บทที่ 4

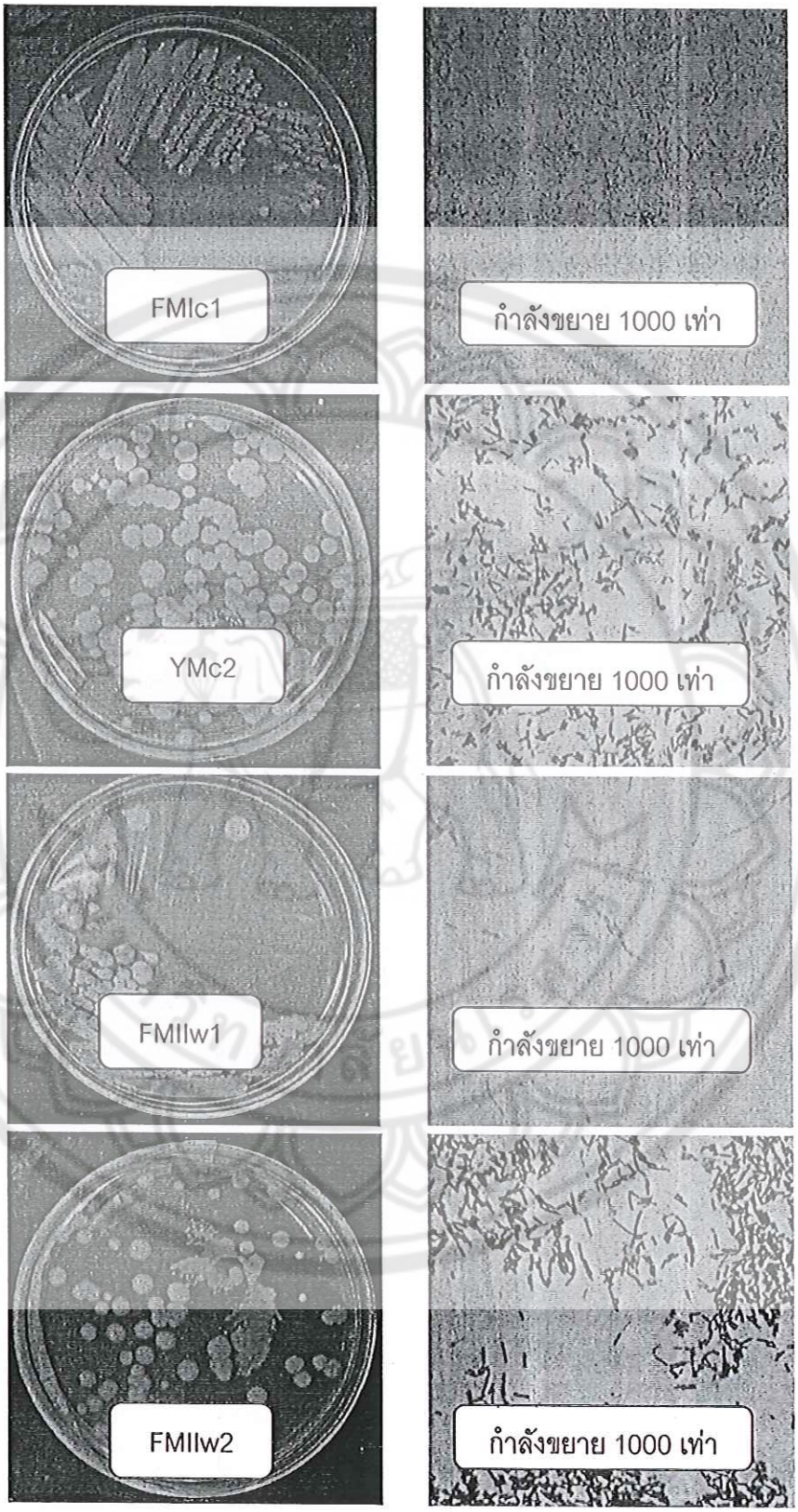
ผลการวิจัย

การคัดแยกสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการใช้ฟอร์มาลดีไฮด์เป็นแหล่งคาร์บอนจากธรรมชาติ

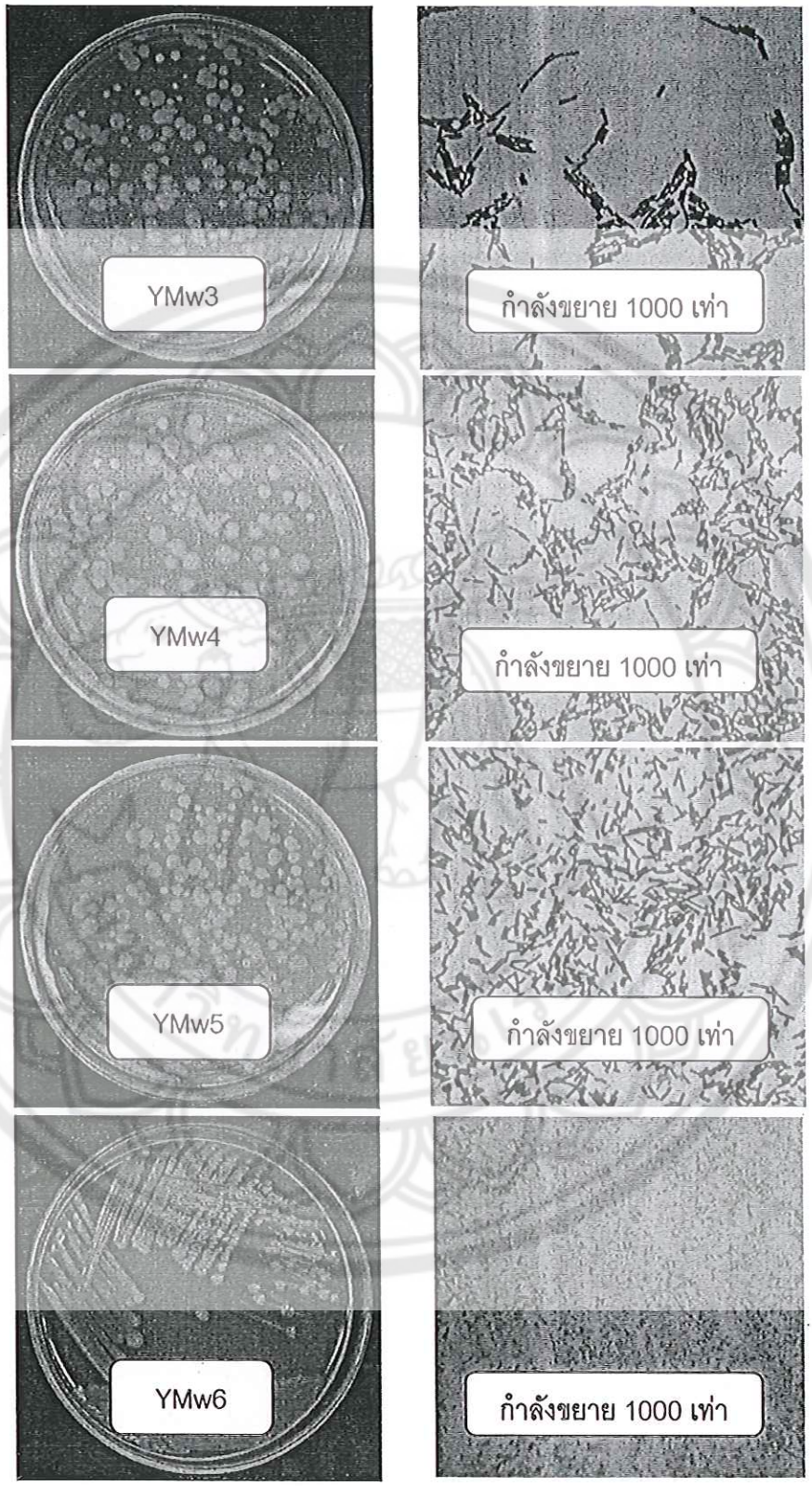
การคัดแยกสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการใช้ฟอร์มาลดีไฮด์เป็นแหล่งคาร์บอน จากแหล่งธรรมชาติ โดยการคัดแยกจุลินทรีย์จากแหล่งธรรมชาติที่มีการปนเปื้อนด้วยฟอร์มาลดีไฮด์ อาทิ จากน้ำยาดองร่างอาจารย์ใหญ่ภายในอาคารดองร่างอาจารย์ใหญ่ น้ำในบ่อพักน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ ดินบริเวณรอบบ่อพักน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนโดยน้ำเสียกรณีเกิดน้ำล้น และตะกอนจุลินทรีย์จากโรงบำบัดน้ำเสียที่มีฟอร์มาลดีไฮด์ปนเปื้อน โดยใช้อาหารในการคัดแยก 3 ชนิด คือ FM I medium FM II medium และ YM medium ให้ผลการคัดแยกแสดงดังตาราง 3 ซึ่งสามารถคัดแยกจุลินทรีย์ได้ทั้งหมด 16 ไอโซเลท ที่มีลักษณะโคโลนีและการติดสีแกรมที่แตกต่างกันดังภาพ 16 และตาราง 5 แบ่งเป็น คัดแยกได้จากน้ำยาดองร่างอาจารย์ใหญ่ 2 ไอโซเลท คือ จากอาหาร FM I medium 1 ไอโซเลท และ YM medium 1 ไอโซเลท จากน้ำในบ่อพักน้ำเสีย 5 ไอโซเลท คือ จากอาหาร FM II medium 2 ไอโซเลท และ YM medium 3 ไอโซเลท จากดินบริเวณรอบบ่อพักน้ำเสีย 4 ไอโซเลท ซึ่งแยกได้จากอาหาร YM medium ทั้ง 4 ไอโซเลท และจากตะกอนจุลินทรีย์โรงบำบัดน้ำเสีย 4 ไอโซเลท ที่แยกได้จากอาหาร FM I medium 2 ไอโซเลท และ YM medium 2 ไอโซเลท โดยจุลินทรีย์ทั้ง 16 ไอโซเลทจะถูกกำหนดรหัสจุลินทรีย์ให้สอดคล้องกับแหล่งที่มาและชนิดของอาหารดังแสดงในตาราง 4

ตาราง 3 จำนวนไอโซเลทที่แยกได้จากแหล่งธรรมชาติที่มีการปนเปื้อนด้วยฟอร์มาลดีไฮด์ จำแนกตามแหล่งอาหารและแหล่งตัวอย่าง

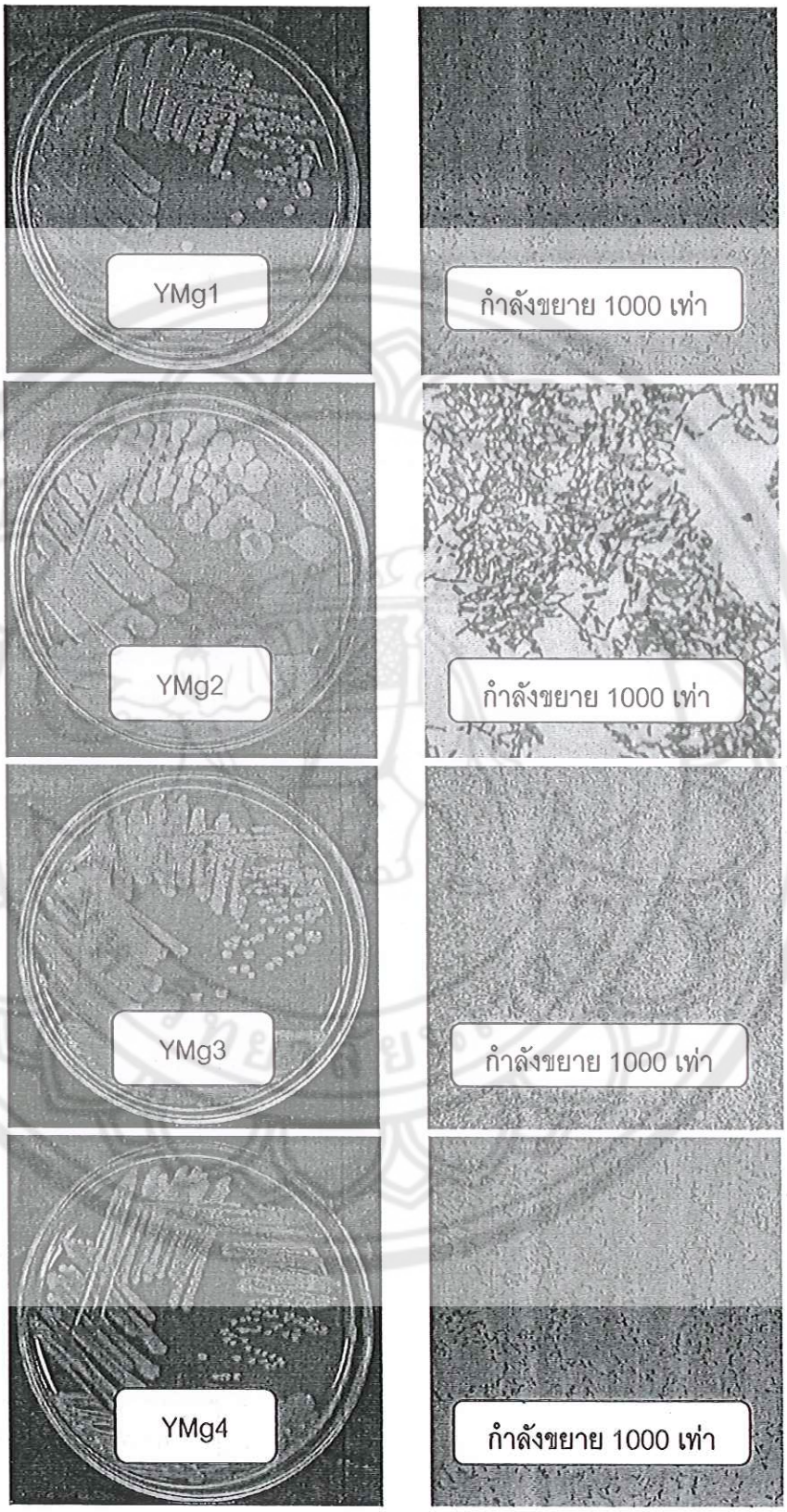
อาหารเลี้ยงเชื้อ	น้ำยาดองร่างอาจารย์ใหญ่	น้ำในบ่อพักน้ำเสีย	ดินรอบบ่อพักน้ำเสีย	ตะกอนจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสีย
FM I medium	1 ไอโซเลท	-	-	2 ไอโซเลท
FM II medium	-	2 ไอโซเลท	-	-
YM medium	1 ไอโซเลท	4 ไอโซเลท	4 ไอโซเลท	2 ไอโซเลท



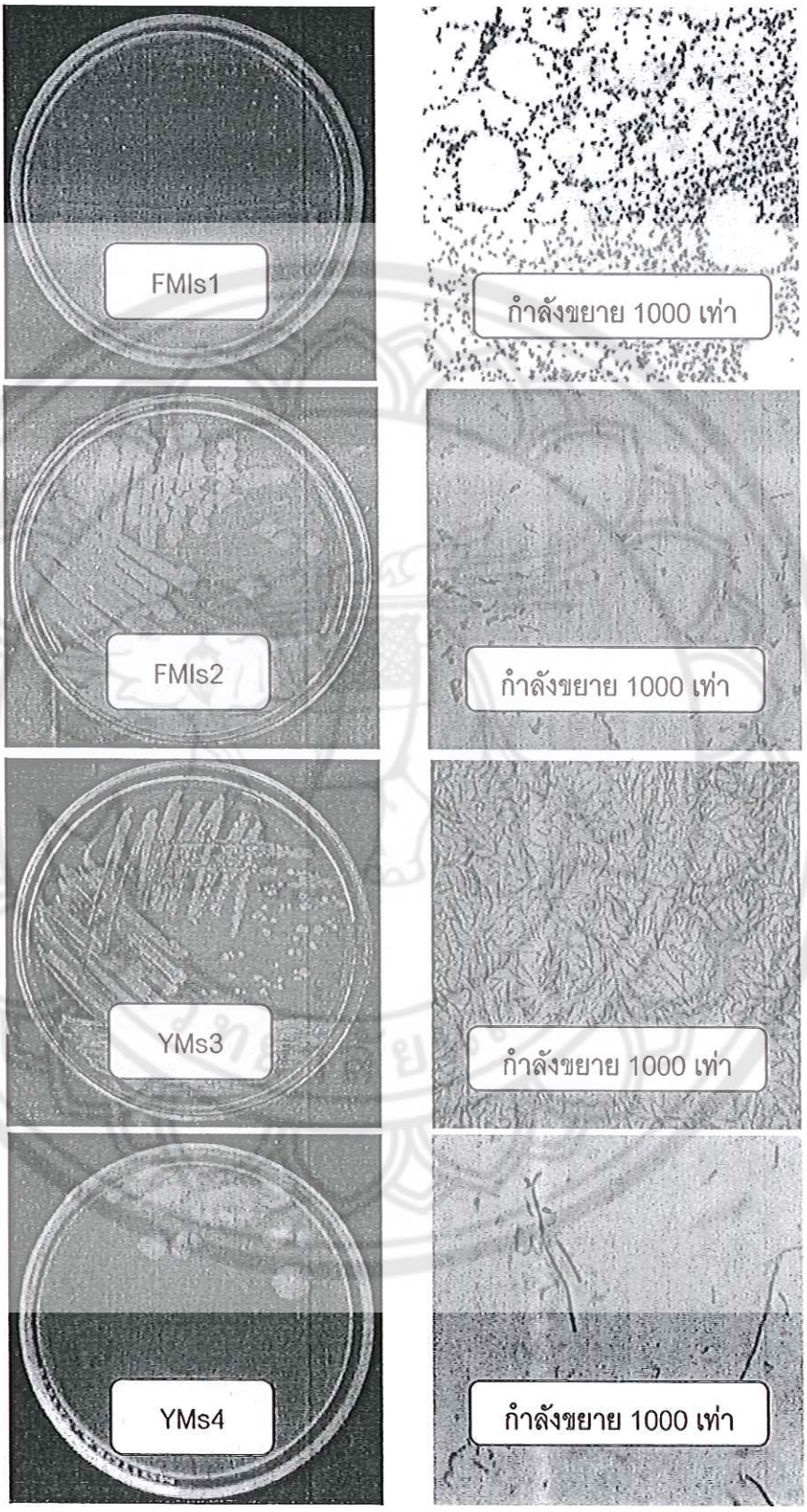
ภาพ 16 ลักษณะโคโลนีที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์และการติดสีแกรมของจุลินทรีย์ที่คัดแยกได้


YMw3
กำลังขยาย 1000 เท่า
YMw4
กำลังขยาย 1000 เท่า
YMw5
กำลังขยาย 1000 เท่า
YMw6
กำลังขยาย 1000 เท่า

ภาพ 16 (ต่อ)


YMg1
กำลังขยาย 1000 เท่า
YMg2
กำลังขยาย 1000 เท่า
YMg3
กำลังขยาย 1000 เท่า
YMg4
กำลังขยาย 1000 เท่า

ภาพ 16 (ต่อ)


FMIs1
กำลังขยาย 1000 เท่า
FMIs2
กำลังขยาย 1000 เท่า
YMs3
กำลังขยาย 1000 เท่า
YMs4
กำลังขยาย 1000 เท่า

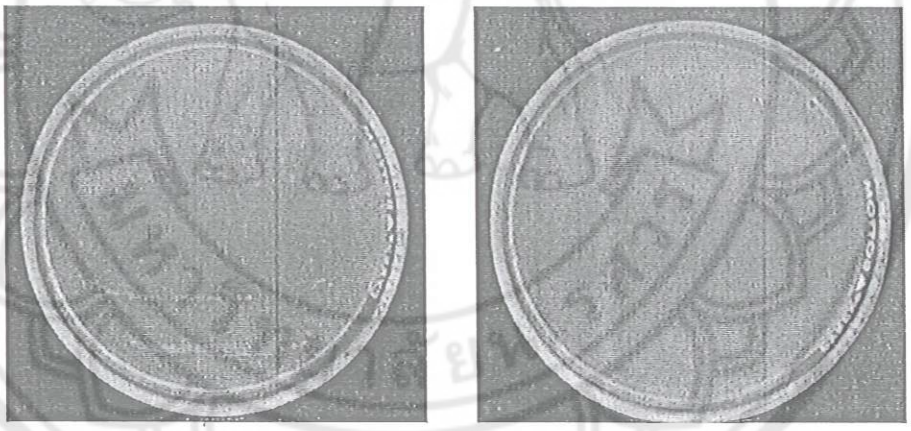
ภาพ 16 (ต่อ)

ตาราง 5 ลักษณะการเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อและรูปร่างของเซลล์ของจุลินทรีย์ที่แยกได้จากธรรมชาติ

รหัส	ลักษณะการเจริญ บนอาหารเลี้ยงเชื้อ	การติด สีแกรม	รูปร่างและ การจัดเรียงตัว
FMlc1	โคโลนีกลม นูน ผิวมัน ขอบเรียบ	แกรมลบ	รูปท่อนสั้น อยู่เป็นเซลล์เดี่ยว
YMc2	โคโลนีสีขาวครีม แบน ขอบเรียบ ผิวหน้ามันไม่มาก ไม่เยิ้ม	แกรมบวก	รูปท่อน อยู่เป็นเซลล์เดี่ยว
FMllw1	โคโลนีสีขาวครีม แบน ขอบเรียบ	แกรมบวก	รูปท่อน อยู่เป็นคู่
FMllw2	โคโลนีสีขาวครีม นูน	แกรมบวก	เซลล์มีขนาดใหญ่รูปท่อน อยู่กันเป็นคู่
YMw3	โคโลนีสีขาวครีม นูน ผิวหน้ามัน	แกรมบวก	รูปท่อน ต่อกันเป็นสาย
YMw4	โคโลนีสีขาวครีม นูน ผิวหน้ามัน เยิ้ม	แกรมบวก	รูปท่อน อยู่เป็นคู่
YMw5	โคโลนีสีขาวครีม แบน ขอบเรียบ ผิวหน้าไม่มัน โคโลนีไม่กลม	แกรมบวก	รูปท่อน อยู่เป็นเซลล์เดี่ยว
YMw6	โคโลนีสีครีม กลม นูน มีจุดสีน้ำตาลเข้มตรงกลางโคโลนี	แกรมลบ	รูปท่อนสั้น อยู่เป็นเซลล์เดี่ยว
YMg1	โคโลนีใหญ่ สีครีม นูน ขอบเรียบ	แกรมลบ	รูปท่อนสั้น อยู่เป็นเซลล์เดี่ยว
YMg2	โคโลนีสีครีม กลม นูน	แกรมบวก	รูปท่อน อยู่เป็นคู่ มีเม็ดเล็กๆ เกาะที่ผิวเซลล์
YMg3	โคโลนีสีครีมเข้ม กลม นูน ผิวหน้ามัน ขอบเรียบ	แกรมลบ	รูปท่อนสั้น อยู่เป็นเซลล์เดี่ยว
YMg4	โคโลนีกลมนูน ผิวมัน ขอบเรียบ สีครีม มีจุดสีดำตรงกลาง	แกรมลบ	รูปท่อนสั้น อยู่เดี่ยวๆ หรือคู่
FMls1	โคโลนีขนาดเล็ก สีแดง กลม นูน	แกรมลบ	รูปท่อนสั้น อยู่เดี่ยวๆ
FMls2	โคโลนีขนาดใหญ่ สีขาวครีม ผิวหน้ามัน ขอบเรียบ	แกรมบวก	รูปท่อนสั้น อยู่เป็นคู่
YMs3	โคโลนีสีครีม นูน ขนาดเล็ก ขอบเรียบ ไม่มัน เจริญช้ามาก	แกรมลบ	รูปท่อนยาว ปลายเรียว ต่อกันเป็นสายยาว
YMs4	โคโลนีขนาดใหญ่ สีขาวครีม ผิวหน้ามันวาว	แกรมบวก	รูปท่อน อยู่เป็นเซลล์เดี่ยว หรือต่อกันเป็นสาย

การคัดเลือกสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการทนต่อความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ที่สูงที่สุด

จากการคัดเลือกสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการทนต่อความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ที่สูงที่สุดโดยสังเกตจากการเจริญของจุลินทรีย์ทั้ง 16 ไอโซเลท บนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ (ภาพ 17) ให้ผลการทดสอบแสดงดังตาราง 6 โดยพบว่ามีจุลินทรีย์จำนวน 6 ไอโซเลท คือ FMIIw1 FMIIw2 YMw3 YMw4 FMIs2 และ YMs4 ที่สามารถเจริญได้บนอาหารเลี้ยงเชื้อทดสอบที่มีความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในอาหารสูงสุด 900 มิลลิกรัม/ลิตร มี 1 ไอโซเลท คือ YMg2 ที่สามารถเจริญได้บนอาหารเลี้ยงเชื้อทดสอบที่มีความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในอาหารสูงสุด 1,050 มิลลิกรัม/ลิตร มี 2 ไอโซเลท คือ YMc2 และ YMw5 ที่สามารถเจริญได้บนอาหารเลี้ยงเชื้อทดสอบที่มีความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในอาหารสูงสุด 1,200 มิลลิกรัม/ลิตร และมี 7 ไอโซเลท คือ FMIc1 YMw6 YMg1 YMg3 YMg4 FMIs1 และ YMs3 ที่สามารถเจริญได้บนอาหารเลี้ยงเชื้อทดสอบที่มีความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในอาหารสูงสุด 1,500 มิลลิกรัม/ลิตร



ภาพ 17 ลักษณะการเจริญและไม่เจริญของจุลินทรีย์บนอาหารทดสอบในการคัดเลือกสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการทนต่อความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ที่สูงที่สุด

ตาราง 6 ผลการคัดเลือกสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการทนต่อความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ที่สูงที่สุด

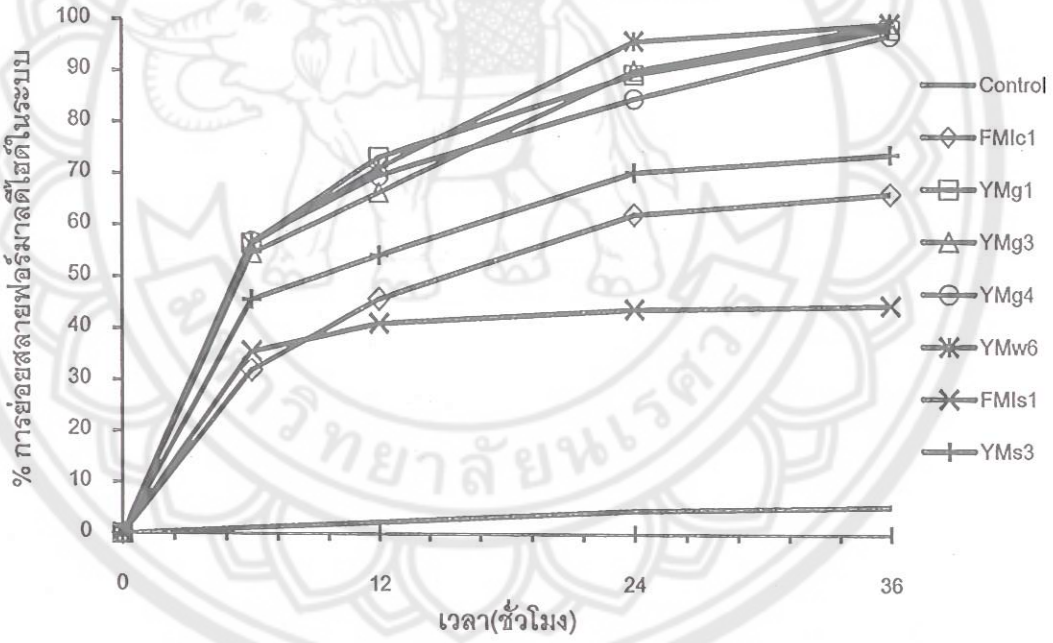
รหัสจุลินทรีย์	ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ(มิลลิกรัม/ลิตร)								
	300	450	600	750	900	1,050	1,200	1,350	1,500
FMIc1	+	+	+	+	+	+	+	+	+
YMc2	+	+	+	+	+	+	+	-	-
FMIIw1	+	+	+	+	+	-	-	-	-
FMIIw2	+	+	+	+	+	-	-	-	-
YMw3	+	+	+	+	+	-	-	-	-
YMw4	+	+	+	+	+	-	-	-	-
YMw5	+	+	+	+	+	+	+	-	-
YMw6	+	+	+	+	+	+	+	+	+
YMg1	+	+	+	+	+	+	+	+	+
YMg2	+	+	+	+	+	+	-	-	-
YMg3	+	+	+	+	+	+	+	+	+
YMg4	+	+	+	+	+	+	+	+	+
FMIs1	+	+	+	+	+	+	+	+	+
FMIs2	+	+	+	+	+	-	-	-	-
YMs3	+	+	+	+	+	+	+	+	+
YMs4	+	+	+	+	+	-	-	-	-

หมายเหตุ: + คือ มีการเจริญ, - คือ ไม่มีการเจริญ

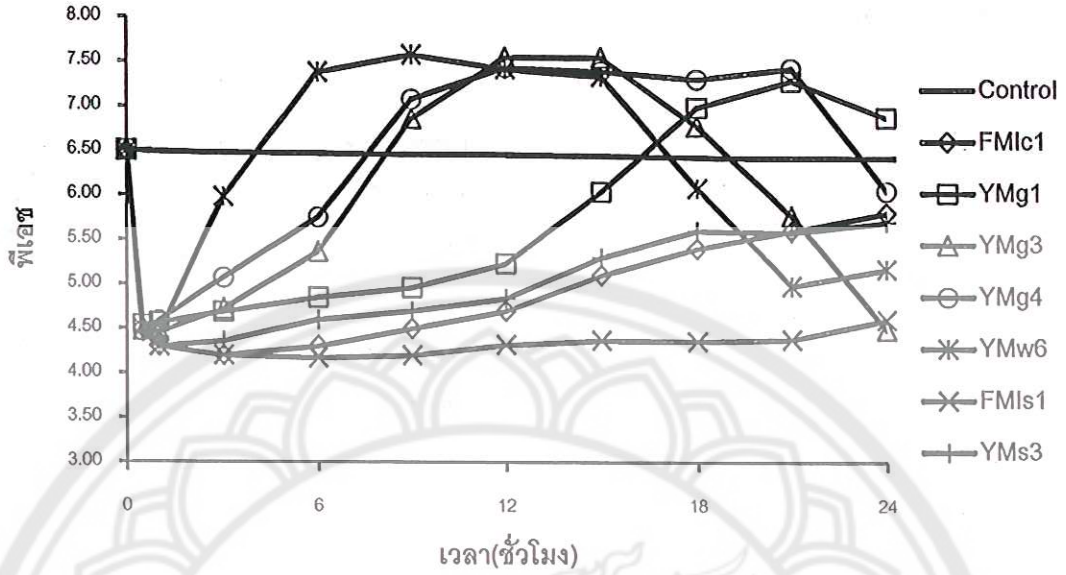
การคัดเลือกสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่ดีที่สุด

จากการทดสอบประสิทธิภาพการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์ทั้ง 7 ไอโซเลทเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่ดีที่สุด โดยการนำมาเลี้ยงในน้ำเสียจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่และมีการเติมสารอาหารเพิ่มลงไปตามสูตรอาหาร FMII ให้ผลดังภาพ 18 เห็นได้ว่าผลของประสิทธิภาพการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์

ของจุลินทรีย์ทุกไอโซเลทจะมีประสิทธิภาพดีที่สุดในช่วงเริ่มต้นการทดสอบที่ 6 ชั่วโมงแรก และจะค่อยๆ มีเปอร์เซนต์การย่อยสลายเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการทดสอบเพิ่มขึ้นในจุลินทรีย์ FMlc1 YMg1 YMg3 YMg4 YMw6 และ YMs3 แต่มีเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายคงที่ในจุลินทรีย์ FMls1 ผลที่ได้ทำให้สามารถคัดเลือกจุลินทรีย์ได้ 4 ไอโซเลท คือ YMg1 YMg3 YMg4 และ YMw6 ที่มีประสิทธิภาพการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ได้สูงกว่า 90% เมื่อเวลาในการทดสอบผ่านไป 36 ชั่วโมง และจากภาพ 19 ที่แสดงการติดตามการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในระบบ พบว่าทุกชุดที่ทำการทดสอบมีการเปลี่ยนแปลงพีเอชลดลงเมื่อเทียบกับชุดทดสอบควบคุม (control) จากพีเอช 6.50 เหลือประมาณ 4.50 ในช่วง 30 นาทีแรกของการทดสอบ และจะค่อยๆมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการทดสอบเพิ่มขึ้นในจุลินทรีย์ FMlc1 YMg1 YMg3 YMg4 YMw6 และ YMs3 แต่มีค่าคงที่ในจุลินทรีย์ FMls1



ภาพ 18 ประสิทธิภาพการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ที่ความเข้มข้น 1,500 มิลลิกรัม/ลิตร



ภาพ 19 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในระบบทดสอบในการทดสอบประสิทธิภาพการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ที่ความเข้มข้น 1,500 มิลลิกรัม/ลิตร

ตาราง 7 แสดงผลของการทดสอบประสิทธิภาพการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ของจุลินทรีย์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของฟอร์มาลดีไฮด์ 1,500 มิลลิกรัม/ลิตร ในสภาวะความเป็นกรดที่พีเอชต่างๆ ที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่าประสิทธิภาพการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 4 ไอโซเลทให้ผลใกล้เคียงกันที่พีเอชเริ่มต้นของการทดสอบเท่ากับ 5.5 6.0 และ 6.5 คือทุกไอโซเลทมีประสิทธิภาพการย่อยสลายได้มากกว่า 98% ส่วนที่พีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4.5 และ 5.0 เชื้อจุลินทรีย์ YMw6, YMg1 และ YMg4 มีประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ในช่วงมากกว่า 97-99% และเชื้อ YMg3 มีประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ลดลงเป็น 53.79 และ 78.48% ตามลำดับ ส่วนที่พีเอชเริ่มต้นของการทดสอบเท่ากับ 4.0 เชื้อจุลินทรีย์ YMw6 และ YMg4 ยังคงมีประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ดีโดยมีประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ถึง 99.22 และ 97.99% ตามลำดับ ขณะที่ YMg3 และ YMg4 มีประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ลดลงเป็น 26.85 และ 74.64% ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำประสิทธิภาพการย่อยสลายของเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 4 ไอโซเลทมาเปรียบเทียบกัน ทำให้พบว่ามีเพียงจุลินทรีย์ YMw6 เท่านั้นที่มีประสิทธิภาพการย่อยสลายได้สูงกว่า 99% ในทุกค่าพีเอชที่ใช้ในการทดสอบ ดังนั้นจากผลการทดสอบที่ได้จุลินทรีย์ ไอโซเลท YMw6 จึงถูกคัดเลือกให้เป็นจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการทนต่อฟอร์มาลดีไฮด์ได้ดีและมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ได้ดีที่สุดและถูกนำไปใช้ในการศึกษาต่อไป

ตาราง 7 ประสิทธิภาพการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ของจุลินทรีย์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของฟอร์มาลดีไฮด์ 1,500 มิลลิกรัม/ลิตร ในสภาวะความเป็นกรดที่พีเอชต่างๆ

รหัสเชื้อ	%การย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ ที่เวลา 24 ชั่วโมง					
	pH 4.0	pH 4.5	pH 5.0	pH 5.5	pH 6.0	pH 6.5
YMw6	99.22	99.01	99.10	99.08	99.05	99.11
YMg1	97.99	97.60	99.03	99.07	98.96	99.02
YMg3	26.85	53.79	78.48	97.51	98.72	98.61
YMg4	74.64	99.02	99.00	99.02	98.95	98.89

การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและคุณสมบัติทางชีวเคมีของเชื้อ YMw6 แสดงในตาราง 8 โดย YMw6 เป็นแบคทีเรียแกรมลบที่มีเซลล์รูปร่างเป็นท่อนสั้น มีขนาดเซลล์ประมาณ 0.5 µm ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ มีผล Oxidase test เป็นบวกและ Catalase test เป็นลบ สามารถเจริญได้ในสภาวะที่มีออกซิเจนอย่างเดียว และไม่สามารถเกิดการหมักของ Carbohydrate ในสภาวะที่มีออกซิเจนเบาบางได้

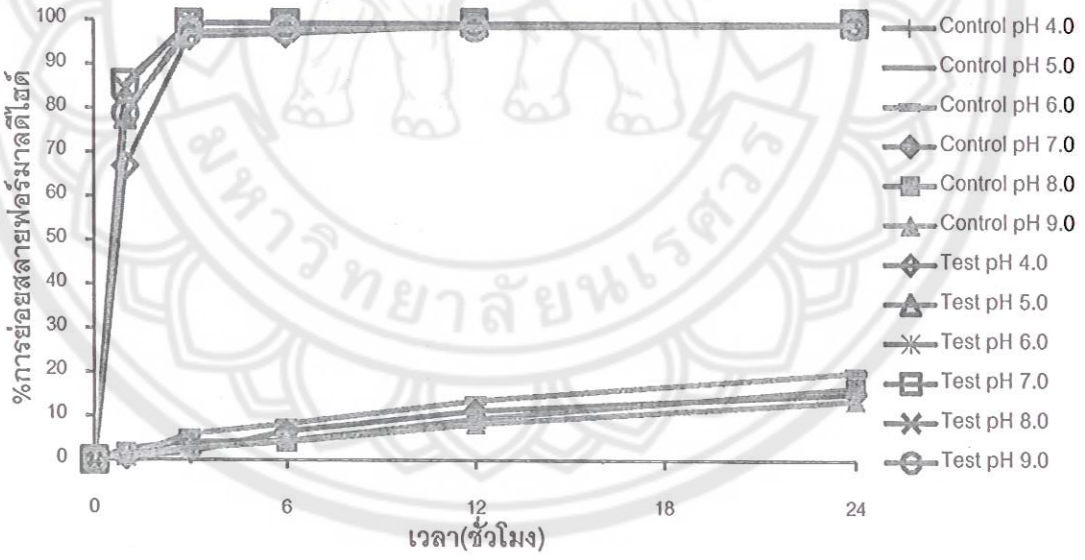
ตาราง 8 แสดงลักษณะสัณฐานวิทยาและคุณสมบัติทางชีวเคมีของจุลินทรีย์ YMw6

Biochemical tests	Observative
Gream strian	negative
Shape	Short rod
Cell size	~0.5 µm
Motility test	-
Oxidase test	+
Catalase test	+
Oxidation-fermentation test	+,-
Indole test	-
Carbohydrate fermentation test	-

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่

1. การศึกษาค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์สายพันธุ์ที่คัดเลือก

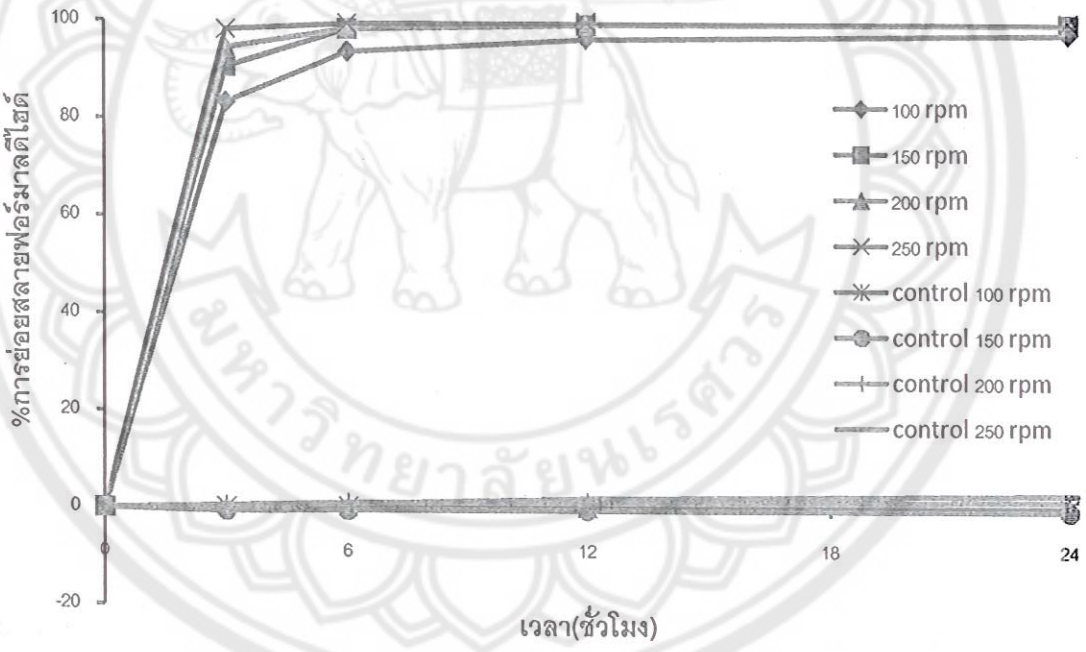
การศึกษาค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์สายพันธุ์ที่คัดเลือกได้ โดยนำจุลินทรีย์ YMw6 ที่คัดเลือกได้มาทดสอบประสิทธิภาพการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ในสภาวะที่มีค่าพีเอชเริ่มต้นในระบบที่แตกต่างกัน ซึ่งให้ผลการทดสอบแสดงดังภาพ 20 โดยประสิทธิภาพการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของเชื้อ YMw6 ที่ได้มีประสิทธิภาพการย่อยสลายได้สูงที่สุดในช่วงต้นของการทดสอบและจะเริ่มคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 3 ชั่วโมง โดยที่เวลา 3 ชั่วโมง การทดสอบที่ค่าพีเอช 6.0-8.0 จะให้ผลของประสิทธิภาพการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ที่ดีที่สุดขณะที่เมื่อเวลาที่ใช้ทดสอบผ่านไป 24 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของเชื้อ YMw6 ให้ผลไม่แตกต่างกันในทุกค่าพีเอชที่ทดสอบตั้งแต่ 4.0 จนถึง 9.0 โดยสามารถลดปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ในระบบลงได้มากกว่า 99%



ภาพ 20 ผลการทดสอบค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์สายพันธุ์ YMw6 ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของฟอร์มาลดีไฮด์ 1,500 มิลลิกรัม/ลิตร

2. การศึกษาอัตราเร็วในการเขย่าที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์สายพันธุ์ที่คัดเลือก

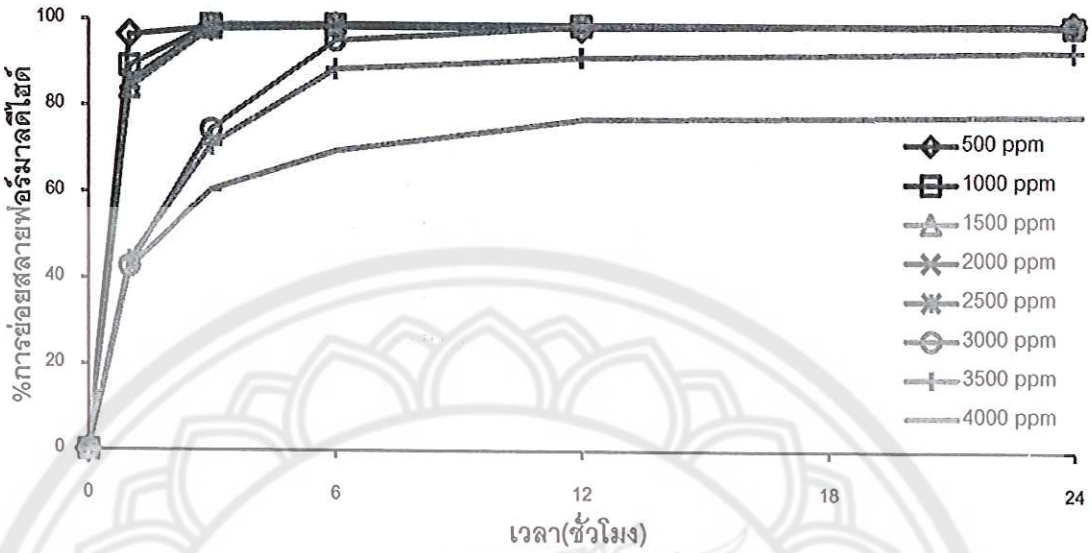
ผลการศึกษาอัตราเร็วในการเขย่าที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์สายพันธุ์ YMw6 ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของฟอร์มาลดีไฮด์ 1,500 มิลลิกรัม/ลิตร จากภาพ 21 แสดงให้เห็นว่าเมื่ออัตราเร็วในการเขย่าให้อากาศเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพในการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของเชื้อจุลินทรีย์จะเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย โดยสังเกตได้จากประสิทธิภาพการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์ YMw6 ที่เวลาทดสอบ 3 ชั่วโมง ที่พบว่าประสิทธิภาพการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์ YMw6 มีค่าแปรผันตามอัตราเร็วในการเขย่าให้อากาศที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่ความเร็วรอบ 100-250 rpm จึงสรุปได้ว่าการได้รับอากาศที่เพิ่มขึ้นจะมีผลต่อประสิทธิภาพในการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย



ภาพ 21 ผลการศึกษาอัตราเร็วในการเขย่าที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์สายพันธุ์ YMw6 ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของฟอร์มาลดีไฮด์ 1,500 มิลลิกรัม/ลิตร

3. การศึกษาความเข้มข้นเริ่มต้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์สายพันธุ์ที่คัดเลือก

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์สายพันธุ์ YMw6 ที่ระดับความเข้มข้นเริ่มต้นของฟอร์มาลดีไฮด์ต่างๆ เพื่อหาค่าความเข้มข้นเริ่มต้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ที่พีเอชเริ่มต้นประมาณ 7.0 ภายใต้การเขย่าให้อากาศที่ความเร็วในการเขย่า 200 รอบ/นาที ให้ผลแสดงดังภาพ 22 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ที่ค่าความเข้มข้นเริ่มต้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสีย เท่ากับ 500-2,500 มิลลิกรัม/ลิตร จุลินทรีย์ YMw6 มีระดับการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ที่สูงกว่า 98% เมื่อเวลาในการบำบัดผ่านไป 3 ชั่วโมง ส่วนในการทดสอบที่มีค่าความเข้มข้นเริ่มต้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสีย เท่ากับ 3,000 มิลลิกรัม/ลิตร ต้องใช้เวลาในการบำบัดเพิ่มขึ้นเป็น 12 ชั่วโมง จึงจะมีระดับการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ที่สูงกว่า 98% ขณะที่ในการทดสอบที่มีค่าความเข้มข้นเริ่มต้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสีย เท่ากับ 3,500 และ 4,000 มิลลิกรัม/ลิตร เชื้อจุลินทรีย์ YMw6 มีประสิทธิภาพการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ที่ลดลง ซึ่งจะเห็นได้จากเชื้อจุลินทรีย์มีระดับการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ที่ลดลงมาเป็น 93.25 และ 78.29% ตามลำดับ ที่เวลาในการบำบัด 24 ชั่วโมง จากผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า ภายใต้การทดสอบที่มีช่วงของระดับความเข้มข้นเริ่มต้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียเท่ากับ 500-3,000 มิลลิกรัม/ลิตร คือช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์โดยจุลินทรีย์ YMw6 ที่สามารถลดความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในระบบลงได้มากกว่า 98% ที่เวลาในการทดสอบ 12 ชั่วโมง

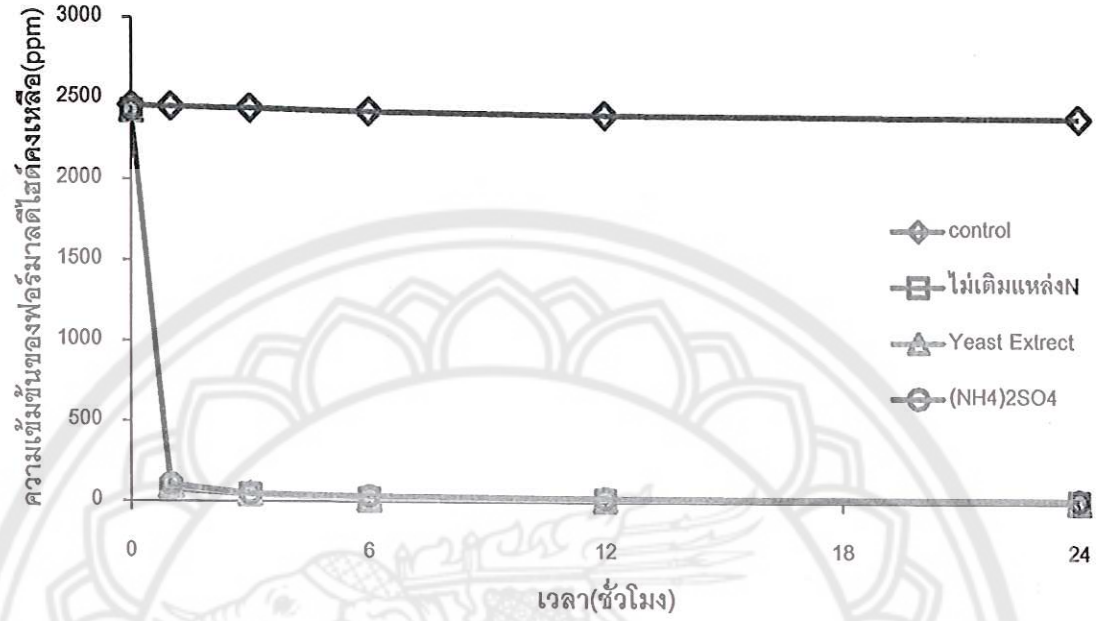


ภาพ 22 ผลการศึกษาความเข้มข้นเริ่มต้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์สายพันธุ์ YMw6

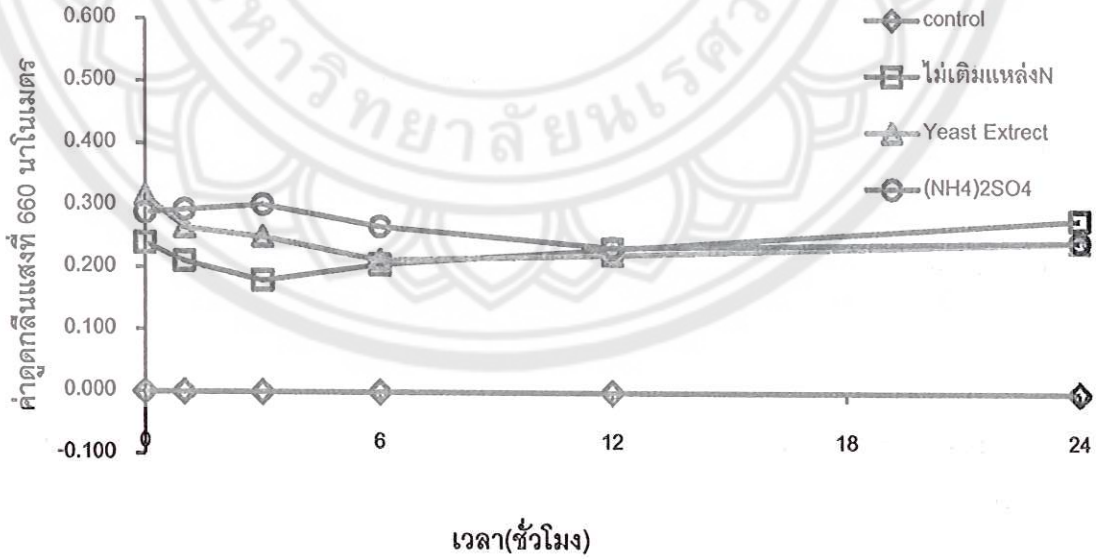
การศึกษาปริมาณสารอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญและการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์สายพันธุ์ที่คัดเลือก

1. การทดสอบแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการเจริญและการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์สายพันธุ์ที่คัดเลือก

จากการศึกษาปริมาณสารอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญและการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์สายพันธุ์ YMw6 ที่ระดับความเข้มข้นเริ่มต้นของฟอร์มาลดีไฮด์เท่ากับ 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร พีเอชเริ่มต้นประมาณ 7.0 ภายใต้การเขย่าให้อากาศที่มีความเร็วในการเขย่า 200 รอบ/นาที เพื่อทดสอบหาแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมจากการเปรียบเทียบลักษณะการเจริญและการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์ระหว่างการเติม $(NH_4)_2SO_4$ และ Yeast extract ลงในน้ำยาดองร่างอาจารย์ใหญ่ ผลที่ได้แสดงในภาพ 23 ซึ่งพบว่าทั้ง 3 ชุดการทดลอง คือ ชุดที่มีการเติม $(NH_4)_2SO_4$ ชุดที่มีการเติม Yeast extract และชุดที่ขาดแหล่งไนโตรเจนนั้น ให้ผลของประสิทธิภาพการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์สายพันธุ์ YMw6 ในลักษณะเดียวกัน โดยสามารถมีระดับการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ที่สูงกว่า 98% เมื่อเวลาในการบำบัดผ่านไป 3 ชั่วโมง และมากกว่า 99% ที่เวลา 24 ชั่วโมง และเมื่อสังเกตผลการเจริญของจุลินทรีย์ที่ติดตามในแต่ละช่วงเวลาในภาพ 24 การเจริญของจุลินทรีย์มีการเจริญในลักษณะคงตัวในทุกชุดการทดลอง แสดงให้เห็นว่า แหล่งไนโตรเจนที่เติมลงไปนั้นไม่มีผลต่อการเจริญและประสิทธิภาพการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์



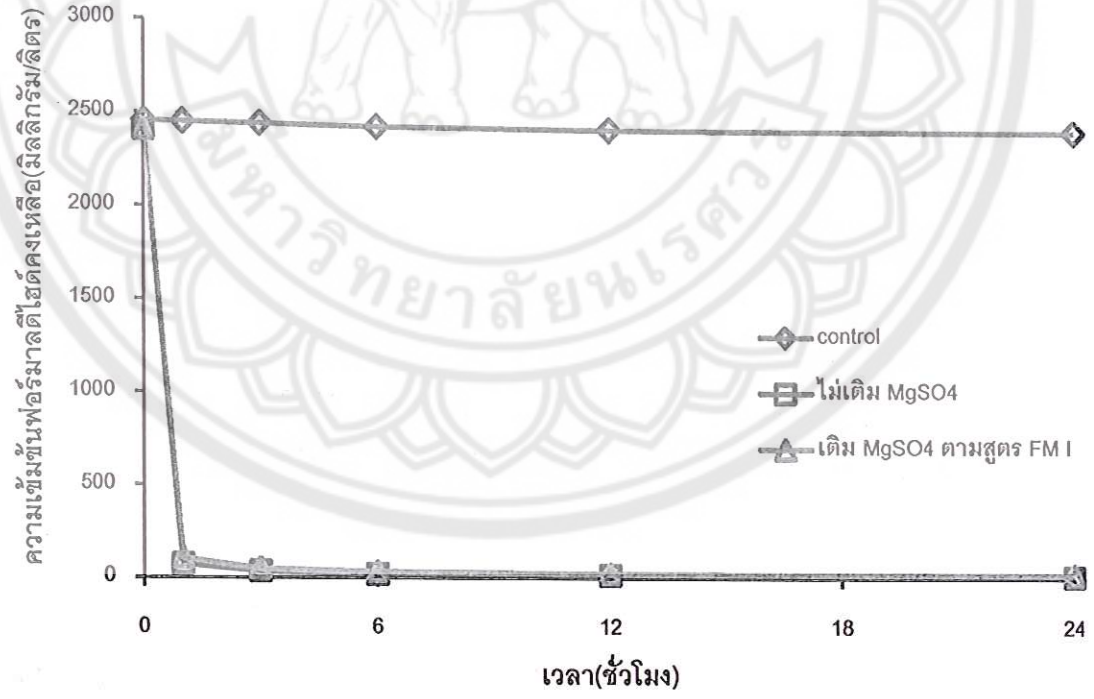
ภาพ 23 การย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์สายพันธุ์ YMw6 ในการศึกษาแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการเจริญและย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ที่ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์เริ่มต้น 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร



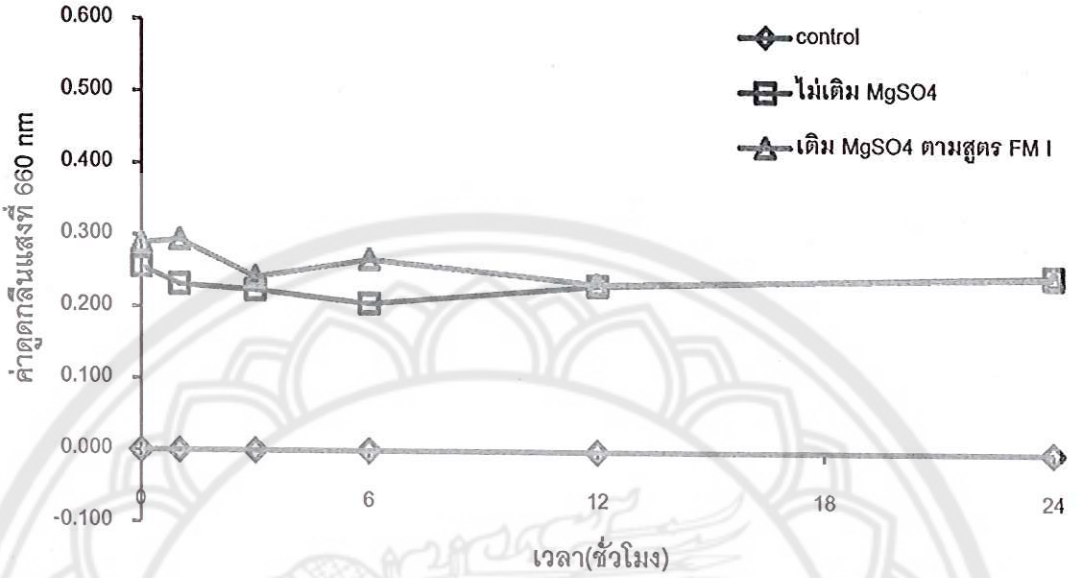
ภาพ 24 การเจริญของจุลินทรีย์ YMw6 ในการศึกษาปริมาณแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการเจริญและย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ที่ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์เริ่มต้น 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร

2. การทดสอบแหล่งเกลือ $MgSO_4$ ที่เหมาะสมต่อการเจริญและย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์สายพันธุ์ที่คัดเลือก

ผลการศึกษาแหล่งเกลือ $MgSO_4$ ที่เหมาะสมต่อการเจริญและการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์สายพันธุ์ YMw6 ที่ระดับความเข้มข้นเริ่มต้นของฟอร์มาลดีไฮด์เท่ากับ 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร พีเอชเริ่มต้นประมาณ 7.0 ภายใต้การเขย่าให้อากาศที่มีความเร็วในการเขย่า 200 รอบ/นาที ให้ผลดังแสดงในภาพ 25 โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง คือ มีการเติม $MgSO_4$ ลงไปในน้ำยาดองร่างอาจารย์ใหญ่ที่ใช้ทดสอบและไม่เติม $MgSO_4$ ผลที่ได้พบว่าทั้ง 2 ชุดการทดลอง ให้ผลของประสิทธิภาพการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์สายพันธุ์ YMw6 ในลักษณะเดียวกัน โดยสามารถมีระดับการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ที่สูงกว่า 98% เมื่อเวลาในการบำบัดผ่านไป 3 ชั่วโมง และมากกว่า 99% ที่เวลา 24 ชั่วโมง และเมื่อสังเกตผลการเจริญของจุลินทรีย์ที่ติดตามในแต่ละช่วงเวลาในภาพ 26 การเจริญของจุลินทรีย์มีการเจริญในลักษณะคงตัวในทุกชุดการทดลอง แสดงให้เห็นว่า $MgSO_4$ ที่เติมลงไปนั้นไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์



ภาพ 25 การย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์สายพันธุ์ YMw6 ในการศึกษาแหล่งเกลือ $MgSO_4$ ที่เหมาะสมต่อการเจริญและย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ที่ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์เริ่มต้น 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร

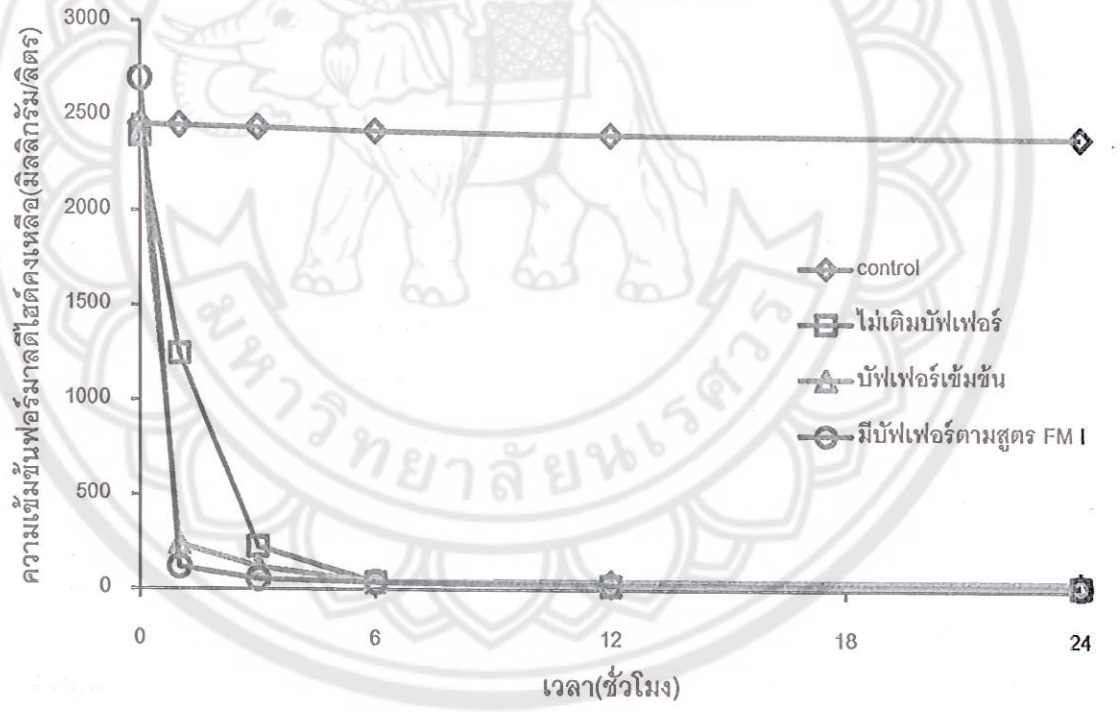


ภาพ 26 การเจริญของจุลินทรีย์ YMw6 ในการศึกษาปริมาณแหล่งเกลือ $MgSO_4$ ที่เหมาะสมต่อการเจริญและย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ที่ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์เริ่มต้น 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร

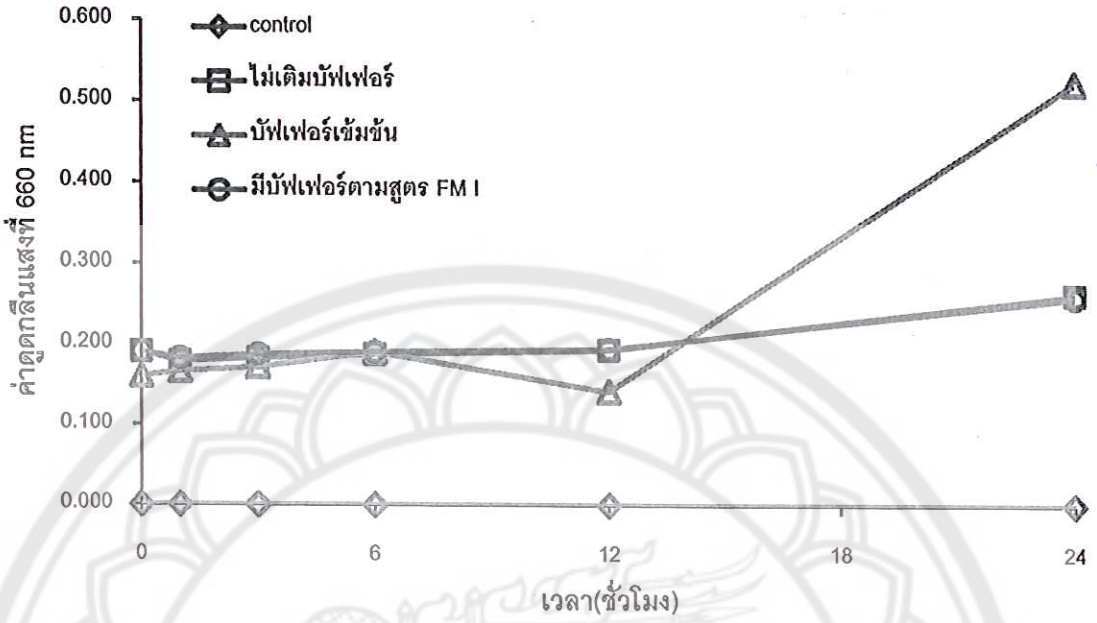
3. การทดสอบบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมต่อการเจริญและย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์สายพันธุ์ที่คัดเลือก

ผลการศึกษาปริมาณบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมต่อการเจริญและการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์สายพันธุ์ YMw6 ที่ระดับความเข้มข้นเริ่มต้นของฟอร์มาลดีไฮด์เท่ากับ 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร พีเอชเริ่มต้นประมาณ 7.0 ภายใต้การเขย่าให้อากาศที่มีความเร็วในการเขย่า 200 รอบ/นาที ในการทดสอบนี้ผู้วิจัยได้ทำการเลือกใช้ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ KH_2PO_4 และ K_2HPO_4 ในการทดสอบ เนื่องจากเป็นบัฟเฟอร์ที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในอาหารที่ใช้ในการคัดเลือกจุลินทรีย์จากแหล่งธรรมชาติ และได้ทำการทดสอบโดยแบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดสอบ คือ มีการเติมบัฟเฟอร์ลงไปในน้ำยาดองร่างอาจารย์ใหญ่ในปริมาณตามสูตรอาหาร FMI มีปริมาณบัฟเฟอร์ที่เข้มข้นจากสูตร FMI ขึ้น 5 เท่า และไม่เติมบัฟเฟอร์ ซึ่งให้ผลดังแสดงในภาพ 27 โดยผลที่ได้พบว่าปริมาณบัฟเฟอร์ที่แตกต่างกันนั้นมีผลทำให้ความสามารถในการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์ YMw6 มีความแตกต่างกันในช่วง 3 ชั่วโมงแรกของการทดสอบ โดยในชุดการทดสอบที่มีการเติมบัฟเฟอร์ลงไปในน้ำยาดองร่างอาจารย์ใหญ่ในปริมาณตามสูตรอาหาร FMI มีความสามารถในการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ได้ดีที่สุด ตามด้วยชุดการทดสอบที่มีปริมาณ

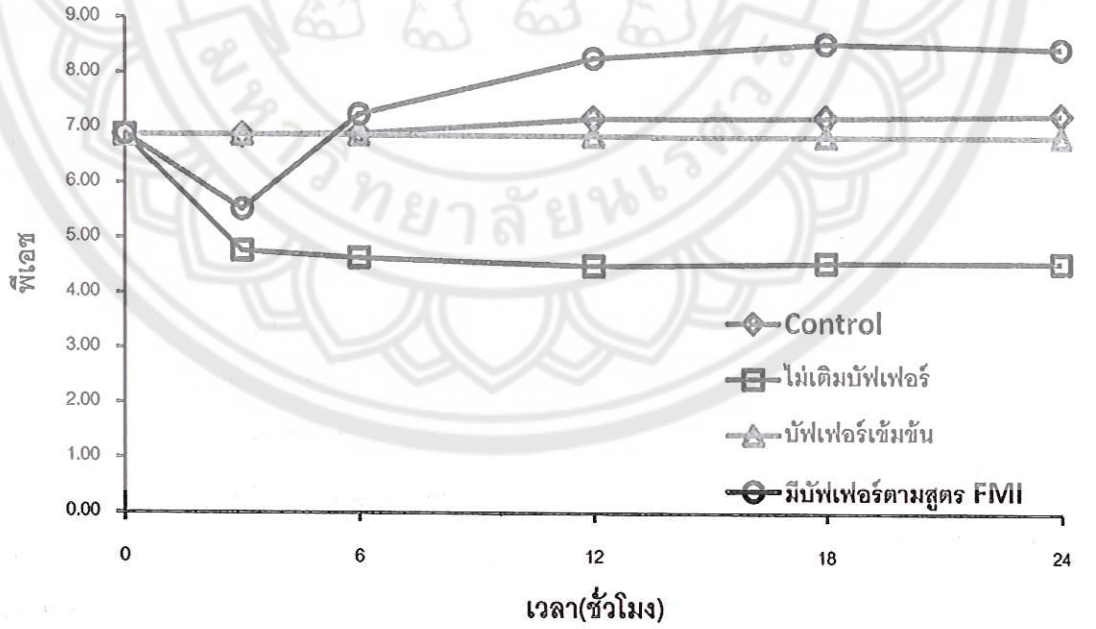
บัฟเฟอร์ที่เข้มข้นขึ้น และไม่เติมบัฟเฟอร์ ตามลำดับ แต่เมื่อเวลาในการทดสอบเพิ่มขึ้น ความสามารถในการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์ YMw6 นั้นมีค่าไม่แตกต่างกัน และเมื่อสังเกตผลการเจริญของจุลินทรีย์ที่ติดตามในแต่ละช่วงเวลาในภาพ 28 การเจริญของจุลินทรีย์ในทุกชุดการทดลองมีการเจริญในลักษณะคงตัวและใกล้เคียงกันในช่วง 12 ชั่วโมงแรกของการทดสอบ แต่จะมีความแตกต่างกันกับชุดการทดสอบที่มีการเติมบัฟเฟอร์ในปริมาณที่เข้มข้น เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นคือ ในชุดทดสอบที่มีการเติมบัฟเฟอร์เข้มข้นจะมีการเจริญของจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้น ขณะที่เมื่อติดตามค่าพีเอชที่เปลี่ยนแปลงไปในระบบ (ภาพ 29) พบว่า ชุดการทดสอบที่มีการเติมพีเอชลงไปเข้มข้นจะมีการเปลี่ยนแปลงของพีเอชในระบบที่คงที่กว่าชุดการทดสอบอื่นๆ แสดงให้เห็นว่าปริมาณความเข้มข้นของบัฟเฟอร์ที่เพิ่มขึ้นมีผลช่วยในการรักษาระดับพีเอชในระบบให้คงที่ได้ดียิ่งขึ้น



ภาพ 27 การย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์สายพันธุ์ YMw6 ในการศึกษาปริมาณฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมต่อการเจริญและย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ ที่ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์เริ่มต้น 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร



ภาพ 28 การเจริญของจุลินทรีย์ YMw6 ในการศึกษาปริมาณฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมต่อการเจริญและย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ที่ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์เริ่มต้น 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร



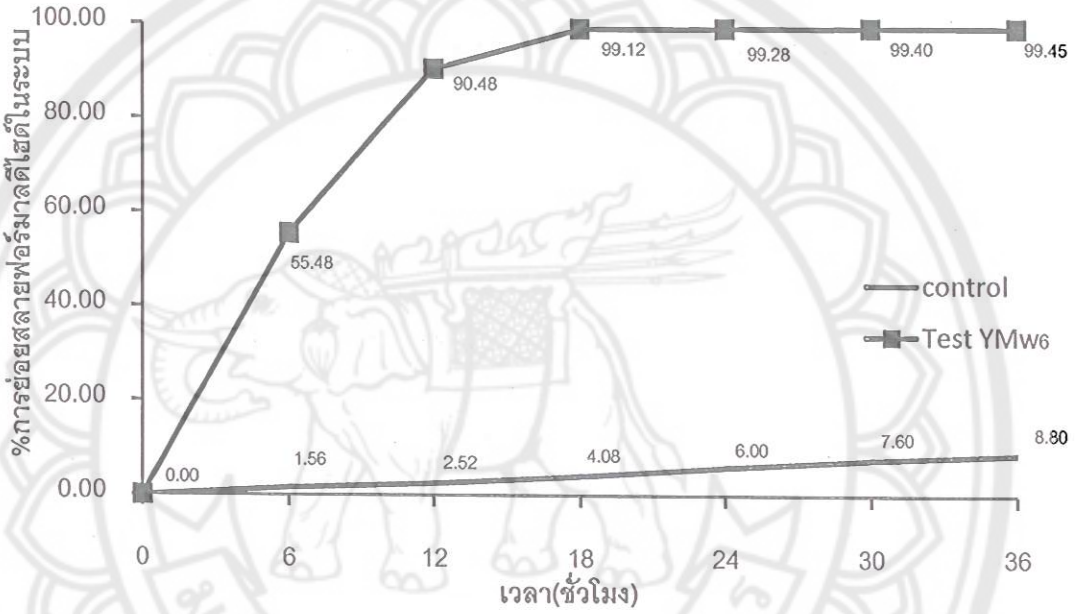
ภาพ 29 การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชในระบบในการศึกษาปริมาณฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมต่อการเจริญและย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ที่ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์เริ่มต้น 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร

การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ในระบบบำบัดแบบเอสบีอาร์

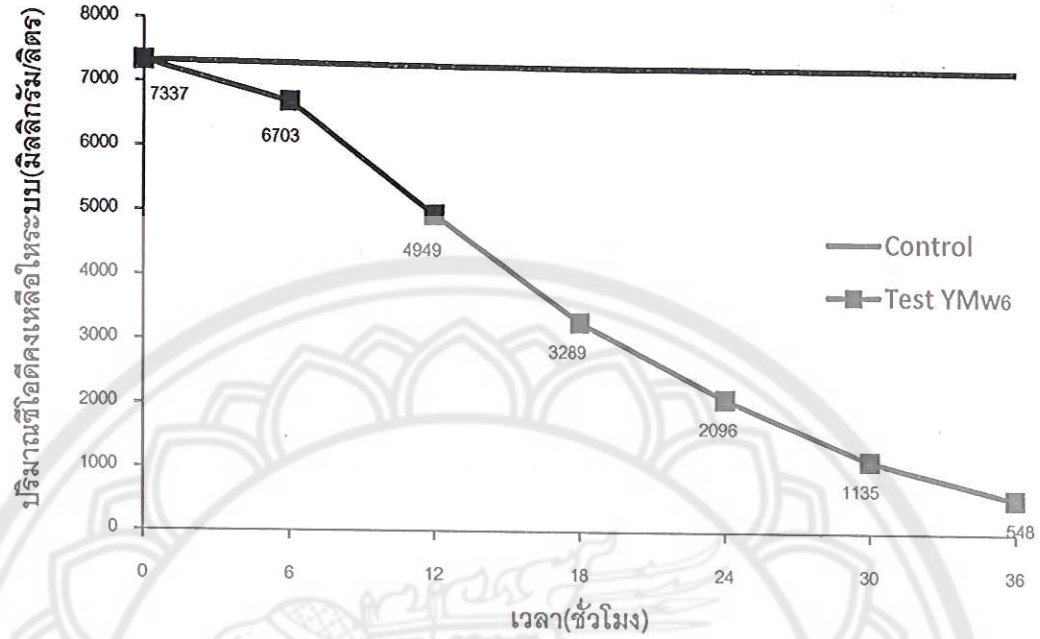
1. การศึกษาระยะเวลากักเก็บที่เหมาะสมในการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ในระบบบำบัดแบบเอสบีอาร์แบบครั้งคราว

การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ซึ่งมีค่าความเข้มข้นเริ่มต้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเท่ากับ 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร ในระบบบำบัดแบบเอสบีอาร์ซึ่งมีปริมาตรในการบำบัดต่อรอบ 60 ลิตร ในการทดสอบจะเริ่มจากการเติมหัวเชื้อของจุลินทรีย์ YMw6 อายุ 18-24 ชั่วโมง ลงไปในระบบ 10% หรือ 6 ลิตร จากนั้นระบบจะทำการปั๊มน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ซึ่งอยู่ภายในถัง Equalization Tank ที่มีการเติมบัฟเฟอร์ในปริมาณที่เข้มข้นเพิ่มขึ้นจากสูตรอาหารลงไป 5 เท่า เข้าสู่ถังปฏิกิริยาจนระดับน้ำในถังปฏิกิริยาถึงระดับปริมาตร 60 ลิตร ถังปฏิกิริยาจะเริ่มทำงานอัตโนมัติ โดยเริ่มจากการปล่อยอากาศเข้าสู่ถังปฏิกิริยาผ่านหัวกระจายก๊าซที่อยู่บริเวณด้านล่างถัง เกิดฟองอากาศที่มีลักษณะไหลขึ้นไปสู่ด้านบน และมีการหมุนของใบพัดกวนทำให้เกิดการกวนผสมกันภายในถังปฏิกิริยา และจากผลการศึกษาอัตราการเขย่าให้อากาศที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่ออัตราเร็วในการเขย่าให้อากาศเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพในการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของเชื้อจุลินทรีย์จะเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นในการทดสอบประสิทธิภาพการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ในระบบบำบัดแบบเอสบีอาร์นี้ ผู้วิจัยจึงไม่มีการควบคุมอัตราการให้อากาศของระบบ แต่จะให้อากาศในระบบอย่างเต็มที่ โดยได้อนุมานว่าจุลินทรีย์ในระบบบำบัดจะได้รับออกซิเจนอย่างทั่วถึงและมากเกินพอ ซึ่งผลการทดสอบที่ได้ ให้ผลแสดงดังภาพ 30 คือ ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์คงเหลือในระบบที่มีการเติมจุลินทรีย์ YMw6 ลงไปมีอัตราการลดลงอย่างต่อเนื่องในช่วง 18 ชั่วโมงแรกของการเดินระบบ และจะลดลงมากกว่า 99% จากความเข้มข้น 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร เหลือเพียง 22 มิลลิกรัม/ลิตร ที่เวลาในการกักเก็บ 18 ชั่วโมง ต่างจากผลการทดสอบซึ่งไม่มีการเติมจุลินทรีย์ลงไป และจากผลของการติดตามปริมาณความเข้มข้นของซีโอดีที่เปลี่ยนแปลงไปในระบบ (ภาพ 31) พบว่ามีความเข้มข้นลดลงอย่างต่อเนื่องจากความเข้มข้นเริ่มต้นที่สูงถึง 7,337 มิลลิกรัม/ลิตร จนเหลือความเข้มข้นเพียง 3,289 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาในการกักเก็บ 18 ชั่วโมง และลดลงเหลือ 548 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อมีระยะเวลาในการกักเก็บ 36 ชั่วโมง และยังคงมีแนวโน้มที่จะลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเวลาในการกักเก็บเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ผลของการติดตามการเจริญที่เปลี่ยนแปลงไปของจุลินทรีย์ YMw6 ในระบบจากค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงเวลา (ภาพ 32) ยังพบว่าจุลินทรีย์มีอัตราการเจริญที่คงที่ในช่วงเวลา 12 ชั่วโมงแรกของการบำบัด และจะเริ่มมีการเจริญที่เพิ่มขึ้นอย่าง

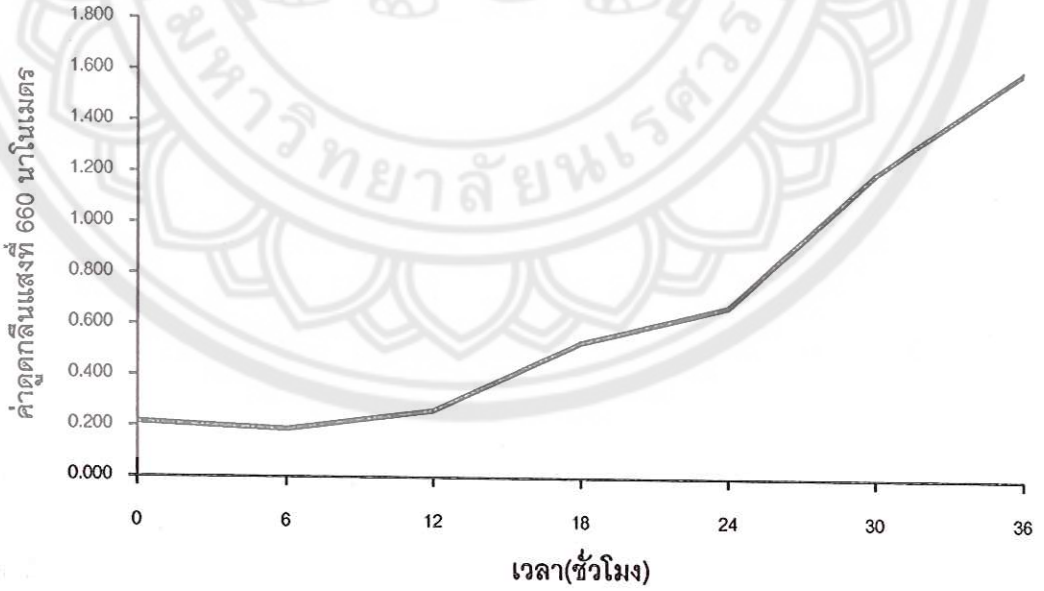
ต่อเนื่องตั้งแต่เวลาในการบำบัด 18 ชั่วโมง จากผลการทดสอบทั้งหมดที่ได้ถึงแม้ว่าที่ระยะเวลาในการกักเก็บ 18 ชั่วโมง จะไม่สามารถบำบัดปริมาณซีโอดีในระบบให้ลดลงจนอยู่ในระดับที่น่าพอใจ แต่เมื่อมองที่ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในระบบที่ลดลงซึ่งเป็นปัญหาของการวิจัยในครั้งนี้และเป็นเวลาที่จุลินทรีย์ในระบบสามารถมีการเจริญเพิ่มขึ้นได้ จึงเลือกเวลาในการกักเก็บที่ 18 ชั่วโมง เป็นระยะเวลากักเก็บที่เหมาะสมในการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสีย



ภาพ 30 ประสิทธิภาพการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ความเข้มข้นเริ่มต้น 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร ในระบบบำบัดเอสบีอาร์แบบครั้งคราว



ภาพ 31 ปริมาณความความเข้มข้นซีโอดีที่เปลี่ยนแปลงไปในการทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ ความเข้มข้นเริ่มต้น 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร ในระบบบำบัดเอสบีอาร์แบบครั้งคราว



ภาพ 32 การเจริญของจุลินทรีย์ในระบบที่เปลี่ยนแปลงไปในการทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ ความเข้มข้นเริ่มต้น 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร ในระบบบำบัดเอสบีอาร์แบบครั้งคราว

นอกจากนี้จากข้อมูลที่พบว่ามีการปนเปื้อนของสารหนูในน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ ผู้วิจัยจึงทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียทั้งก่อนบำบัดที่เวลา 0 ชั่วโมง และหลังเสร็จสิ้นการบำบัดที่เวลา 18 ชั่วโมง โดยจะทำการปั่นแยกเซลล์จุลินทรีย์ในระบบออก เพื่อนำไปตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูทุกรูปแบบที่ปนเปื้อนในน้ำทั้งหมดโดยใช้วิธี AAS พบว่าปริมาณสารหนูที่ตรวจพบมีปริมาณที่ลดลงจากเดิม จาก 9.0980 มิลลิกรัม/ลิตร เหลือเพียง 3.9400 มิลลิกรัม/ลิตร ดังแสดงในตาราง 9 ซึ่งสามารถลดความเข้มข้นลงได้มากกว่า 50%

ตาราง 9 ผลการส่งตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูทั้งหมดที่ปนเปื้อนในตัวอย่างน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัด

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นของสารหนูที่ปนเปื้อน (มิลลิกรัม/ลิตร)
น้ำเสียก่อนบำบัดที่เวลา 0 ชั่วโมง	9.0980
น้ำเสียหลังบำบัดที่เวลา 18 ชั่วโมง	3.9400

หมายเหตุ: วิเคราะห์โดยสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3 (พิษณุโลก) ด้วยวิธี Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometer (GFAAS)

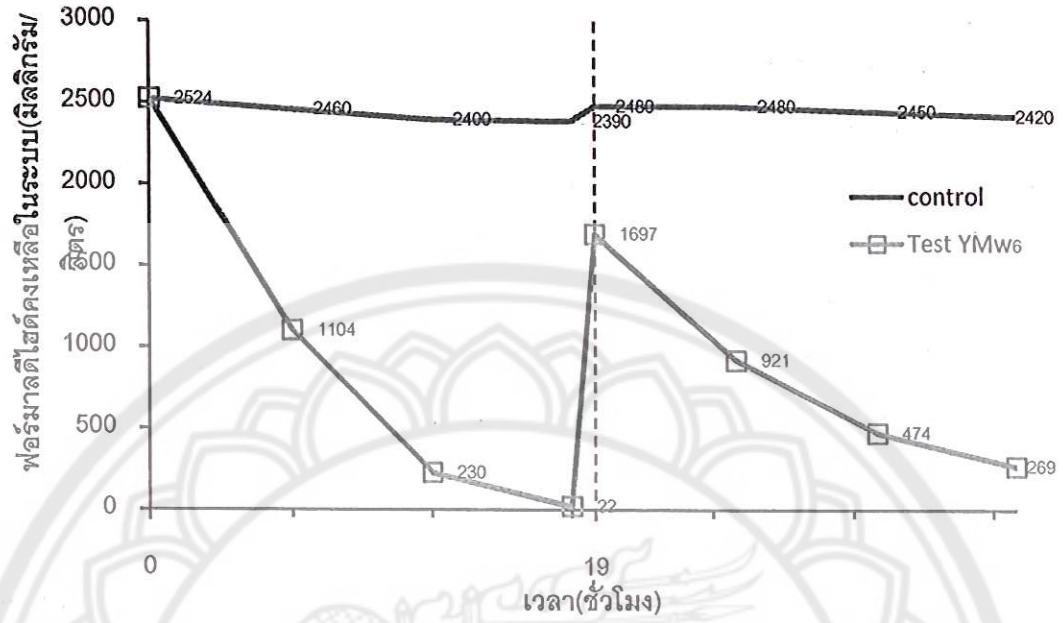
2. การทดสอบประสิทธิภาพในการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ในระบบบำบัดแบบเอสบีอาร์แบบต่อเนื่อง

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียในระบบบำบัดและการศึกษาระยะเวลากักเก็บที่เหมาะสมในการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ในระบบบำบัดแบบเอสบีอาร์ พบว่าจุลินทรีย์ YMw6 มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายได้ดีที่สุดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 18 ชั่วโมง ดังนั้นเพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ในระบบบำบัดเอสบีอาร์แบบต่อเนื่อง จึงได้ทำการตั้งค่าการเดินระบบให้ทำงานเป็นเวลา 18 ชั่วโมงและจะหยุดทำงานเพื่อตกตะกอนเซลล์จุลินทรีย์เป็นเวลา 45 นาที จากนั้นน้ำในถังปฏิกิริยาจะถูกปล่อยออกสู่ถัง Effluent Tank จนเหลือปริมาตรน้ำในถัง 20 ลิตร ปั๊มจะทำงานอีกครั้งเพื่อสูบน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ภายในถัง Equalization Tank เข้าไปในถังปฏิกิริยาจนระดับน้ำในถังปฏิกิริยาถึงระดับปริมาตร 60 ลิตร และจะทำงานต่อเนื่องในลักษณะเดิม ซึ่งผลการทดสอบการเดินระบบ

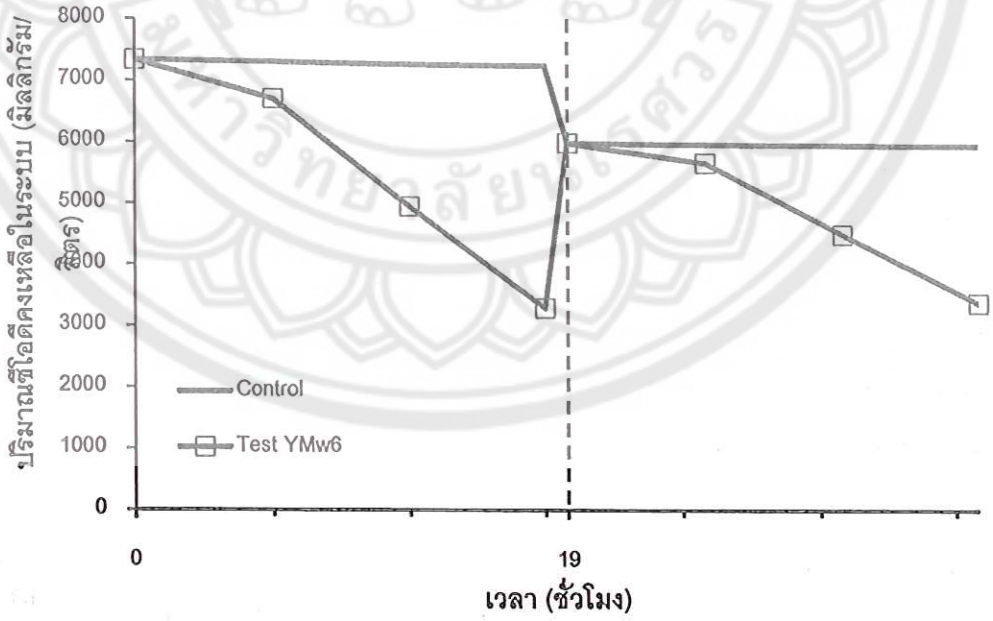
เอสบีอาร์อย่างต่อเนื่องจำนวน 2 รอบ ให้ผลดังภาพ 33 โดยผลการติดตามความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในการเดินระบบรอบแรก ยังคงให้ผลการทดสอบที่เหมือนกับการทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียในระบบบำบัดและการศึกษาระยะเวลากักเก็บที่เหมาะสมในการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสีย คือ ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์คงเหลือในระบบมีอัตราการลดลงอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลากักเก็บ 18 ชั่วโมงของการเดินระบบ และสามารถลดลงได้มากกว่า 99% แต่เมื่อระบบปล่อยน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วออก 2/3 ส่วนของระบบ แล้วเติมน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร เข้าไปใหม่ ทำให้ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์เริ่มต้นในน้ำเสียถูกเจือจางลงไป ดังนั้นเมื่อเริ่มต้นในการเดินระบบรอบ 2 ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์จึงมีค่าลดลงจากเดิมเป็น 1,700 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งผลที่ได้พบว่าประสิทธิภาพในการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์มีประสิทธิภาพลดลงจากเดิมโดยสามารถลดระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียลงได้เพียง 84% ที่ระยะเวลาในการกักเก็บ 18 ชั่วโมง แต่จากผลการติดตามปริมาณความเข้มข้นของซีโอดีคงเหลือในระบบที่ได้ (ภาพ 34) พบว่ายังคงให้ผลการทดสอบการลดลงของปริมาณซีโอดีภายในระบบในการบำบัดรอบแรกในลักษณะเดียวกันกับการทดสอบประสิทธิภาพของการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ในระบบบำบัดเอสบีอาร์แบบครั้งคราวในก่อนหน้า ส่วนการบำบัดในรอบสองแม้จะมีประสิทธิภาพในการบำบัดที่ลดลงจากรอบแรกแต่ก็ยังคงสามารถลดระดับความเข้มข้นของซีโอดีในระบบลงได้ในระดับที่ใกล้เคียงกันกับในรอบแรก คือ สามารถลดความเข้มข้นของซีโอดีให้คงเหลือในระบบเท่ากับ 3,289 และ 3,376 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

นอกจากนี้จากผลการติดตามการเจริญของจุลินทรีย์จากค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนแปลงไป (ภาพ 35) ยังพบว่า การเจริญของจุลินทรีย์ในการบำบัดทั้งสองรอบ ยังคงมีการเจริญในลักษณะเดียวกันกับการทดสอบประสิทธิภาพของการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ในระบบบำบัดเอสบีอาร์แบบครั้งคราวในก่อนหน้า

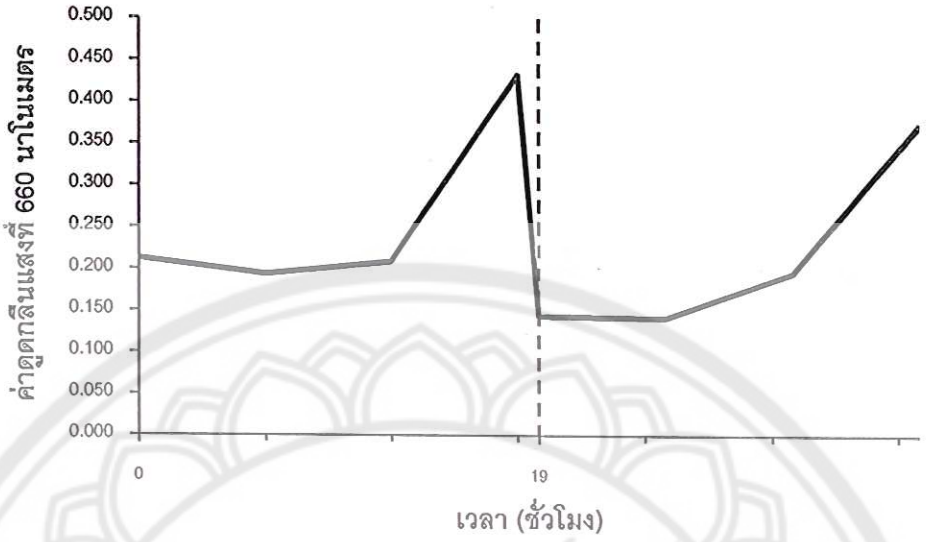
และจากผลการเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของน้ำเสียในเรื่องของสีและความขุ่นทั้งก่อนและหลังกระบวนการบำบัดด้วยสายตา (ภาพ 36) พบว่า คุณภาพสีของน้ำเสียภายหลังการบำบัดมีสีที่อ่อนกว่า น้ำเสียก่อนการบำบัด ขณะที่ในเรื่องความขุ่นของน้ำเสีย คุณภาพน้ำเสียก่อนการบำบัดนั้นมีค่าความขุ่นที่น้อยกว่าน้ำเสียหลังการบำบัด ส่วนผลการทดสอบประสิทธิภาพการตะกอนของจุลินทรีย์โดยวิธี SVI ให้ผลอยู่ในระดับที่เลวหรือไม่มีประสิทธิภาพในการตกตะกอนเลย



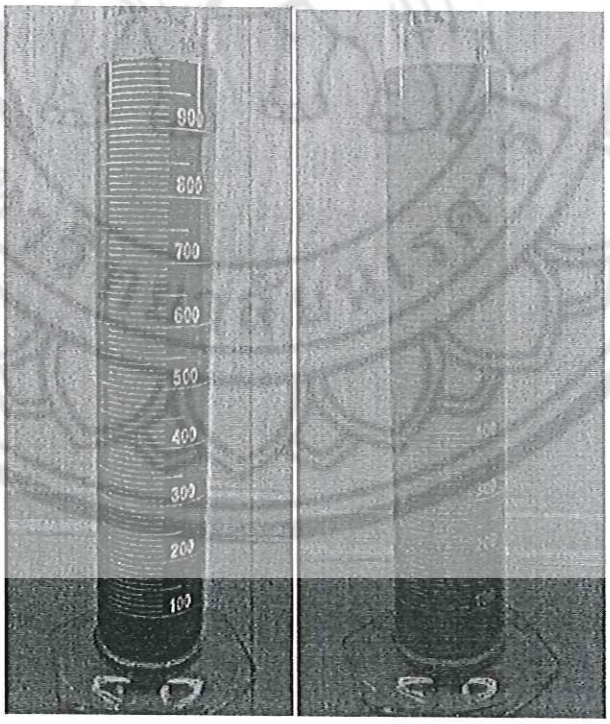
ภาพ 33 ประสิทธิภาพการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 2,500 มิลลิกรัม/ลิตรในระบบบำบัดเอสบีอาร์แบบต่อเนื่อง



ภาพ 34 ความเข้มข้นซีโอดีที่เปลี่ยนแปลงไปในการทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร ในระบบบำบัดเอสบีอาร์แบบต่อเนื่อง



ภาพ 35 การเจริญของจุลินทรีย์ในระบบที่เปลี่ยนแปลงในการทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร ในระบบบำบัดเอสบีอาร์แบบต่อเนื่อง

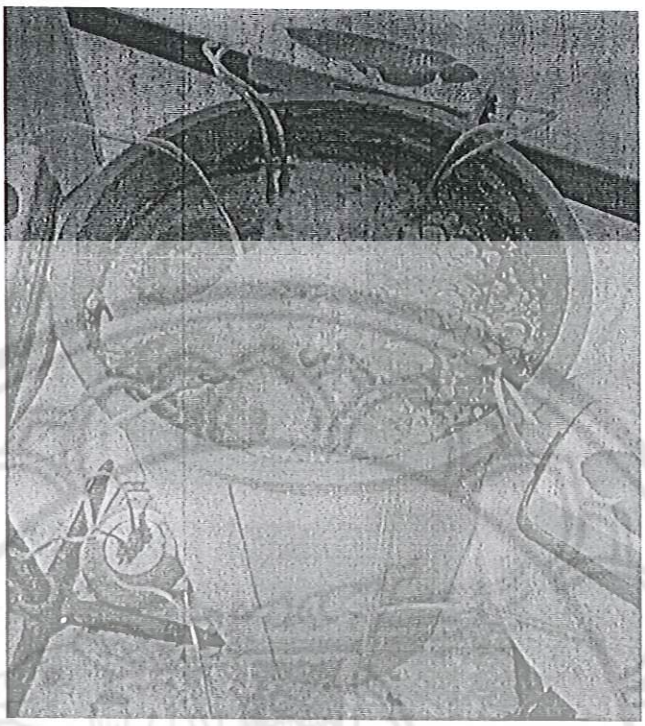


ก่อนบำบัด หลังบำบัด

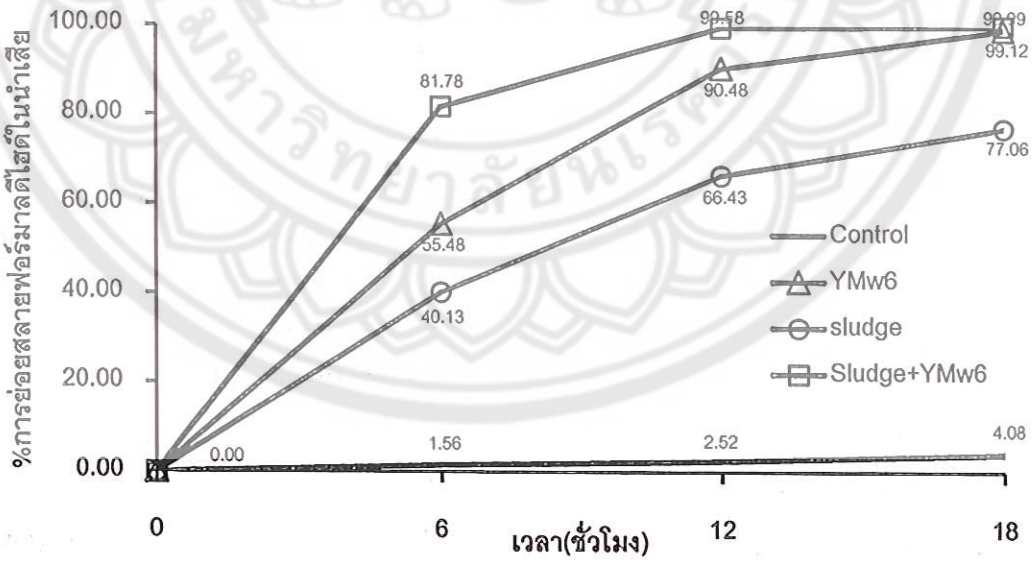
ภาพ 36 ลักษณะน้ำเสียก่อนและหลังเสร็จสิ้นกระบวนการบำบัดโดยจุลินทรีย์ YMw6 ในระบบบำบัดแบบเอสบีอาร์และประสิทธิภาพการตกตะกอนของจุลินทรีย์

การประยุกต์ใช้จุลินทรีย์สายพันธุ์ที่คัดเลือกในการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ในระบบบำบัดแบบเอสบีอาร์ร่วมกับตะกอนจุลินทรีย์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงพยาบาลพุทธชินราช

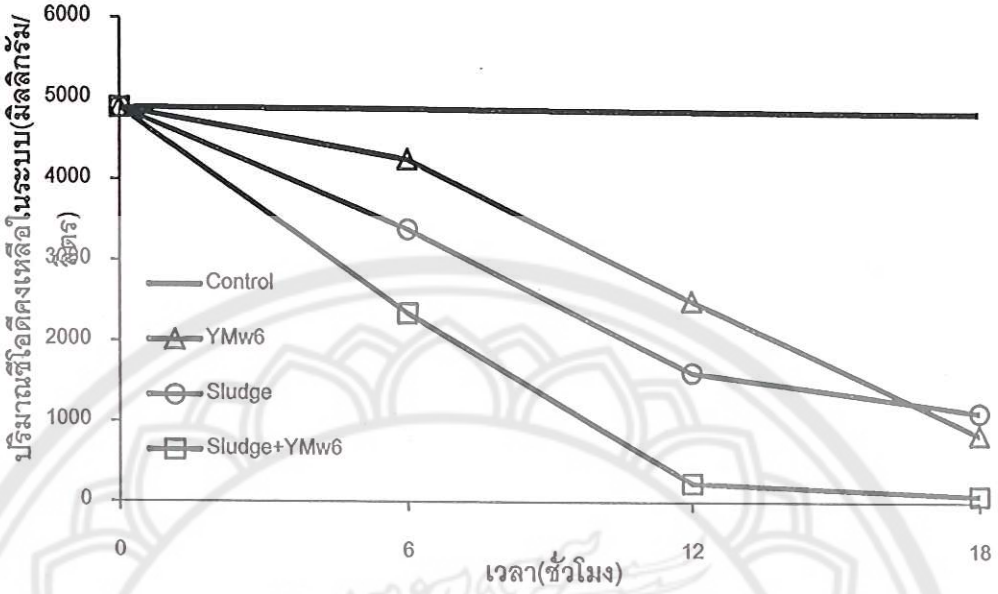
ผลการประยุกต์ใช้จุลินทรีย์สายพันธุ์ YMw6 ที่คัดเลือกในการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ในระบบบำบัดแบบเอสบีอาร์ร่วมกับตะกอนจุลินทรีย์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงพยาบาลพุทธชินราช ซึ่งก่อนการทดสอบ ตะกอนจุลินทรีย์ดังกล่าวจะถูกนำมาปรับสภาพให้มีความคุ้นเคยกับสภาพน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ก่อน โดยจะค่อยๆ เพิ่มความเข้มข้นของน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ขึ้นตามลำดับจากความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/ลิตร จนใกล้เคียงกับระดับความเข้มข้นแรกเริ่มที่เข้าสู่ระบบบำบัด ซึ่งในขั้นตอนนี้จะใช้เวลาในการปรับสภาพ 10 วัน (ภาพ 37) ผลการทดสอบที่ได้แสดงดังภาพ 38 โดยประสิทธิภาพการย่อยสลายของชุดควบคุมที่ประกอบด้วยน้ำยาดองร่างอาจารย์ใหญ่ความเข้มข้น 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาตร 40 ลิตร และตะกอนจุลินทรีย์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงพยาบาลพุทธชินราช 14 ลิตร กับน้ำประปา 6 ลิตร นั้นมีการลดลงของความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในระบบอย่างต่อเนื่องจนมีประสิทธิภาพในการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ได้ 77.06% เมื่อครบกำหนดเวลากักเก็บที่ 18 ชั่วโมง ขณะที่ในชุดการทดสอบที่มีการเติมเชื้อจุลินทรีย์ YMw6 ลงไปแทนน้ำประปา พบว่ามีประสิทธิภาพการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ในระบบเพิ่มขึ้นเป็น 81.78% ที่เวลาในการกักเก็บ 6 ชั่วโมง ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าชุดควบคุม 41.65% และยังสามารถมีประสิทธิภาพการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ในระบบได้ถึง 99.99% ที่เวลาในการกักเก็บ 18 ชั่วโมง นอกจากนี้ผลการติดตามความเข้มข้นของซีโอดีคงเหลือ (ภาพ 39) ภายในชุดการทดสอบที่มีจุลินทรีย์ YMw6 และตะกอนจุลินทรีย์จากโรงบำบัดน้ำเสียจากโรงพยาบาลพุทธชินราชอยู่ในระบบ ยังพบว่าสามารถลดความเข้มข้นของซีโอดีในระบบลงได้ จากความเข้มข้นเริ่มต้นเท่ากับ 4,892 มิลลิกรัม/ลิตร จนเหลือเพียง 240 มิลลิกรัม/ลิตร ที่เวลาในการกักเก็บเพียง 12 ชั่วโมง และ 86 มิลลิกรัม/ลิตร ที่เวลาในการกักเก็บ 18 ชั่วโมง ซึ่งสามารถคิดเป็นเปอร์เซนต์การย่อยสลายได้ถึง 98.24% ขณะที่ในชุดการทดสอบควบคุมที่มีการเติมจุลินทรีย์ YMw6 อย่างเดียว และชุดทดสอบที่มีตะกอนจุลินทรีย์จากโรงบำบัดน้ำเสียอย่างเดียว สามารถลดความเข้มข้นของซีโอดีในระบบลงได้เพียง 843 และ 1,124 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ที่เวลาในการกักเก็บ 18 ชั่วโมง



ภาพ 37 ลักษณะการเลี้ยงเพื่อปรับสภาพตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสีย โรงพยาบาลพุทธชินราช

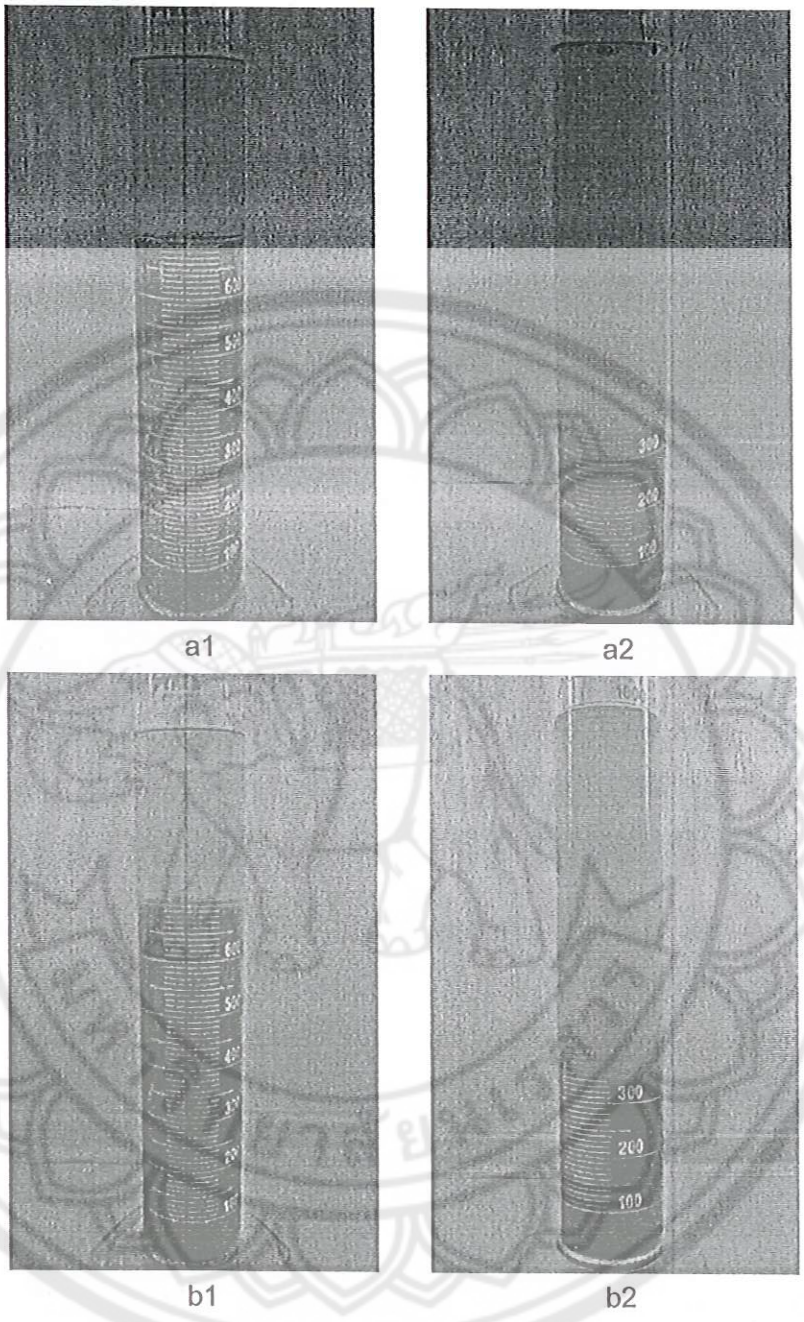


ภาพ 38 ประสิทธิภาพการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร ของจุลินทรีย์ YMw6 ในระบบบำบัดเอสแบบบีอาร์ร่วมกับตะกอนจุลินทรีย์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงพยาบาลพุทธชินราช



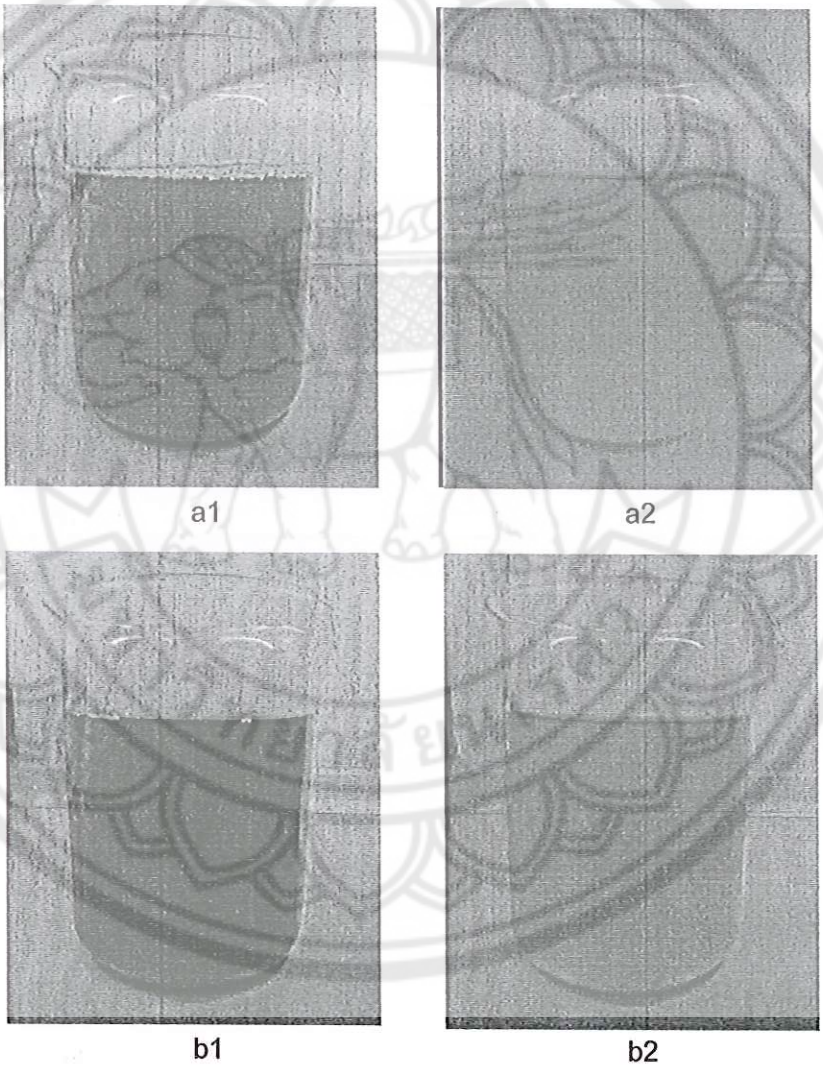
ภาพ 39 ความเข้มข้นซีโอดีที่เปลี่ยนแปลงไปในการทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ความเข้มข้นเริ่มต้น 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร ของจุลินทรีย์ YMw6 ในระบบบำบัดแบบเอสบีอาร์ร่วมกับตะกอนจุลินทรีย์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงพยาบาลพุทธชินราช

และจากผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการตกตะกอนของตะกอนจุลินทรีย์ (SVI) ก่อนและหลังบำบัดจากการหาค่า SVI ตามวิธีการในภาคผนวก ข ของชุดทดสอบซึ่งเติมเชื้อจุลินทรีย์ YMw6 ลงไปในระบบร่วมกับตะกอนจุลินทรีย์จากโรงบำบัดน้ำเสียจากโรงพยาบาลพุทธชินราช พบว่าจากการวัดปริมาณตะกอนที่ตกลงมาภานใน 30 นาที (SV30) ของตะกอนจุลินทรีย์ก่อนการบำบัด มีค่า SV30 เท่ากับ 690 มิลลิกรัม/ลิตร (ภาพ 40 b1) และมีค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยชนิดที่เป็นสารอินทรีย์และแร่ธาตุ รวมถึงจุลินทรีย์ (MLSS) เท่ากับ 3,126 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้ได้ค่า SVI จากการคำนวณ เท่ากับ 221 มิลลิลิตร/กรัม ซึ่งให้ผลประสิทธิภาพการตกตะกอนของตะกอนจุลินทรีย์จัดอยู่ช่วงระดับที่พอใช้ ขณะที่การหาประสิทธิภาพการตกตะกอนของตะกอนจุลินทรีย์หลังการบำบัดพบว่ามีค่า SV30 เท่ากับ 330 มิลลิกรัม/ลิตร (ภาพ 40 b2) และมีค่า MLSS เท่ากับ 2,862 มิลลิกรัม/ลิตร และได้ค่า SVI เท่ากับ 115 มิลลิลิตร/กรัม ซึ่งให้ผลประสิทธิภาพการตกตะกอนจัดอยู่ช่วงระดับที่ใช้ได้ ซึ่งให้ผลในลักษณะเดียวกันกับชุดทดสอบควบคุมซึ่งไม่เติมเชื้อจุลินทรีย์ YMw6 ลงไป ที่มีค่า SV30 ภายหลังการบำบัดเท่ากับ 300 มิลลิกรัม/ลิตร (ภาพ 40 a2) และมีค่า MLSS ภายหลังการบำบัดเท่ากับ 2,947 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งได้ค่า SVI เท่ากับ 102 มิลลิลิตร/กรัม ที่จัดประสิทธิภาพการตกตะกอนของตะกอนจุลินทรีย์อยู่ในระดับใช้ได้ ซึ่งมีประสิทธิภาพการตกตะกอนดีขึ้นจากเดิมที่เคยอยู่ในระดับพอใช้



ภาพ 40 ประสิทธิภาพการตกตะกอนของตะกอนจุลินทรีย์ก่อนและหลังเสร็จสิ้นกระบวนการบำบัด; a1 control sludge ก่อนบำบัด, a2 control sludge หลังบำบัด, b1 sludge+YMw6 ก่อนบำบัด, b2 sludge+YMw6 หลังบำบัด

และจากผลการเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของน้ำเสียทั้งในเรื่องของสีและความขุ่นก่อนและหลังกระบวนการบำบัด ระหว่างชุดการทดสอบทั้ง 2 ชุดในภาพ 41 ให้ผลคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำภายหลังเสร็จสิ้นกระบวนการบำบัด มีสีและความขุ่นที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยในชุดการทดสอบที่มีการเติมเชื้อ YMw6 ลงไปนั้นแม้จะมีสีที่อ่อนลงกว่าสีของน้ำเสียก่อนการบำบัดมาก แต่ยังคงมีสีที่เข้มกว่าและความขุ่นของน้ำที่มากกว่าชุดการการทดสอบที่มีเพียงตะกอนของจุลินทรีย์จากโรงบำบัดน้ำเสียเพียงอย่างเดียว



ภาพ 41 ลักษณะทางกายภาพของน้ำเสียก่อนและหลังเสร็จสิ้นกระบวนการบำบัดโดยจุลินทรีย์ YMw6 ในระบบบำบัดแบบเอสบีอาร์ร่วมกับตะกอนจุลินทรีย์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงพยาบาลพุทธชินราช; a1 control sludge ก่อนบำบัด, a2 control sludge หลังบำบัด, b1 sludge+YMw6 ก่อนบำบัด, b2 sludge+YMw6 หลังบำบัด