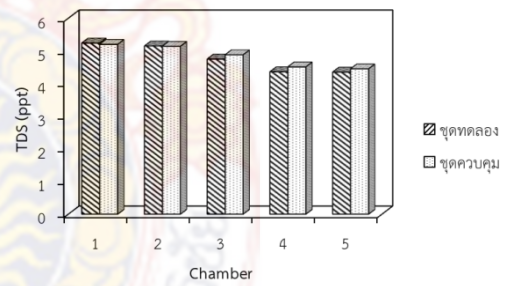
C. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 21



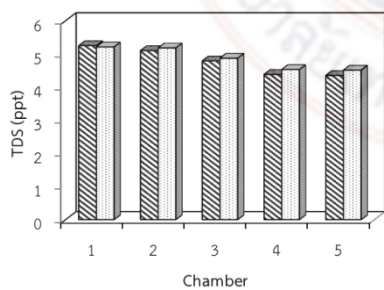
D. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 23



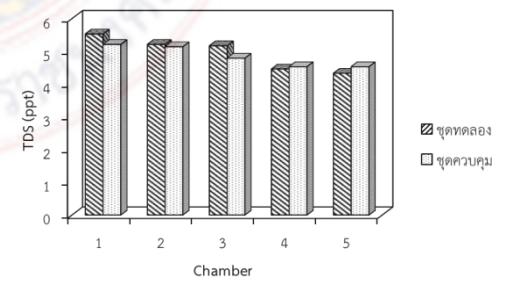
E. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 25



F. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 27

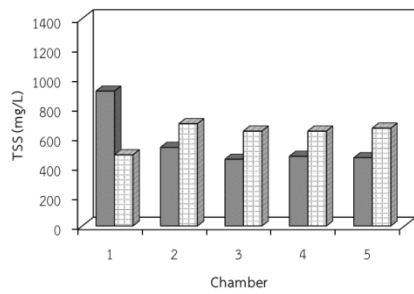


G. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 29

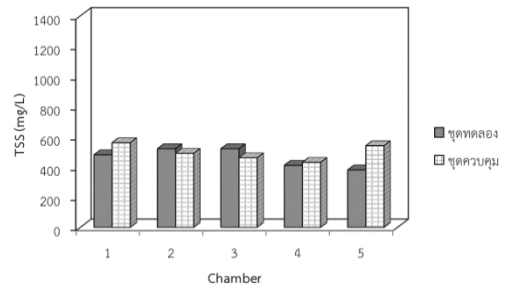


H. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 31

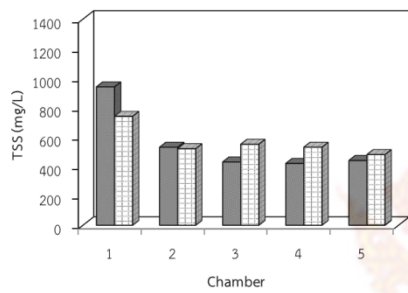
ภาพที่ 3 – 20 แสดงค่าของแข็งละลายทั้งหมด (TDS) ในช่วง 30 วัน



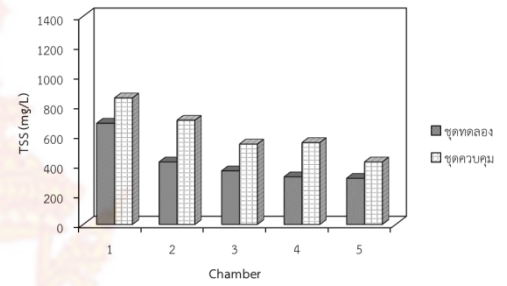
A. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 17



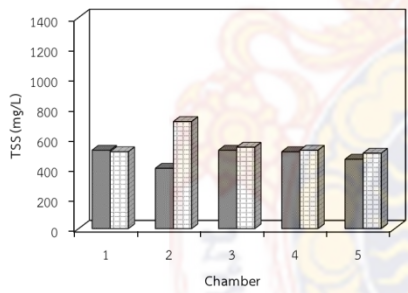
B. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 19



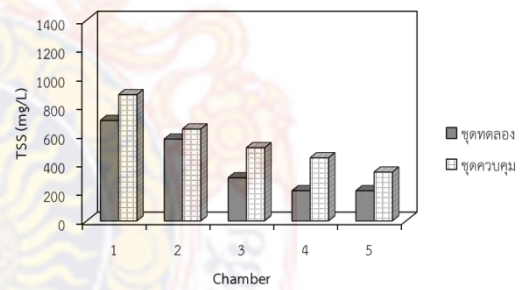
C. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 21



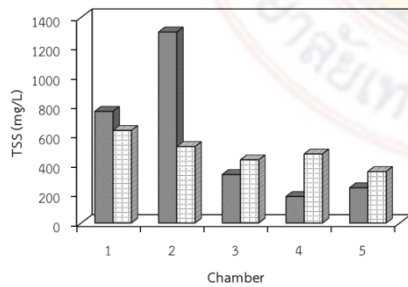
D. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 23



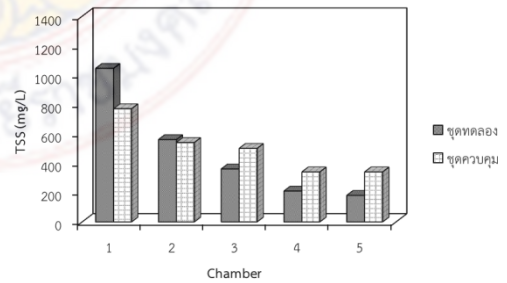
E. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 25



F. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 27

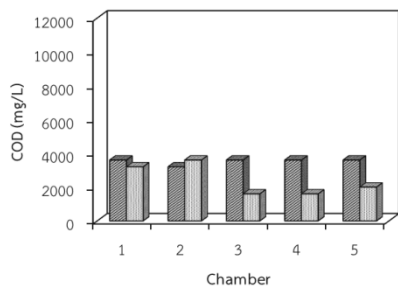


G. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 29

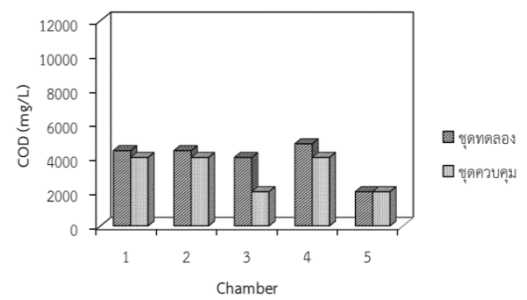


H. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 31

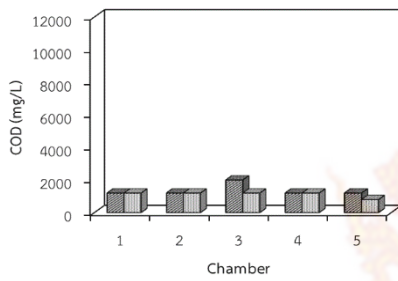
ภาพที่ 3 – 21 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) ในช่วง 30 วัน



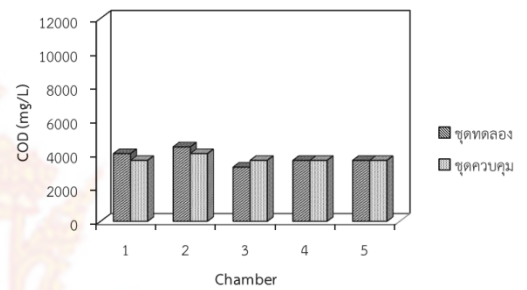
A. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 33



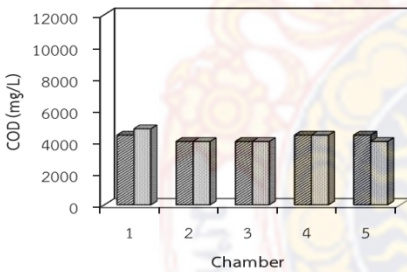
B. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 35



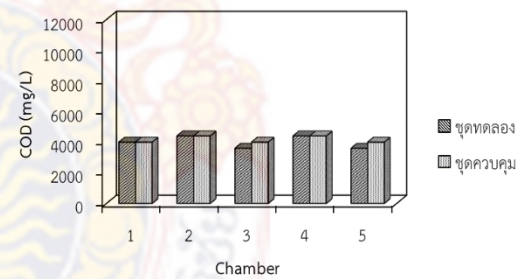
C. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 37



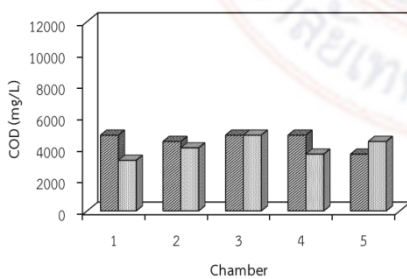
D. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 39



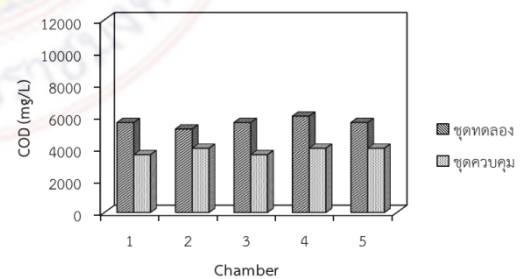
E. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 41



F. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 43

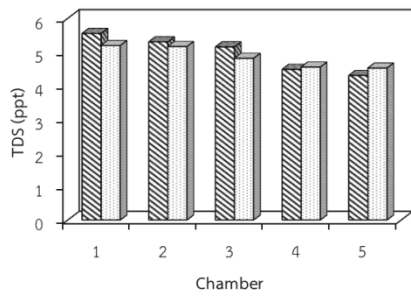


G. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 45

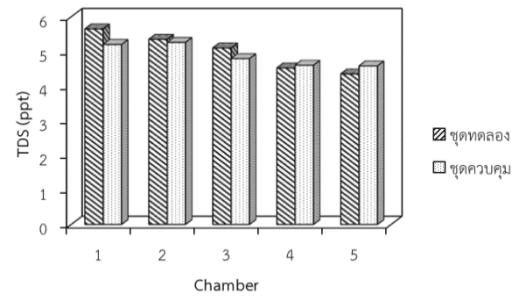


H. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 47

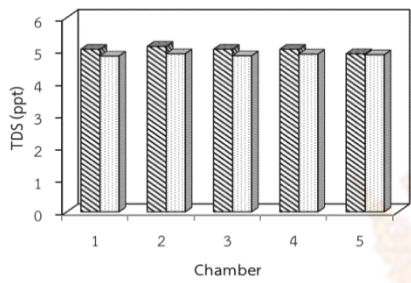
ภาพที่ 3 - 22 แสดงค่าซีโอดี (COD) ในช่วง 45 วัน



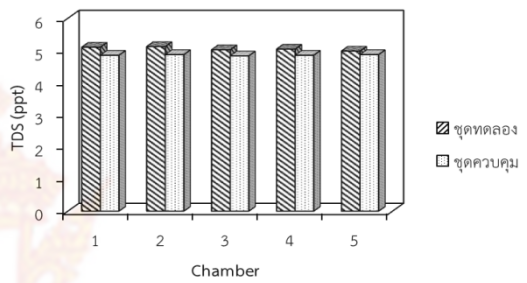
A. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 33



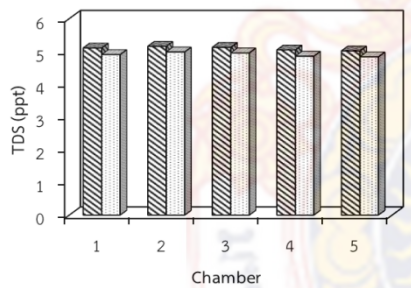
B. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 35



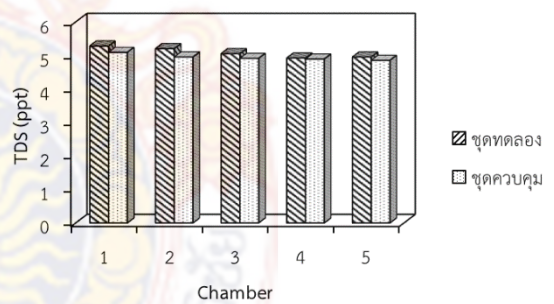
C. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 37



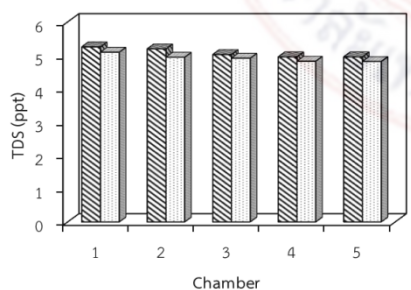
D. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 39



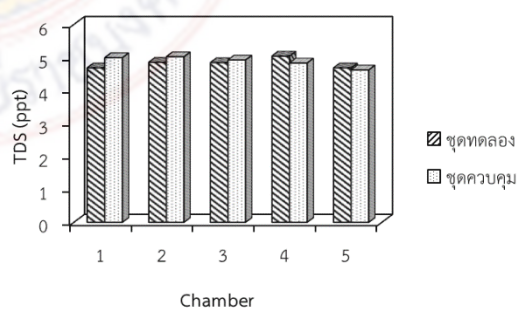
E. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 41



F. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 43

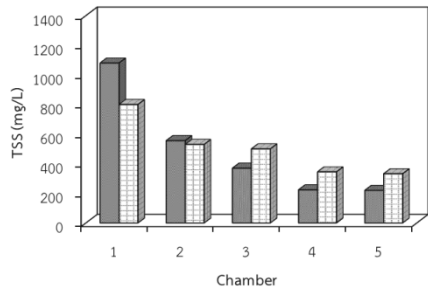


G. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 45

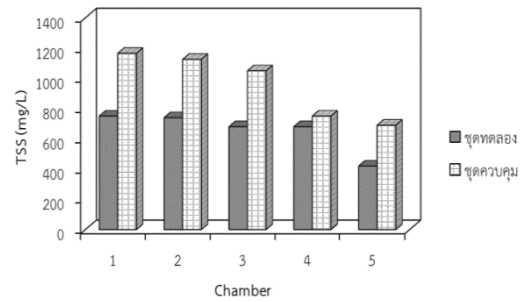


H. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 47

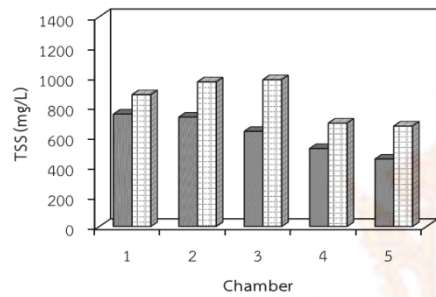
ภาพที่ 3 - 23 แสดงค่าของแข็งละลายทั้งหมด (TDS) ในช่วง 45 วัน



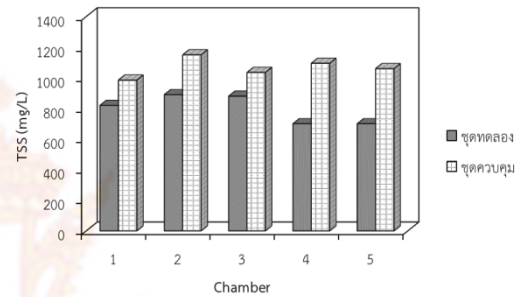
A. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 33



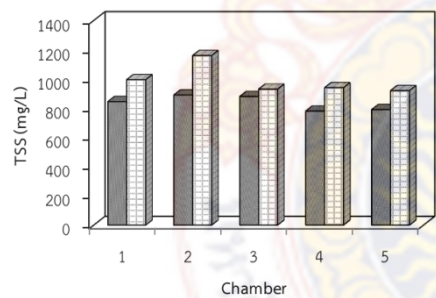
B. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 35



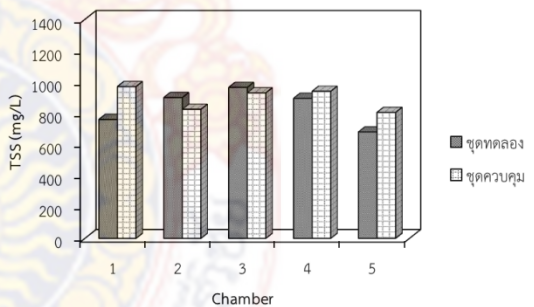
C. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 37



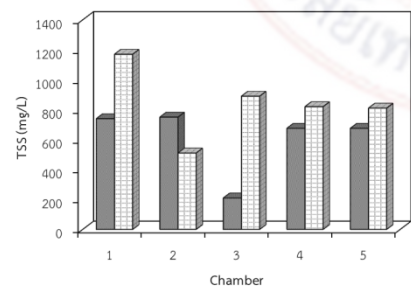
D. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 39



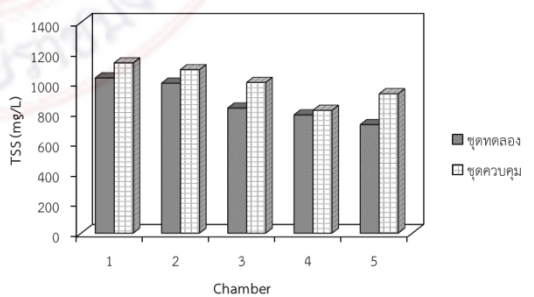
E. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 41



F. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 43



G. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 45



H. ระยะเวลาการทดลอง วันที่ 47

ภาพที่ 3 – 24 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) ในช่วง 45 วัน



A

B

ภาพที่ 3 – 25 น้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัด A: ชุดทดลอง, B: ชุดควบคุม

6. ผลผลิตก๊าซชีวภาพ

เนื่องจากการทดลองนี้ยังไม่ได้มีการตรวจวัดก๊าซชีวภาพ ทำให้ยังไม่ทราบถึงอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ อย่างไรก็ตามได้มีการทดสอบการติดไฟของก๊าซชีวภาพที่เกิดจากระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งพบว่าก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นสามารถติดไฟได้ ในระยะเวลาการเดินระบบผ่านไปประมาณ 1 เดือน โดยมีปริมาณจากการสังเกตระยะเวลาการติดไฟนานขึ้น แสดงถึงปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพที่เพิ่มมากขึ้น การทดสอบการจุดติดไฟ แสดงดังภาพที่ 3 – 26 ซึ่งจากการทดลองการเดินระบบผ่านไป 60 วัน สามารถจุดติดไฟได้นานกว่า 10 นาที ทั้งชุดทดลอง และชุดควบคุม



ภาพที่ 3 – 26 การทดสอบการจุดติดไฟของก๊าซชีวภาพที่เกิดจากระบบบำบัดน้ำเสีย

7. ผลการศึกษาแนวทางการบำบัดน้ำเสียสำหรับโรงงานผลิตเส้นขนมจีนโดยใช้วิธีการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multi criteria Decision Analysis: MCDA)

จากข้อมูลผลการดำเนินงานวิจัยเบื้องต้น เมื่อพิจารณานำมาวิเคราะห์แนวทางการบำบัดน้ำเสียสำหรับโรงงานผลิตเส้นขนมจีน โดยมีทางเลือก (Alternative) คือ รูปแบบระบบบำบัดน้ำเสียจำนวน 3 รูปแบบ ที่มีลักษณะแตกต่างกันของวัสดุที่ใช้ในการประดิษฐ์ หรือ สร้างระบบบำบัดน้ำเสีย แต่เนื่องจากผลจากการดำเนินงานวิจัยที่ใช้น้ำเสียจากแหล่งที่มาแตกต่างกันของโรงงานสองประเภท คือ โรงงานผลิตเส้นขนมจีนแบบแป้งหมัก และ โรงงานผลิตเส้นขนมจีนแบบแป้งสำเร็จ ซึ่งทั้งสองโรงงานมีความแตกต่างกันในเรื่องของวัตถุดิบ ต้นทุนการผลิต และกำลังการผลิต ซึ่งมีผลต่อลักษณะและปริมาณน้ำเสียที่ก่อเกิดขึ้น รวมถึงข้อมูลในส่วนของคุณสมบัติของสถานประกอบการ เช่น งบประมาณ พื้นที่สำหรับจัดวางระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น ซึ่งเป็นปัจจัยหลักส่วนหนึ่งที่จะต้องนำมาพิจารณาในการคัดเลือกรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งการพิจารณาคัดเลือกระบบสำหรับโรงงานผลิตเส้นขนมจีนโดยผู้ประกอบการมักจะพิจารณาจากส่วนนี้มากกว่า และจะต้องพิจารณาเป็นไปตามแต่ละสถานประกอบการ เนื่องจากแต่ละสถานประกอบการจะมีปัจจัยที่ต่างกันไป ดังนั้นหากต้องการวิเคราะห์แนวทางการบำบัดน้ำเสียโดยใช้วิธีการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multi criteria Decision Analysis: MCDA) เพื่อวิเคราะห์ความเหมาะสมของการใช้งานจริงในการสร้างระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับโรงงานผลิตเส้นขนมจีน ซึ่งจะต้องศึกษาและปัจจัยสำหรับกรวิเคราะห์ทางเลือก คือ ด้านเทคนิค ด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านประโยชน์ที่จะได้รับ และ/หรือ ทางเลือก ปัจจัย อื่น ๆ (เอนก และฉานิกา, 2558 Tan et. al., 2015, Hanan, Burnley and Cooke 2013, Department for Communities and Local Government, 2009, Feo, Gisi and Galasso, 2008, Finnveden et. al., 2005, and Chung and Poon, 1996) ควรจะต้องดำเนินการให้กับโรงงานผลิตเส้นขนมจีนที่มีความต้องการดำเนินการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลที่จะได้นำมาพิจารณาวิเคราะห์ในแต่ละปัจจัยนั้นมีความเหมาะสมมากกว่า ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์จะเป็นที่ยอมรับของสถานประกอบการนั้น ๆ เนื่องจากเป็นข้อมูลที่ได้จากสถานประกอบการความต้องการของสถานประกอบการ ซึ่งจะได้ความร่วมมือของการเก็บรวบรวมข้อมูลมากกว่า ซึ่งจะเป็นผลให้ได้ระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมและตรงตามความต้องการของสถานประกอบการ จึงควรขยายผลการดำเนินงานในส่วนนี้ ในส่วนของการให้คำปรึกษา หรือ การให้บริการวิชาการ ที่สามารถดำเนินการได้ต่อไปในอนาคต

8. วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองทั้งหมด สามารถสรุปผลการควบคุมระบบชุดทดลองและชุดควบคุมถึงปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ได้ ดังนี้

การเดินระบบในช่วงเริ่มต้นเดินระบบ ควรมีการใช้น้ำเสียจากถังปฏิกรณ์ก๊าซชีวภาพจากโรงงานน้ำมันปาล์มหรือน้ำเสียที่ผ่านการเดินระบบจากระบบบำบัดน้ำเสียที่มีความสม่ำเสมอแล้วมาใช้ในการเดินระบบ เพื่อช่วยร่นระยะเวลาในการเริ่มต้นเดินระบบ ซึ่งจากผลการดำเนินการงานวิจัยนี้สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ในระยะเวลา 1 เดือน ที่อัตราส่วนผสมน้ำเสียจากถังปฏิกรณ์ก๊าซชีวภาพของโรงงานน้ำมันปาล์ม เริ่มต้น 40%

การเริ่มต้นเดินระบบสามารถสังเกตการเข้าสู่สภาวะไร้อากาศได้จากค่าออกซิเจนละลายของน้ำเสียในลักษณะที่มีค่าลดลงจากวันแรก จนค่าออกซิเจนละลายมีค่าต่ำกว่า 1.0 mg/L เป็นการแสดงถึงการเข้าสู่สภาวะไร้อากาศ ซึ่งจากงานวิจัยนี้สามารถแสดงถึงการเข้าสู่สภาวะไร้อากาศได้ในระยะเวลา 1 เดือน สอดคล้องกับการเกิดก๊าซชีวภาพที่สามารถทดสอบการจุดติดไฟได้ในช่วงระยะเวลาดังกล่าว

การควบคุมค่าพีเอช (pH) ควรควบคุมให้มีค่าพีเอชของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย ควรปรับให้อยู่ในช่วง 6.5 – 8.5 เพื่อให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมต่อการดำรงชีพของจุลินทรีย์แบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Bacteria)

อัตราการหมุนเวียนน้ำกลับ ควรมีการหมุนเวียนน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดแล้วกลับมาผสมกับน้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีนเริ่มต้น ในอัตราส่วน ร้อยละ 40 เพื่อรักษาปริมาณจุลินทรีย์ในถังปฏิกรณ์ชุดทดลอง และชุดควบคุม

ในการควบคุมระบบแบบ Manuel ควรมีการเผาหรือนำก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากกระบวนการบำบัดไปใช้ประโยชน์ เนื่องจากความดันของก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นภายในถังปฏิกรณ์จะทำให้ไม่สามารถไหลเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียได้

การใช้ตัวกลางในการเพิ่มศักยภาพการบำบัดสามารถช่วยลดค่าความสกปรกของน้ำเสียได้ ทั้งในส่วนของค่าซีโอดี (COD) ค่าของแข็งละลายทั้งหมด (TDS) และค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) โดยเฉพาะค่าของแข็ง (TDS และ TSS)

การนำไฟฟ้า (Conductivity) ในช่วง 15 วันแรก ค่าการนำไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นทั้งถังปฏิกรณ์ชุดควบคุมและถังปฏิกรณ์ชุดทดลอง จาก Chamber 1 – Chamber 5 โดยค่าการนำไฟฟ้ามีค่าอยู่ในช่วง 8 – 10 mS แต่เมื่อ 15 วันผ่านไป ค่าการนำไฟฟ้ากลับกลายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก Chamber 1 – Chamber 5 ในช่วงหลังจาก 30 วัน ทุก ๆ Chamber มีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 10 – 11 mS ทั้งในถังปฏิกรณ์ชุดทดลองและถังปฏิกรณ์ชุดควบคุม แสดงผลการวัดค่าการนำไฟฟ้าดังภาคผนวก ก

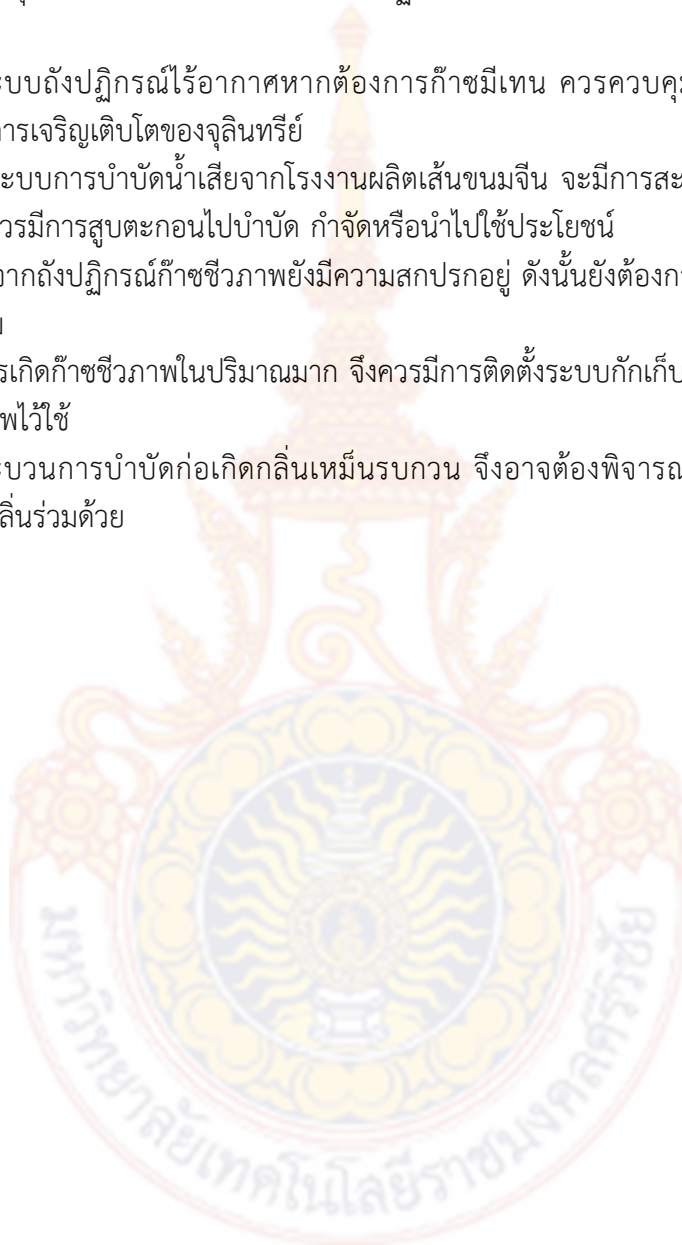
บทที่ 4

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาประกอบไปด้วยการติดตามตรวจสอบการเริ่มต้นเดินระบบถังปฏิกรณ์ ก๊าซชีวภาพของโรงงานผลิตเส้นขนมจีน โดยการวิเคราะห์จากค่า COD pH DO และอุณหภูมิทุก ๆ 2 สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 3 เดือน ผลการศึกษาแสดงถึงการเดินระบบนี้ให้เข้าสู่สภาวะสม่ำเสมอต้องใช้ เวลามากกว่า 70 วัน สามารถบำบัดค่าซีโอดีในส่วนเริ่มต้นเดินระบบได้ประมาณร้อยละ 80 ค่า DO มี ค่าต่ำกว่า 0.1 mg/L ทุก ๆ Chamber ค่า pH อยู่ในช่วง 4.0 - 4.5 และอุณหภูมิในระบบมีแนวโน้ม คงที่อยู่ในช่วง 29 - 30 °C อย่างไรก็ตามก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นยังมีปริมาณน้อย ซึ่งจะต้องพิจารณาถึง การควบคุมพารามิเตอร์ในช่วงของการเดินระบบเพิ่มเติม จากผลการทดลองระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ที่ผลิตจากถังก๊าซรถยนต์ สามารถสรุปผลในส่วนของเกณฑ์สำหรับการ ควบคุมระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ได้ดังนี้ คือ ควรมีการควบคุมให้มีค่า pH ของ น้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียให้อยู่ในช่วง 6.5-8.5 เพื่อให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมต่อการดำรง ชีพของจุลินทรีย์แบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Bacteria) โดยการผสมปูนขาวเพื่อปรับค่าพีเอชของ น้ำเสียก่อนเติมเข้าระบบ การเดินระบบในช่วงเริ่มต้นเดินระบบควรมีการใช้น้ำเสียจากถังปฏิกรณ์ก๊าซ ชีวภาพจากโรงงานน้ำมันปาล์มหรือน้ำเสียที่ผ่านการเดินระบบจากระบบบำบัดที่มีความสม่ำเสมอแล้ว มาใช้ในการเริ่มต้นเดินระบบ เพื่อช่วยร่นระยะเวลาในการเริ่มต้นเดินระบบให้สั้นลง ซึ่งจากผลการ ดำเนินการโครงการนี้สามารถเริ่มผลิตก๊าซชีวภาพได้ในระยะเวลาประมาณ 1 เดือน เมื่อมีการผสมน้ำ เสียจากถังปฏิกรณ์ก๊าซชีวภาพของโรงงานน้ำมันปาล์มที่อัตราส่วนเริ่มต้น ร้อยละ 40 และควบคุมให้มี อัตราการหมุนเวียนน้ำกลับ โดยการควบคุมอัตราการหมุนเวียนน้ำกลับมาผสมกับน้ำเสียจาก โรงงานผลิตเส้นขนมจีนเริ่มต้น ในอัตราส่วน ร้อยละ 40 เพื่อรักษาปริมาณจุลินทรีย์ในถังปฏิกรณ์ ใน การควบคุมระบบแบบ Manual ควรมีการเผาหรือ นำก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากกระบวนการบำบัดไป ใช้ประโยชน์ เนื่องจากความดันของก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นภายในถังปฏิกรณ์ จะทำให้น้ำเสียไม่สามารถ ไหลเข้าสู่ระบบบำบัดได้ ผลการศึกษาการใช้ตัวกลางที่ผลิตจากยางในรถจักรยานยนต์เพื่อเพิ่ม ประสิทธิภาพการบำบัด แสดงถึงความสามารถของตัวกลางในการช่วยลดค่าความสกปรกของน้ำเสีย ได้ ทั้งในส่วนของคุณค่า COD TDS และ TSS โดยเฉพาะค่าของแข็ง (TDS และ TSS) เนื่องจากตัวกลาง สามารถช่วยในการดักจับตะกอนของแข็งให้อยู่ภายในถังปฏิกรณ์ได้ อย่างไรก็ตามจากการบรรจุ ตัวกลางทำให้ปริมาตรบรรจุน้ำในถังปฏิกรณ์ชุดทดลองลดลง ซึ่งอาจส่งผลให้ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ เกิดขึ้นในถังปฏิกรณ์ชุดทดลองมีปริมาณน้อยกว่าชุดควบคุม หรือก๊าซชีวภาพลอยขึ้นสู่ด้านบนได้ยาก ขึ้น ซึ่งหากมีการนำไปใช้งานจริง ในการออกแบบถังปฏิกรณ์จึงควรคำนึงถึงปริมาตรของตัวกลางที่ บรรจุภายในถังปฏิกรณ์ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุด

ข้อเสนอแนะ

1. ควรตรวจสอบคุณภาพน้ำเสียออกจากระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ ทุก ๆ 1 สัปดาห์
2. ในการเดินระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศหากต้องการก๊าซมีเทน ควรควบคุมค่า pH ให้มีสถานะเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์
3. หลังจากเดินระบบการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีน จะมีการสะสมของตะกอนแป้งที่เพิ่มมากขึ้น ควรมีการสูบตะกอนไปบำบัด กำจัดหรือนำไปใช้ประโยชน์
4. น้ำเสียที่ออกจากถังปฏิกรณ์ก๊าซชีวภาพยังมีความสกปรกอยู่ ดังนั้นยังต้องการกระบวนการบำบัดอื่น ๆ เพิ่มเติม
5. เนื่องจากมีการเกิดก๊าซชีวภาพในปริมาณมาก จึงควรมีการติดตั้งระบบกักเก็บก๊าซชีวภาพ เพื่อกักเก็บก๊าซชีวภาพไว้ใช้
6. เนื่องจากกระบวนการบำบัดก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นรบกวน จึงอาจต้องพิจารณากระบวนการ หรือวิธีการกำจัดกลิ่นร่วมด้วย



บรรณานุกรม

- กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2553. คู่มือการปฏิบัติงานเกี่ยวกับการออกแบบการผลิต การควบคุม คุณภาพและการใช้ก๊าซชีวภาพ (Biogas) สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม. สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ. 346 น.
- เกื้อกุล บุญยี่. 2552. การผลิตก๊าซชีวภาพจากกระบวนการหมักแบบไร้อากาศโดยใช้น้ำเสียจาก โรงงานผลิตแอมโมเนียสำหรับปุ๋ย. ปรินญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรม สิ่งแวดล้อม) สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จूरีย์ ช่วยชาติ. ม.ป.ป. การผลิตแก๊สชีวภาพจากกากตะกอนดีแคเตอร์โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ร่วมกับมูลสุกร. ม.ป.ท. 4 น.
- บุรณะศักดิ์ มาตหมาย. 2552. การใช้เทคโนโลยีพลังงานชีวภาพ (Biogas Energy) เพื่อการจัดการ การพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ. วารสารส่งเสริมเทคโนโลยี. 36 (205):60-67.
- พงษ์พันธ์ พรหมพิทักษ์. 2555. การผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้กากมันสำปะหลังหลังจากกระบวนการ ผลิตแอมโมเนีย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกลบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- พศช.ชีพพลายส์. 2556. กระบวนการผลิตขมจีน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.psychgroup.com> (2 ตุลาคม 2558).
- พาริตดา พรหมมา, ดุชนิ ธนะบริพัฒน์ และ ปราโมทย์ ศิริโรจน์. 2557. การผลิตก๊าซชีวภาพจาก หญ้าเนเปียร์ 3 สายพันธุ์. วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง. 23 (2):30-50.
- มันสิน ตันทุลเวศม์. 2546. คู่มือวิชาการระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ เล่มที่ 1. ฝ่ายคุณภาพ สิ่งแวดล้อมและห้องปฏิบัติการ. กรมควบคุมมลพิษ. สำนักพิมพ์ศูนย์บริการวิชาการแห่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ลาแพน หล้าคำมี. ม.ป.ป. การศึกษาการผลิตแก๊สชีวภาพจากทะเลสาบปาล์มเปลาโดยใช้มูลสุกร เป็นหัวเชื้อเริ่มต้นแบบกะและแบบกึ่งกะ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://kruvijai.wordpress.com> (30 สิงหาคม 2558)
- อังคณา ลำแหละหมั่น, ชัยสิทธิ์ นียะสม และ สมพงศ์ โอทอง. 2555. ผลของอุณหภูมิและการ รับภาระสารอินทรีย์ต่อการผลิตมีเทนจากน้ำทิ้งหลังการผลิตไฮโดรเจน ของน้ำเสียโรงงานฯ สกัดน้ำมันปาล์มดิบ. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ. 15 (3):107-115.
- เอนก สาระอินทร์ และ ฌานิกา แซ่แง ชุกกลิ่น. 2558. การประเมินทางเลือกการจัดการขยะมูลฝอย โดยการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์สำหรับมหาวิทยาลัยในพื้นที่ท้องถิ่น: กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง. การนำเสนอภาค บรรยาย. การประชุมวิชาการ การพัฒนาชุมชนที่ยั่งยืน มหาวิทยาลัยขอนแก่น ครั้งที่ 5. “The Future of Development toward Stability, Prosperity and Sustainability in


- ASEAN Community”. เซ็นทารา โฮเต็ล แอนด์ คอนเวนชั่นเซ็นเตอร์ จังหวัดขอนแก่น. 24 – 25 ธันวาคม 2558
- Alsina, X.F., Roda I.R., Sin G. and Gernaey K.V. 2008. Multi Criteria evaluation of wastewater treatment plant control strategies under uncertainty. *Water research*. 42: 4485 – 4497
- Bachmann, A., Beard V.L. and McCarty P.L. 1983. Comparison of Fixed Film Reactors with a Modified Sludge Blanket Reactor, *Fix Film Biological Processes for Wastewater Treatment*, ed. Y.C. Wu and E.D. Smith. Noyes Data, NJ.
- Bae, J.-H., Song K.-B. and Cho K.-M. 1997. Comparison of operational characteristics of UASB and ABR: organic removal efficiency and the variations of PH₂ and P_{co} Proceeding of the 8th International Conference on Anaerobic Digestion, Vol. 1, Sendai, Japan, pp. 164 – 171.
- Barber, W.P. and Stuckey D.C., 1999. The use of anaerobic baffled reactor (ABR) for wastewater treatment: A review. *Wat. Res.* 33 (7): 1559 – 1578
- Benedett, L., Baets B.D., Nopent I., and Vanrolleghem. 2010. Multi – criteria analysis of wastewater treatment plant design and control scenarios under uncertainty. *Environmental Modelling and Software*. 25: 616 – 621
- APHA, AWWA, and WEF. 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20thed. Washington D.C., U.S.A.
- Chung S.S., Poon C.S. 1996. Evaluating waste management alternatives by the multiple criteria approach. *Resources, conservation and recycling*. 17: 189 – 210
- Department for Communities and Local Government, 2009. *Multi-Criteria Analysis: A Manual*. Department for Communities and Local Government, London, UK.
- Feng, H-J., Hu L.-F., Shan D., Fang A.-R. and Shen D.- S., 2008. Effects of Temperature and hydraulic Residence Time (HRT) on Treatment of Dilute Wastewater in a carrier anaerobic baffled reactor. *Biomedical and environmental sciences* 21: 460 – 466
- Feo G.D., Gisi S.D., Galasso M. 2008. Definition of practical muti-criteria procedure for selecting the best coagulation in a chemically assisted primary sedimentation process for the treatment of urban wastewater. *Desalination*. 230: 229 – 238
- Finnveden G., Johansson J., Lind P., Moberg A. 2005. Life cycle assessment of energy from solid waste – part 1: general methodology and results. *J Clean Prod.* 13 (3): 213-229
- Generowicz, A., Kulczycka J., Kowalski Z. and Banach M. 2011. Assessment of waste management technology using BATNEEC option, technology quality method

- and multi-criteria analysis. *Journal of Environmental Management*. 92: 1314 – 1320
- Hanan D., Burnley S., Cooke D. 2013. A multi-criteria decision analysis assessment of waste paper management options. *Waste management*. 33: 566 – 573
- Kallali, H., Anane M., Jellali S., Tarhouni J. 2007. GIS-Based multi-criteria analysis for potential wastewater aquifer recharge sites. *Desalination*. 215: 111 – 119
- Krishna, G.V.T.G., Kumar P. and Kumar P. 2009. Treatment of low – strength soluble wastewater using an anaerobic baffled reactor (ABR). *Journal of Environmental Management*. 90: 166 – 176
- Malakahmad, A., Ezlin A.B.N. and Ahahrom Md.Z. 2011. Study on Performance of a Modified Anaerobic Baffled reactor to Treat High Strength Wastewater. *Journal of Applied Sciences*. 11 (8): 1449 – 1452
- Metcalf and Eddy. 2004. *Wastewater Engineering :Treatment and Reuse*. 4thed. McGrawHill, NewYork.
- Tan S.T., Ho W.S., Hashim H., Lee T.C., Taib M.R., Ho S.C. 2015. Energy, economic and environmental (3E) analysis of waste-to-energy (WTE) strategies for municipal solid waste (MSW) management in Malasia. *Energy conversion and management*. 102: 111 – 120
- Zonta, Z.J., Kocijan J., Flotats X., Vrecko D. 2012. Muti – criteria analyses of wastewater treatment bio – processes under an uncertainty and multiplicity of steady states. *Water research*. 46: 6121 – 6131



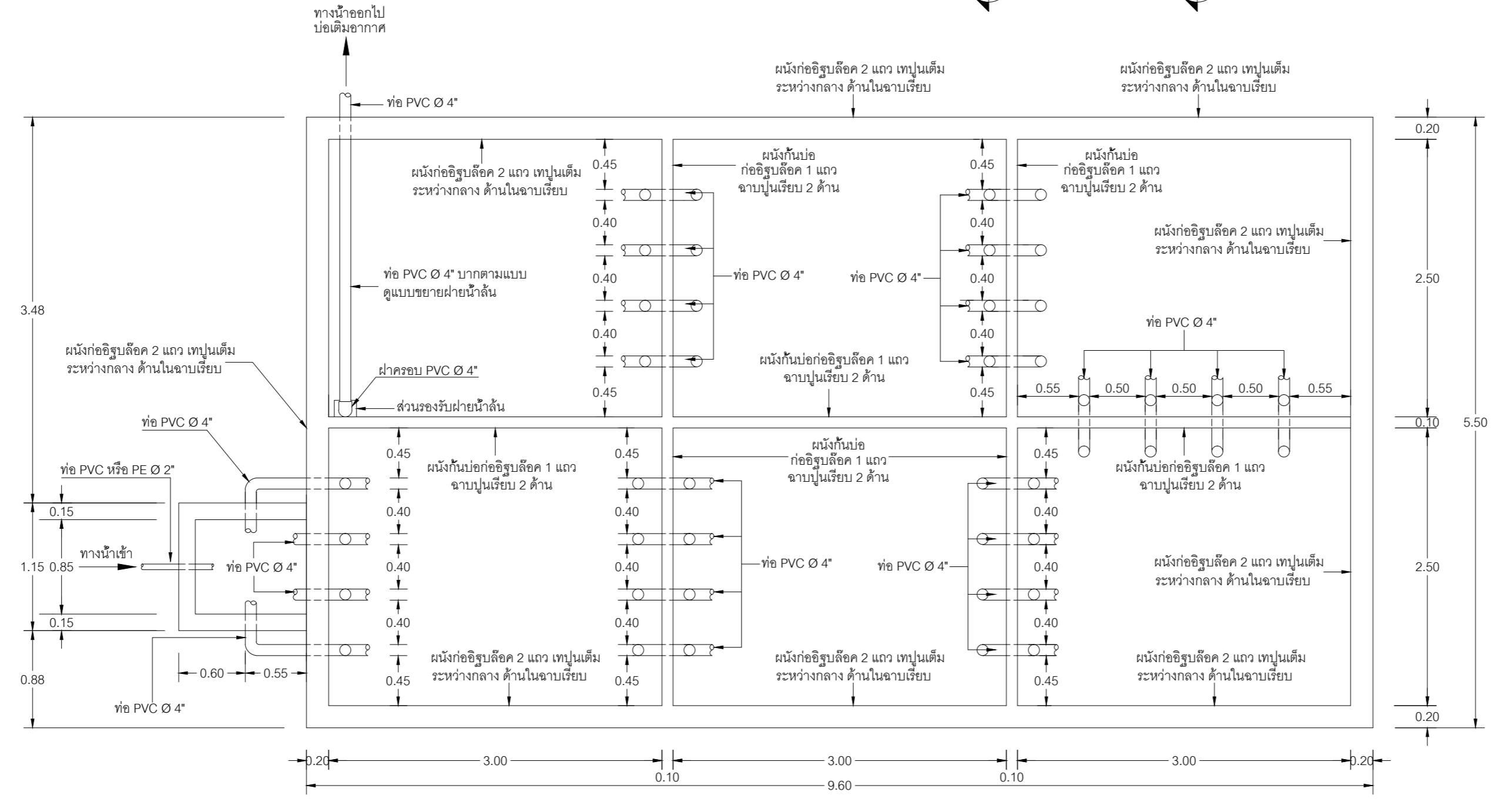
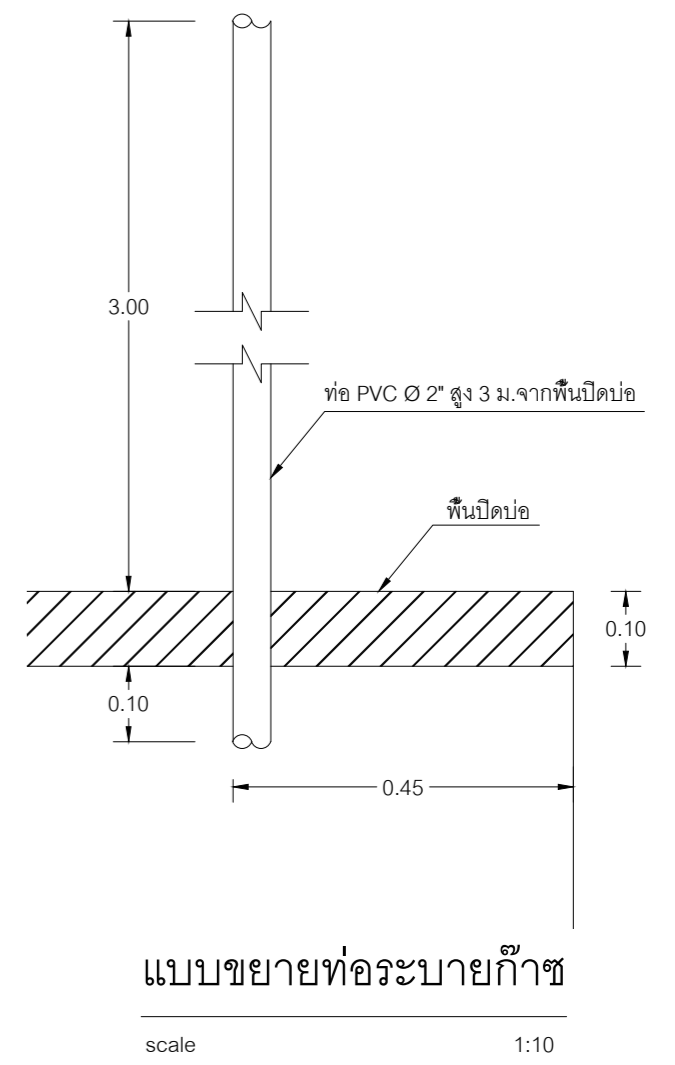
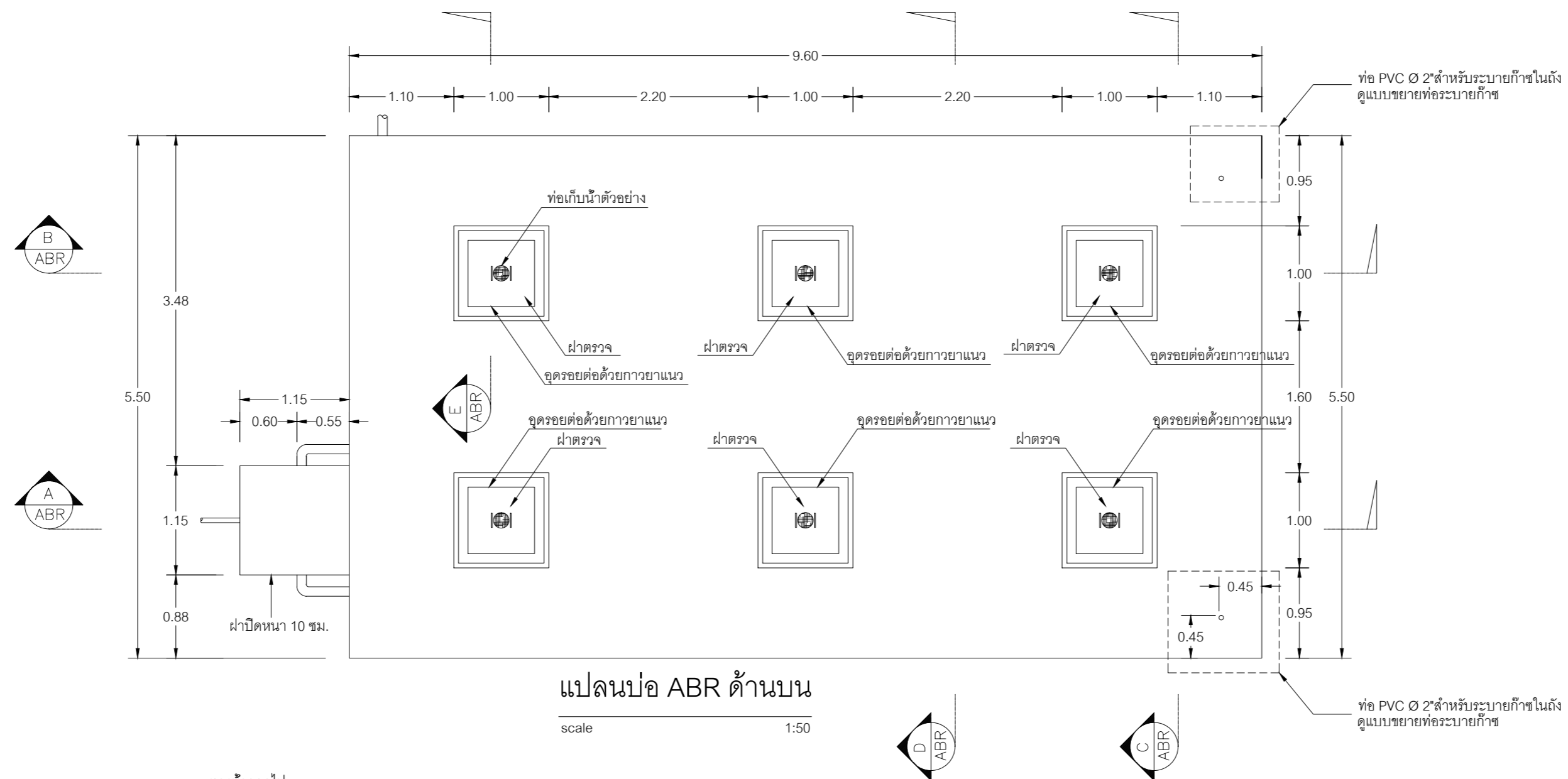
ภาคผนวก ก
แบบแปลนระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ผลิตจากท่อคอนกรีต
สำหรับบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเส้นขนมจีน





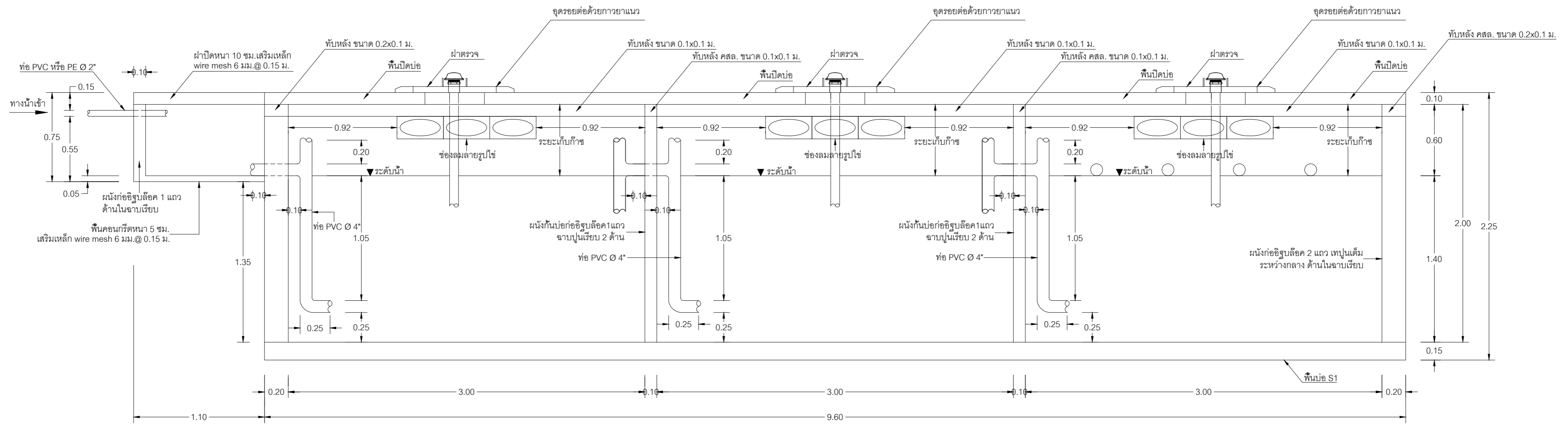
ภาคผนวก ข

แบบ 3 มิติ ระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ผลิตจากถังบรรจุก๊าซ
รถยนต์สำหรับบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเส้นขนมจีนและอุปกรณ์ประกอบ

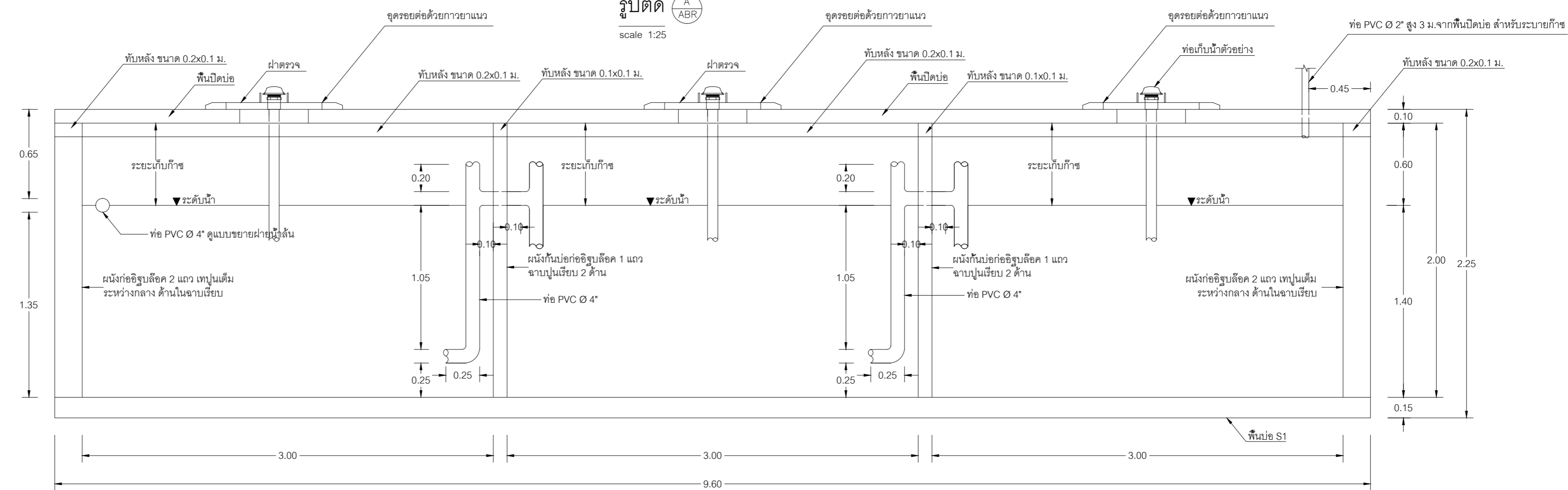


แปลนบ่อ ABR ด้านใน
scale 1:40

แปลนบ่อ Anaerobic Buffed Reactor (ABR) รูปแบบที่ 1	รายการ			โครงการ : ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานทำเส้นขนมจีน	ที่ปรึกษา :	
	1.	แปลนบ่อ ABR ด้านบน	ที่ติดตั้ง :	วิศวกรสิ่งแวดล้อม : นาย เอนก สวาอินทร์ ภส. 2596	ผู้ตรวจสอบ : ผู้อนุมัติ :	
	2.	แปลนบ่อ ABR ด้านใน				
3.	แบบขยายท่อระบายก๊าซ	วิศวกรโยธา :	วัน/เดือน/ปี :			
			เขียนแบบ : น.ส. จิณห์วรา จินดาเพ็ชร ภส. 2717	แผ่นที่ : 8	จำนวน :	File name : ABR-01

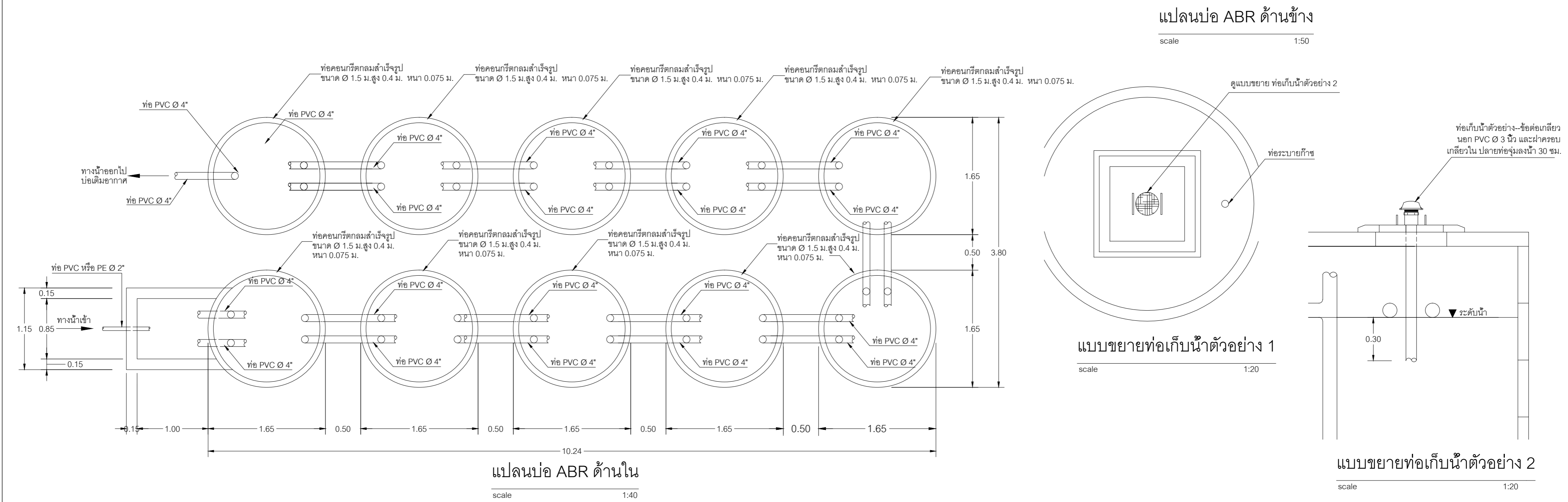
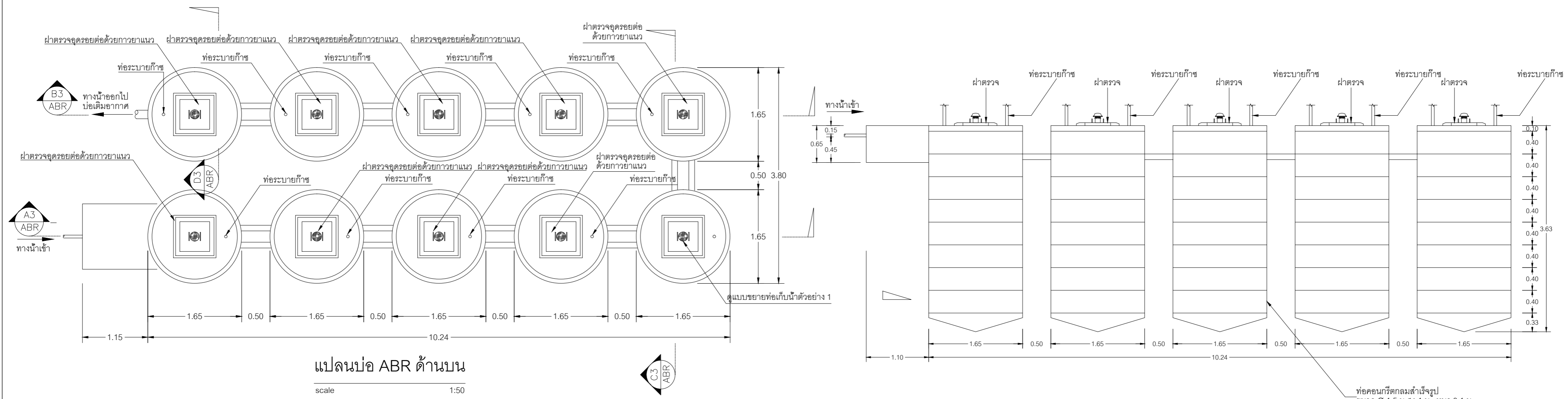


รูปตัด A
scale 1:25

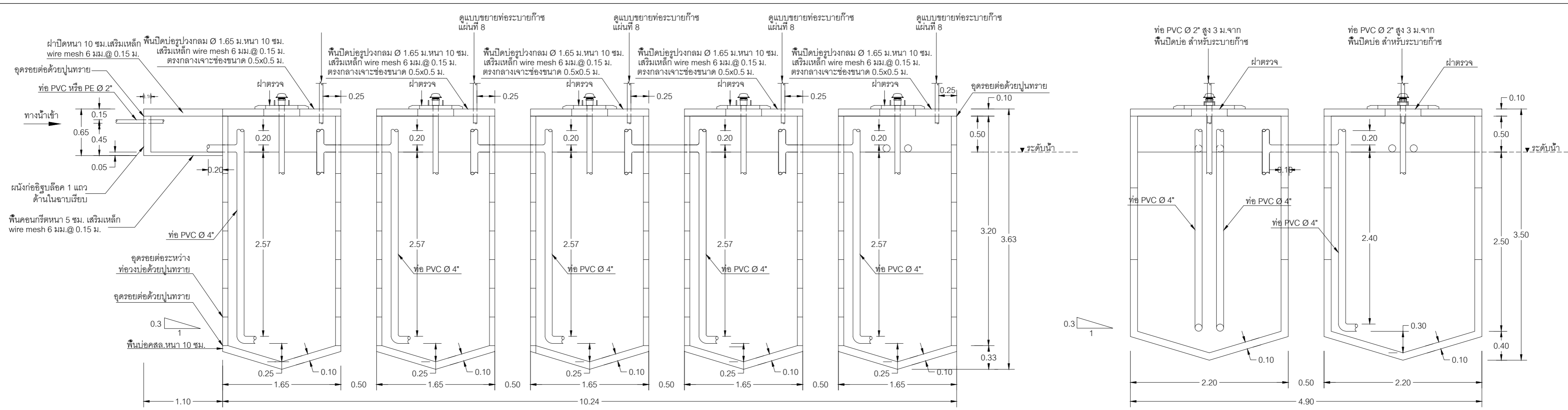


รูปตัด B
scale 1:25

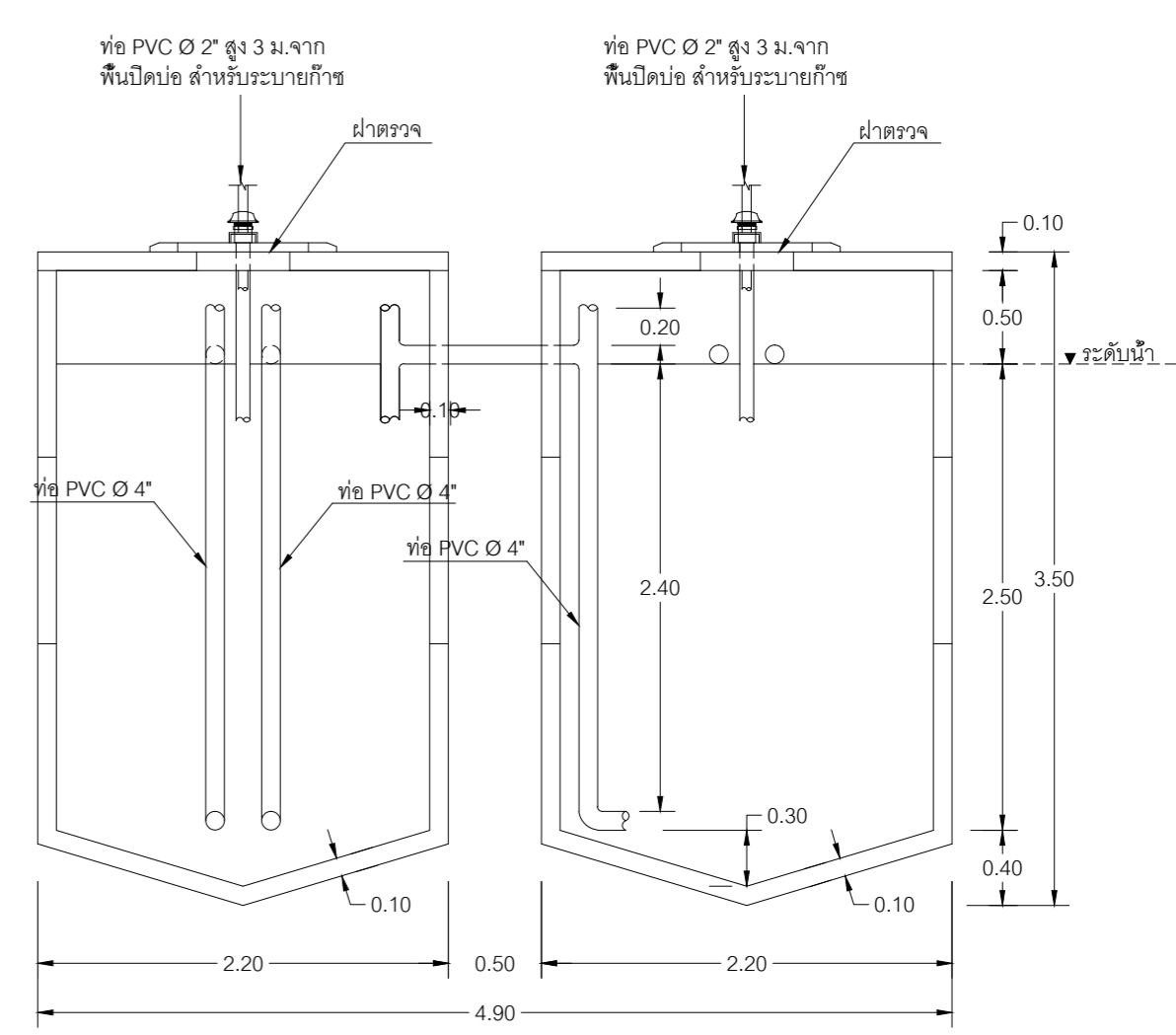
แปลนบ่อ Anaerobic Buffered Reactor (ABR) รูปแบบที่ 1	รายการ			โครงการ : ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานทำเส้นขนมจีน	ที่ปรึกษา :
	1.	รูปตัด A/ABR		ที่ตั้ง :	ที่ทำงาน :
	2.	รูปตัด B/ABR		วิศวกรสิ่งแวดล้อม : นาย เอกก สวาอินทร์ ภส. 2596	ผู้ตรวจสอบ : ผู้อนุมัติ :
				วิศวกรโยธา :	วัน/เดือน/ปี :
				เขียนแบบ : น.ส. จิณห์วรา จินดาเพ็ชร ภส. 2717	แผ่นที่ : 9 จำนวน : File name : ABR-02



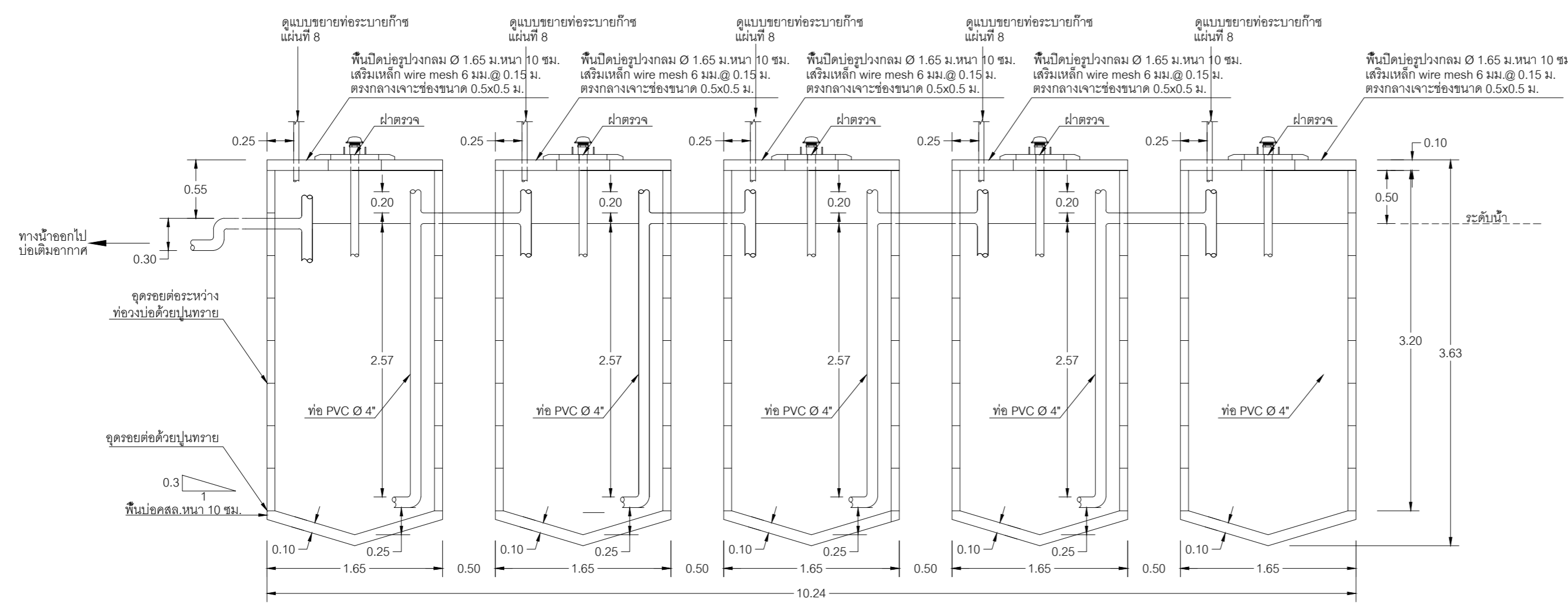
แปลนบ่อ Anaerobic Buffed Reactor (ABR) รูปแบบที่ 2	รายการ			โครงการ : ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานทำเส้นขนมจีน	ที่ปรึกษา :	
	1.	แปลนบ่อ ABR ด้านบน	ที่ตั้ง :	วิศวกรสิ่งแวดล้อม : นาย เอนก สวาอินทร์ ภส. 2596	ผู้ตรวจสอบ :	
	2.	แปลนบ่อ ABR ด้านข้าง				ผู้อนุมัติ :
3.	แปลนบ่อ ABR ด้านใน	วิศวกรโยธา :	วัน/เดือน/ปี :	แผ่นที่ : 8	จำนวน :	
เขียนแบบ : น.ส. จิณห์วรา จินดาเพ็ชร ภส. 2717				จำนวน :	File name : Round-03	



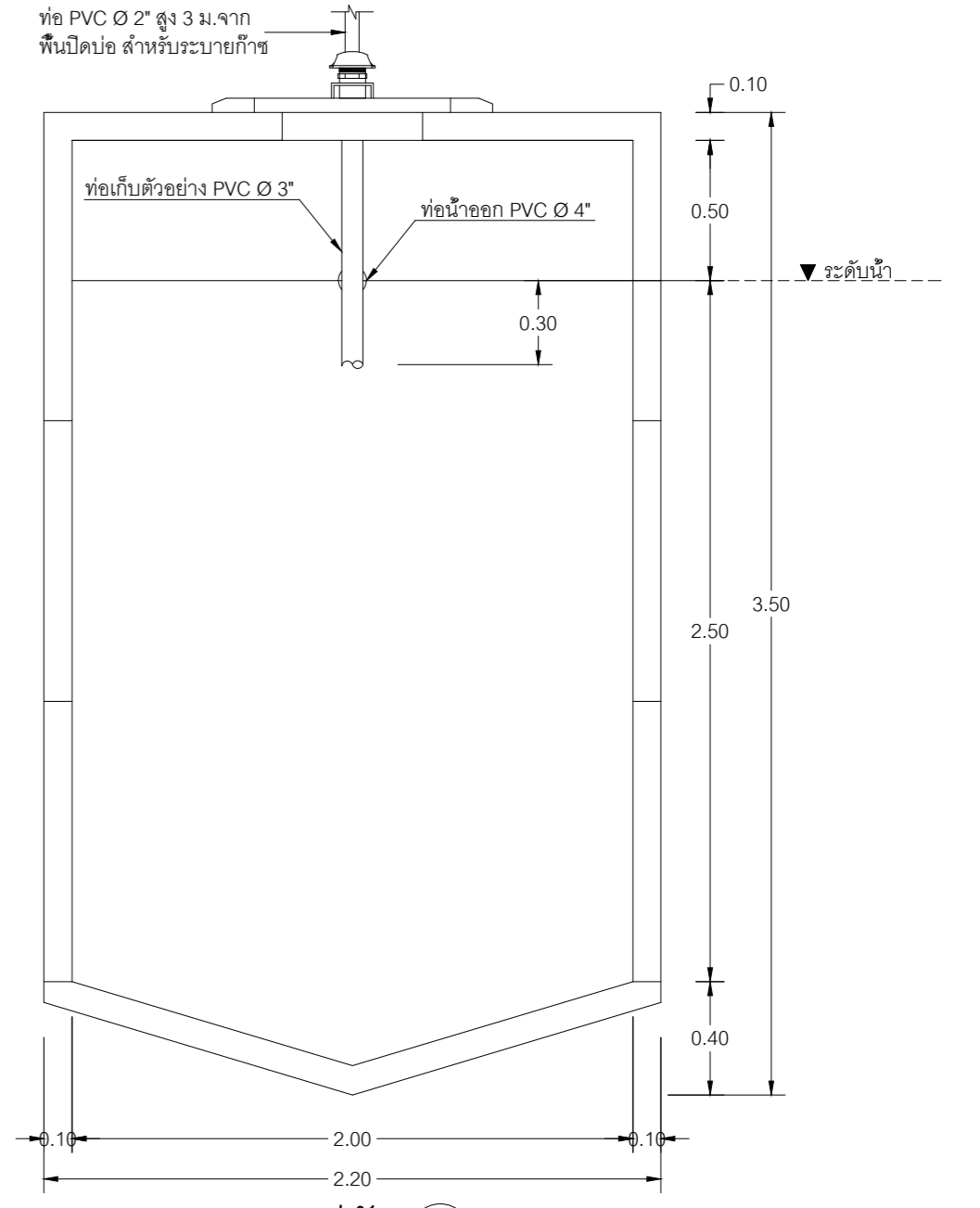
รูปตัด A3 ABR scale 1:40



รูปตัด C3 ABR scale 1:40

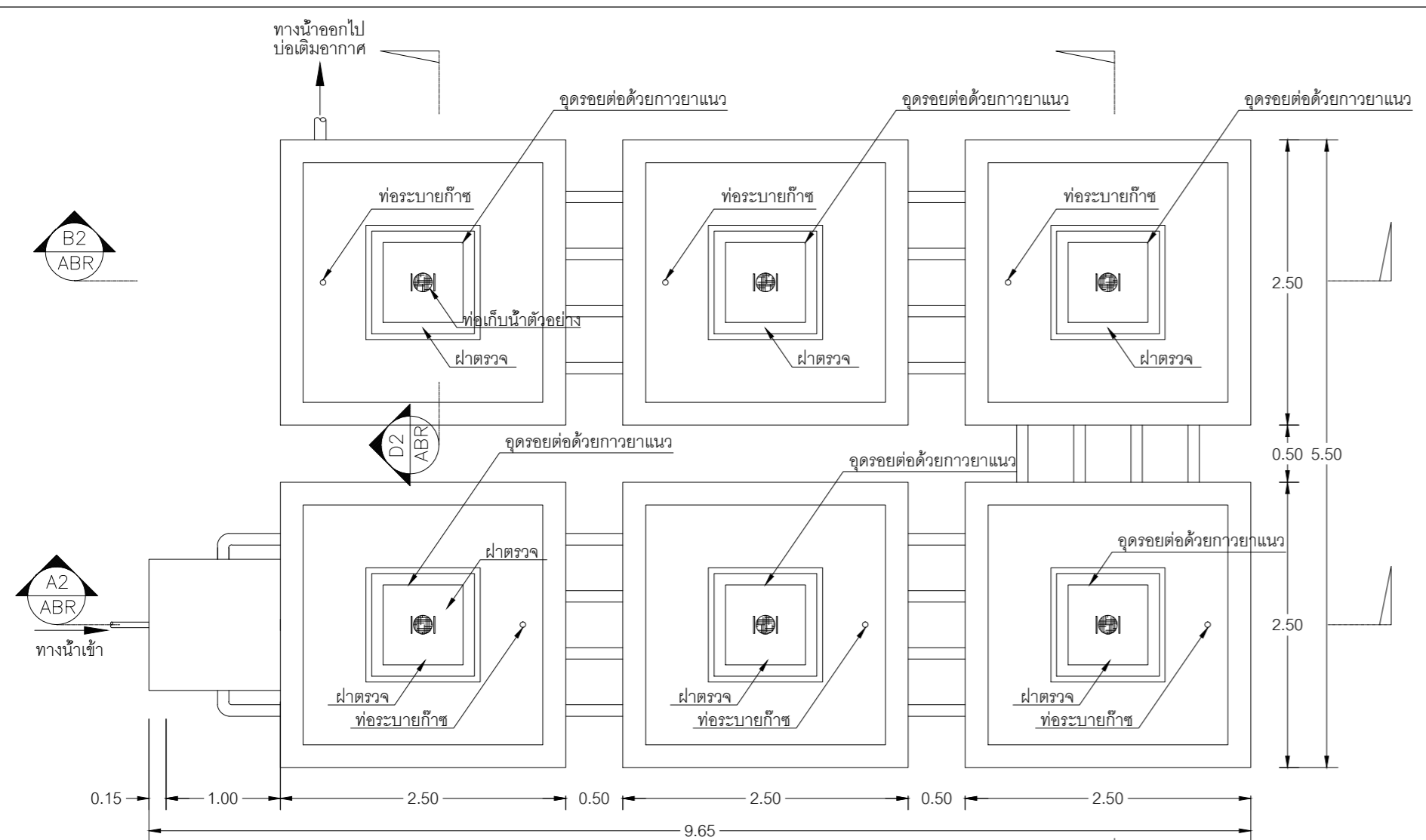


รูปตัด B3 ABR scale 1:40

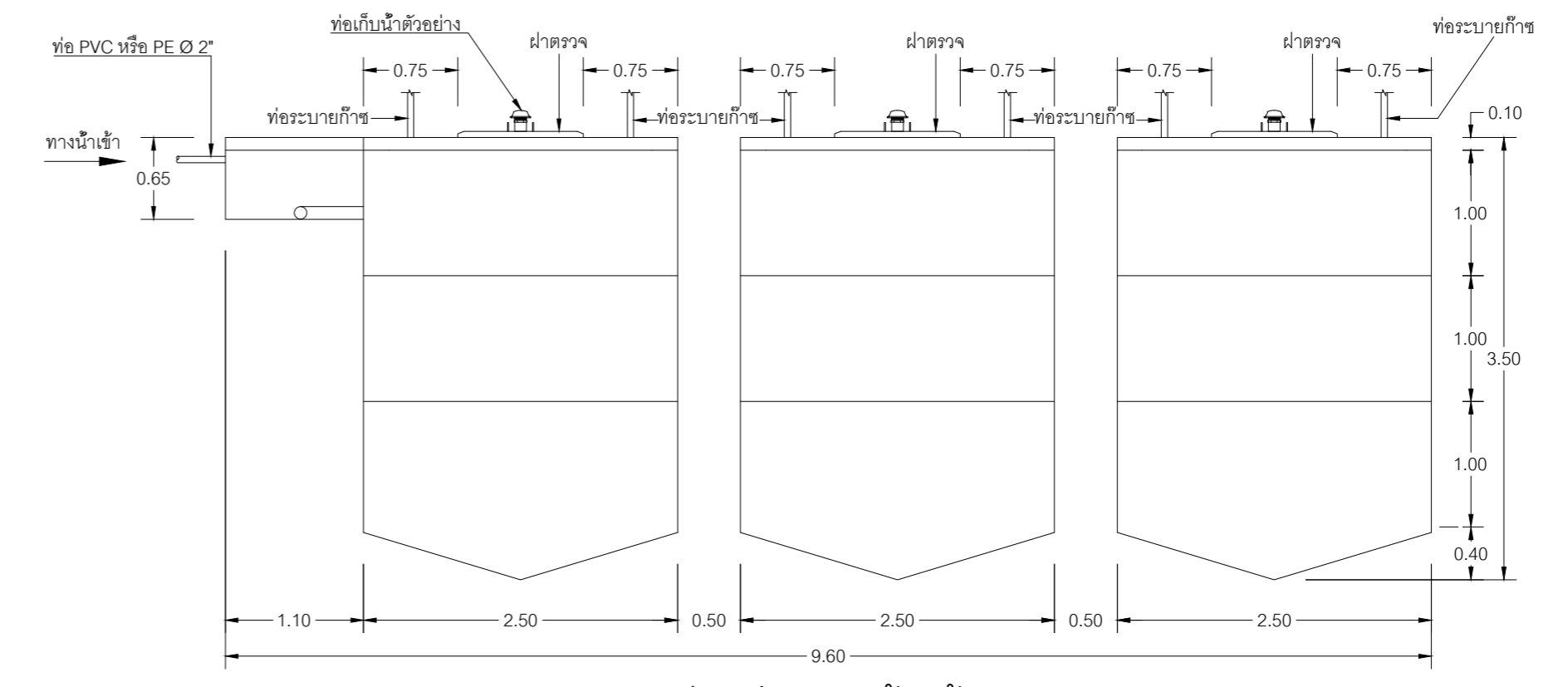


รูปตัด D3 ABR scale 1:25

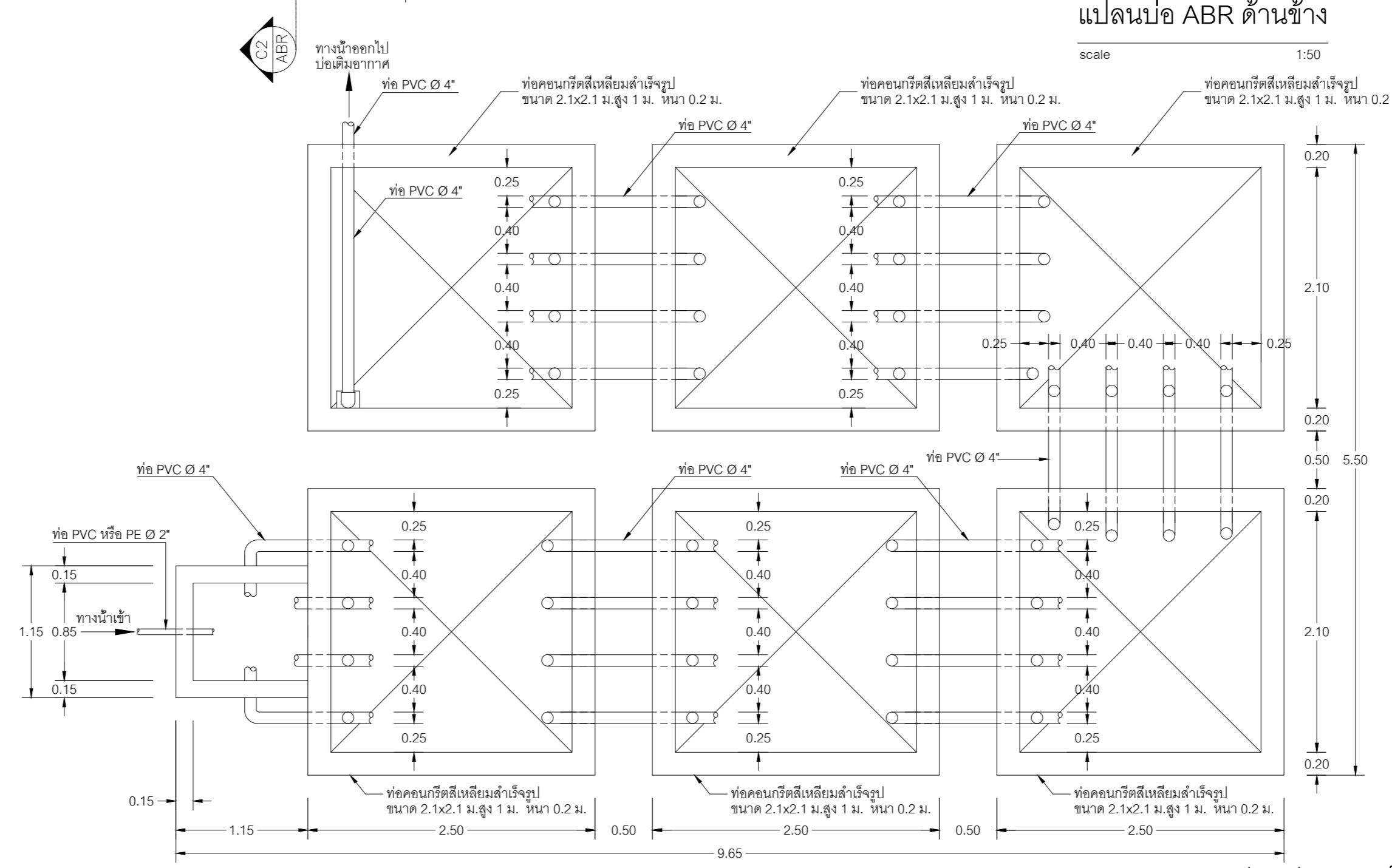
แปลนบ่อ Anaerobic Buffered Reactor (ABR) รูปแบบที่ 2	รายการ			โครงการ : ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานทำเส้นขนมจีน	ที่ปรึกษา :	
	1.	รูปตัด A1 / ABR		ที่ตั้ง :	ที่ทำงาน :	
	2.	รูปตัด B1 / ABR		วิศวกรสิ่งแวดล้อม : นาย เอนก สวาอินทร์ ภส. 2596	ผู้ตรวจสอบ :	ผู้อนุมัติ :
	3.	รูปตัด C1 / ABR		วิศวกรโยธา :	วัน/เดือน/ปี :	
4.	รูปตัด D1 / ABR		เขียนแบบ : น.ส. จิณห์วรา จินดาเพ็ชร ภส. 2717	แผ่นที่ : 9	จำนวน :	File name : Round-04



แปลนบ่อ ABR ด้านบน
scale 1:50

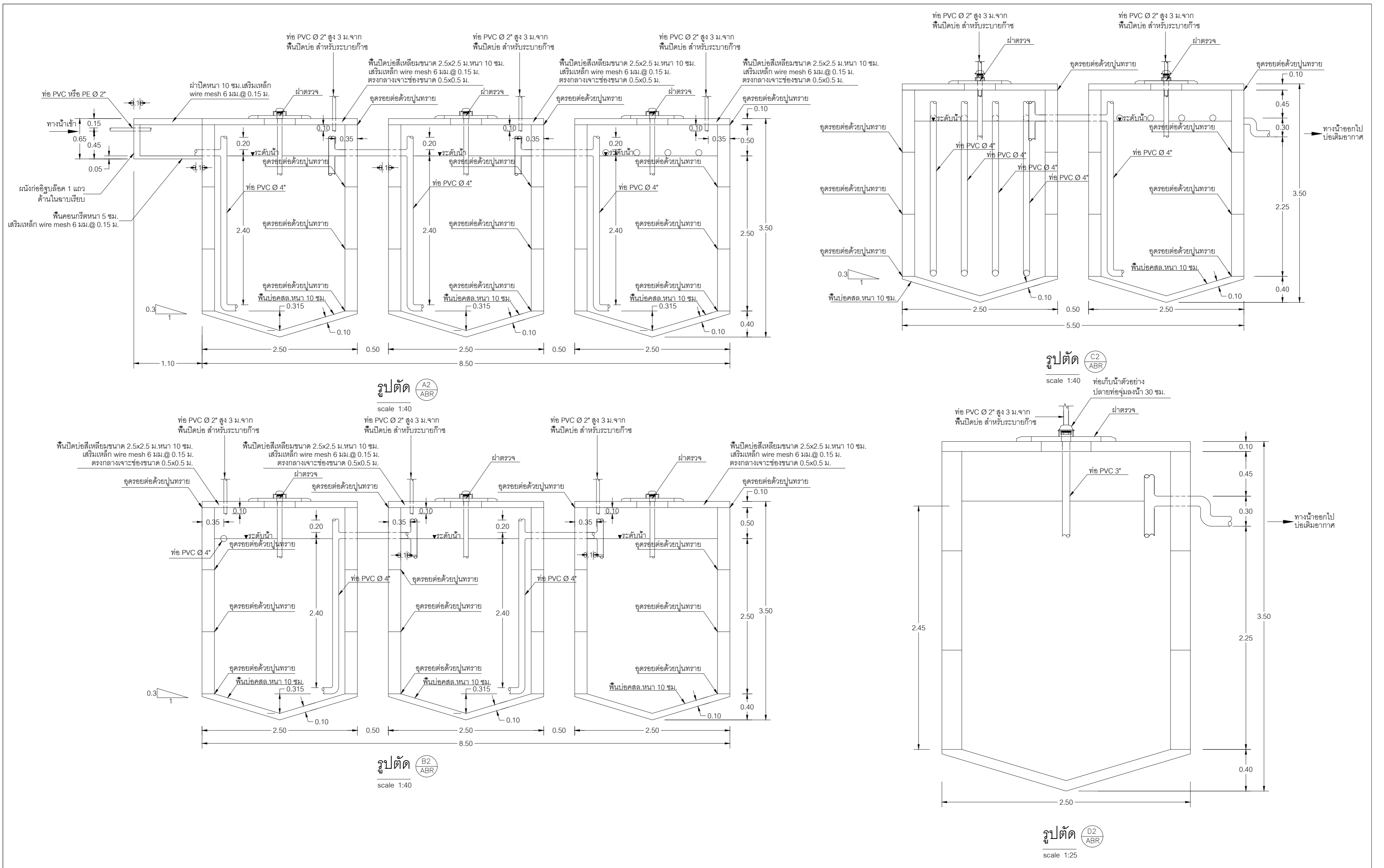


แปลนบ่อ ABR ด้านข้าง
scale 1:50

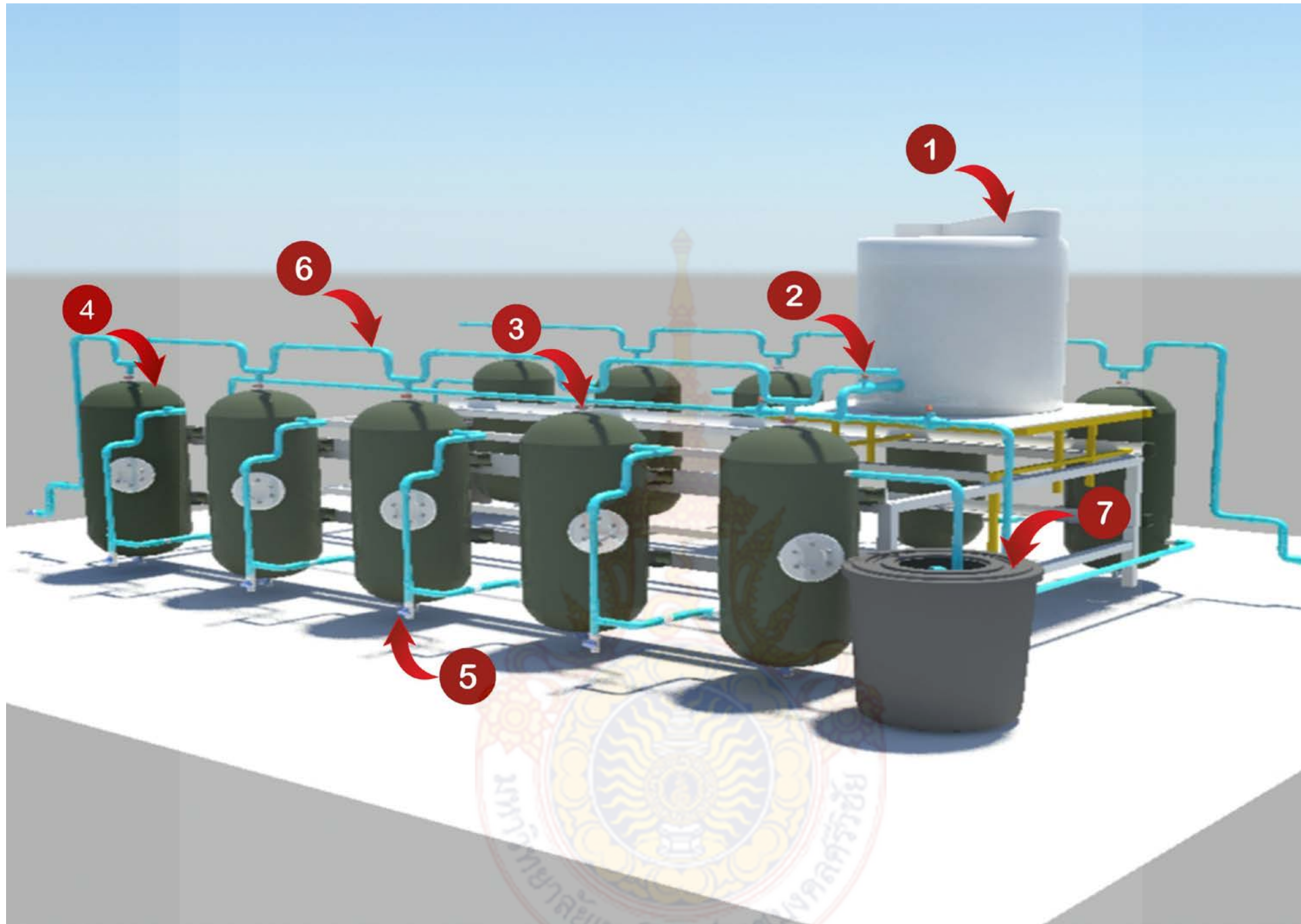


แปลนบ่อ ABR ด้านใน
scale 1:40

แปลนบ่อ Anaerobic Buffed Reactor (ABR) รูปแบบที่ 3	รายการ			โครงการ : ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานทำเส้นขนมจีน	ที่ปรึกษา :
	1.	แปลนบ่อ ABR ด้านบน		ที่ตั้ง :	ที่ทำงาน :
	2.	แปลนบ่อ ABR ด้านข้าง		วิศวกรสิ่งแวดล้อม : นาย เอกก สวาอินทร์ ภส. 2596	ผู้ตรวจสอบ :
	3.	แปลนบ่อ ABR ด้านใน		วิศวกรโยธา :	ผู้อนุมัติ :
				เขียนแบบ : น.ส. จิณห์วรา จินดาเพ็ชร ภส. 2717	วัน/เดือน/ปี :
				แผ่นที่ : 10	จำนวน :
					File name : Rec-01



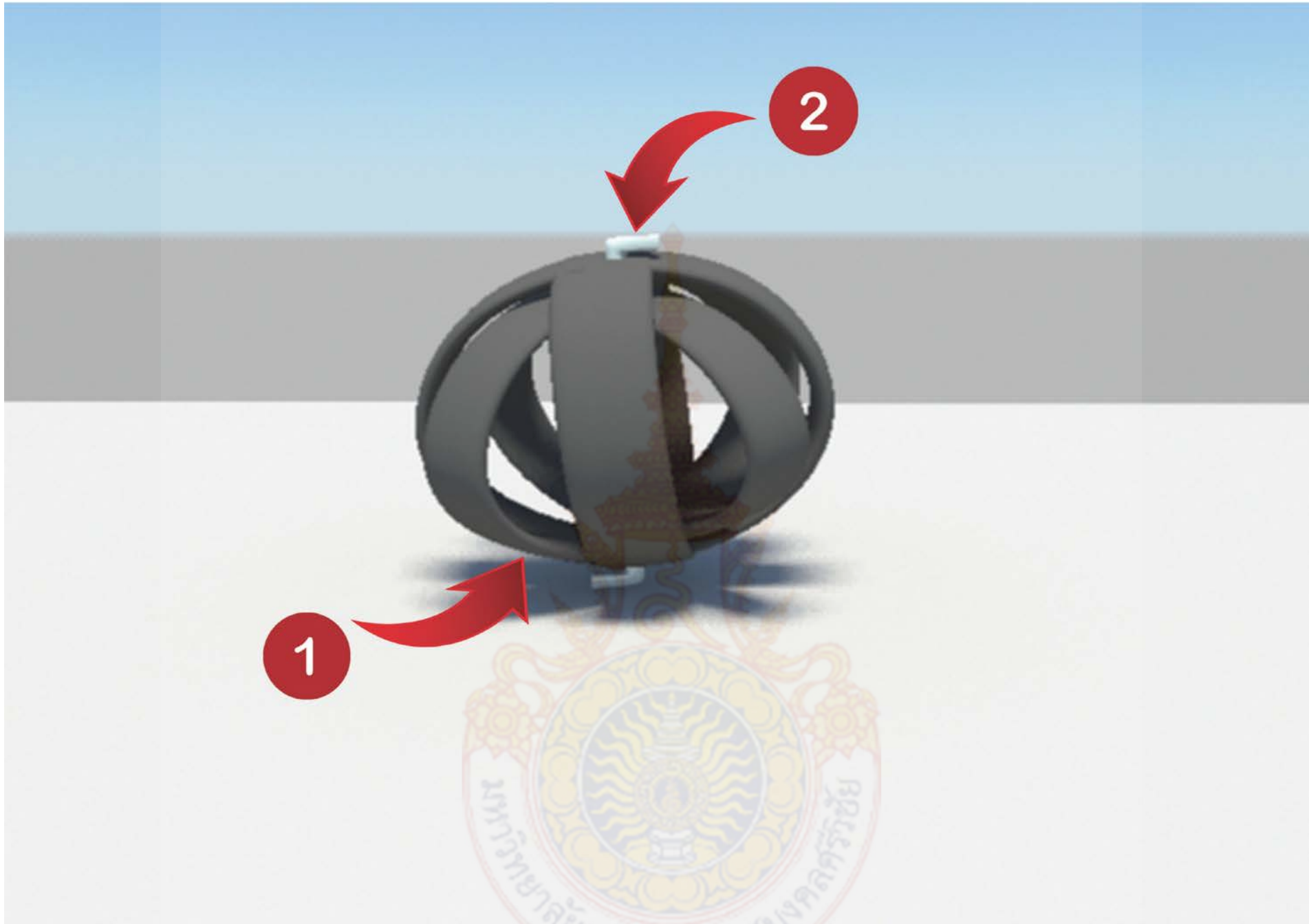
แปลนบ่อ Anaerobic Buffed Reactor (ABR) รูปแบบที่ 3		รายการ		โครงการ : ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานทำเส้นขนมจีน		ที่ปรึกษา :	
	1.	รูปตัด A2/ABR		ที่ตั้ง :			
	2.	รูปตัด B2/ABR		วิศวกรสิ่งแวดล้อม : นาย เอกก สวาอินทร์ ภส. 2596	ผู้ตรวจสอบ :		ผู้อนุมัติ :
	3.	รูปตัด C2/ABR		วิศวกรโยธา :	วัน/เดือน/ปี :		
	4.	รูปตัด D2/ABR		เขียนแบบ : น.ส. จิณห์วรา จินดาเพ็ชร ภส. 2717	แผ่นที่ : 11	จำนวน :	File name : Rec-02



ระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นประยุกต์ (Modified Anaerobic Baffled Reactor; MABR) แบบใช้ถังก้ำาซรถยนต์

รายการ

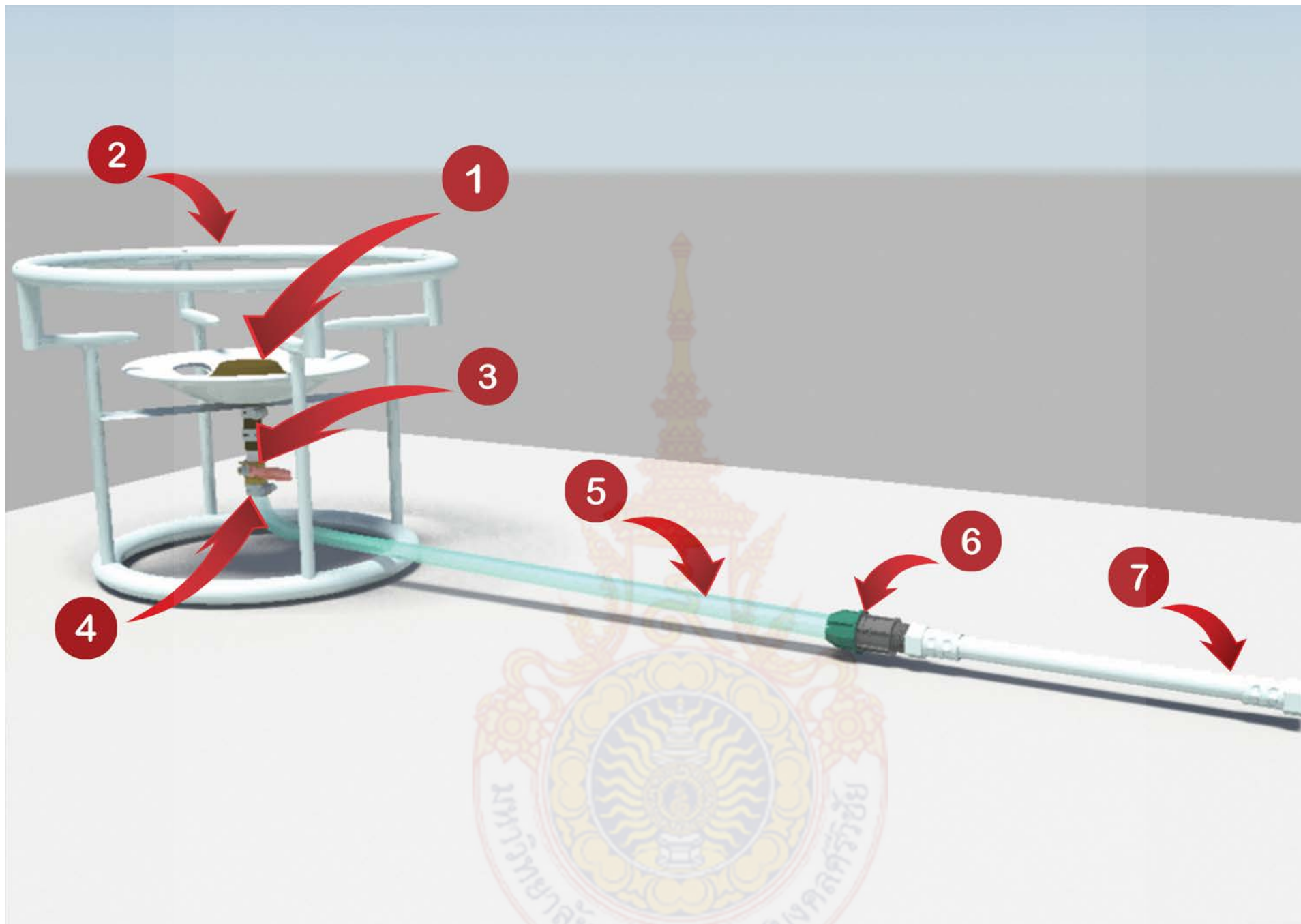
1. ถังเก็บน้ำเสียปริมาตรบรรจุ 200 ลิตร
2. วาล์วควบคุมการปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ถังปฏิกรณ์ไร้อากาศ
3. วาล์วควบคุมการปล่อยก๊าซชีวภาพออกจากถังปฏิกรณ์ไร้อากาศ
4. ถังปฏิกรณ์ไร้อากาศที่ผลิตจากถังก้ำาซรถยนต์
5. วาล์วสำหรับเก็บตัวอย่างน้ำเสีย
6. ระบบท่อนำก๊าซชีวภาพจากถังปฏิกรณ์ไร้อากาศไปใช้ประโยชน์
7. ถังรองรับน้ำเสียที่ปล่อยออกจากระบบ



ตัวกลางรีไซเคิลจากยางในรถจักรยานยนต์สำหรับเสริมประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย

รายการ

1. เส้นยางในรถจักรยานยนต์ ขนาดความกว้าง 1 เซนติเมตร
2. ลวดอลูมิเนียม



ชุดเตาก๊าซชีวภาพแบบประหยัด

รายการ

1. ฝักบัวเตาแก๊สปิกนิก
2. โครงเตาแก๊สปิกนิก
3. บอลวาล์วขนาดเล็ก
4. เข็มขัดรัดสายยาง
5. สายแก๊สหุงต้ม
6. ข้อต่อตรงพีอีล็อคเกลียวนอก
7. สายน้ำดี