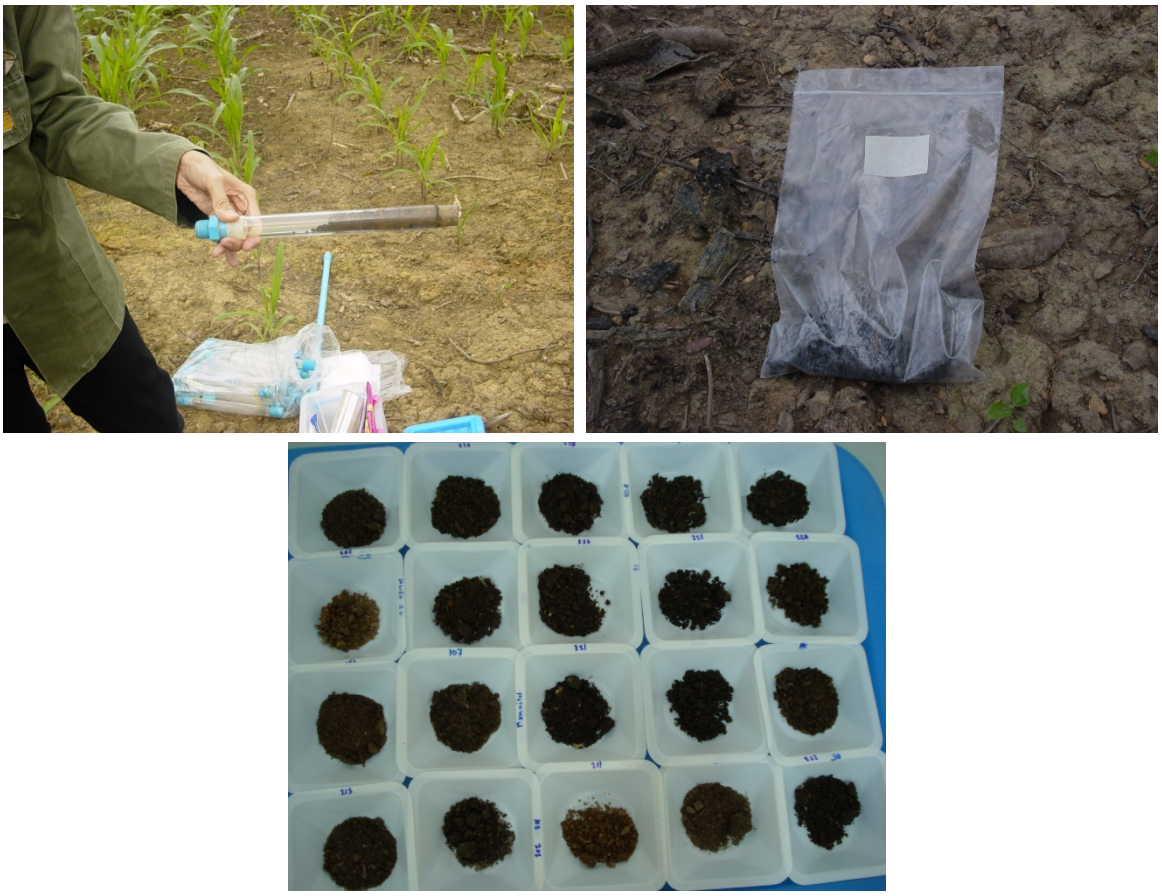
บทที่ 4
ผลการวิจัย

1. การคัดแยกแบคทีเรีย

การศึกษาการคัดแยกแบคทีเรีย PGPR ที่มีความสามารถในการผลิตสารไซเดอร์โรฟอร์โดย เก็บตัวอย่างดินบริเวณรอบรากมันสำปะหลัง ในเขตพื้นที่อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา ขนาดพื้นที่ 400 เมตร x 400 เมตร (ภาพที่ 4.1) จำนวนทั้งสิ้น 30 ตัวอย่าง (ภาพที่ 4.2) นำมาคัดแยกแบคทีเรียที่มีศึกษาคุณสมบัติการส่งเสริมการเจริญของพืชและผลิตสารไซเดอร์โรฟอร์ ได้แก่ phosphate solubilization assay และ siderophore production

ภาพที่ 4.1 พื้นที่แปลงมันสำปะหลังที่เก็บตัวอย่างดิน

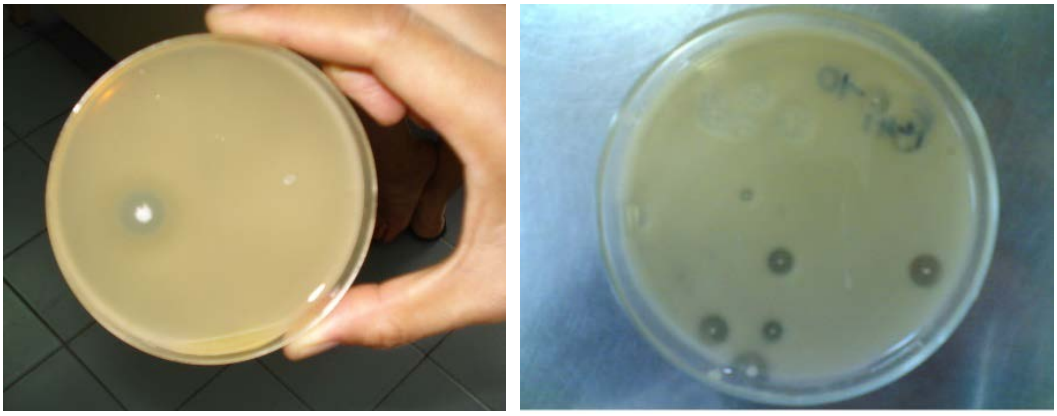


ภาพที่ 4.2 การเก็บตัวอย่างดินรอบรากมันสำปะหลัง

2. การทดสอบคุณสมบัติการส่งเสริมการเจริญของพืช (Plant Growth Promoting Activities) ของแบคทีเรียรอบรากพืช

2.1 Phosphate solubilization assay

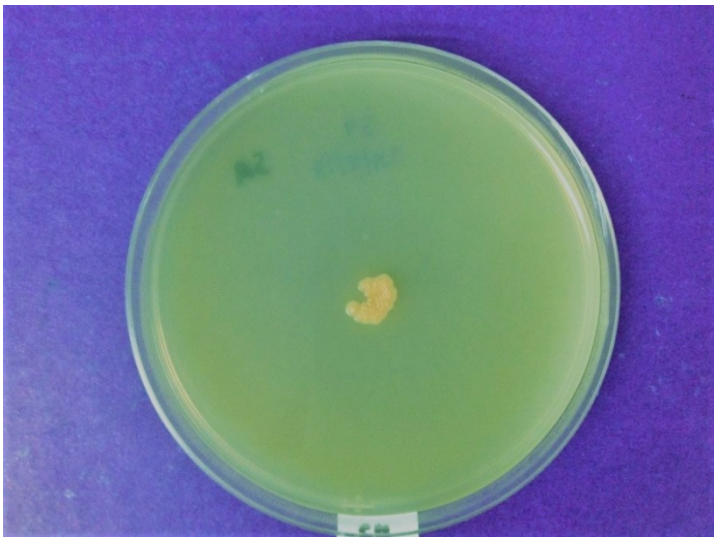
การศึกษาคุณสมบัติ phosphate solubilizer ของแบคทีเรียรอบรากพืช โดยนำตัวอย่างดินใน normal saline มา 0.1 มิลลิลิตร มา spread ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ modified pikovskaya agar บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เลือกโคโลนีของแบคทีเรียที่มี halo zone รอบโคโลนี พบว่า มีแบคทีเรียที่แยกได้จากดินรอบรากมันสำปะหลัง 7 ไอโซเลท ที่ให้ลักษณะ halo zone รอบโคโลนี ประกอบด้วยไอโซเลท S1, S2, S5, S9, S21, S22 และ S24 ตามลำดับ ลักษณะ halo zone รอบโคโลนีแบคทีเรียทั้ง 7 ไอโซเลท บนอาหารเลี้ยงเชื้อ modified pikovskaya agar แสดงในภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 โคโลนีแบคทีเรียที่ให้ลักษณะ halo zone รอบโคโลนีบนอาหารเลี้ยงเชื้อ modified pikovskaya agar

2.2 Siderophore production

การศึกษาความสามารถในการสร้างไซเดอโรฟอร์ของแบคทีเรีย โดยนำแบคทีเรียที่แยกได้จากดินรอบรากมันสำปะหลัง ที่ให้ลักษณะ halo zone รอบโคโลนี ประกอบด้วยไอโซเลท S1, S2, S5, S9, S21, S22 และ S24 ตามลำดับ มาเพาะเลี้ยงเชื้อโดย spot เชื้อลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ CAS agar บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน เลือกโคโลนีที่ให้สีเหลือง - ส้มรอบ ๆ โคโลนี พบว่าแบคทีเรียทั้ง 7 ไอโซเลท มีเพียงไอโซเลทที่สามารถสร้าง siderophore โดยให้โคโลนีที่มีสีเหลือง-ส้มรอบโคโลนี (orange halo size) ได้แก่ ไอโซเลท S9 โดยการสร้าง siderophore บนอาหารเลี้ยงเชื้อ CAS agar ของแบคทีเรียไอโซเลท S9 แสดงในภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 การสร้าง siderophore บนอาหารเลี้ยงเชื้อ CAS agar ของแบคทีเรียที่แยกได้

3. ปริมาณไซเดอร์โรฟอร์ที่ผลิตโดยแบคทีเรีย

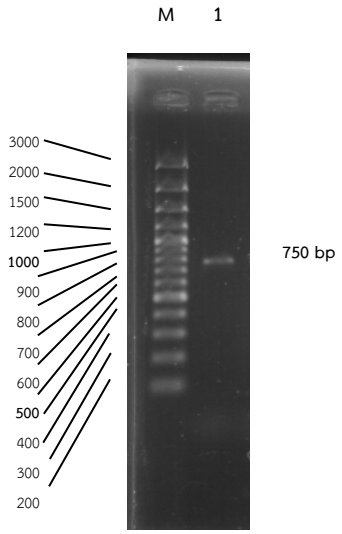
นำแบคทีเรียไอโซเลท S9 ที่คัดเลือกได้มาศึกษาปริมาณการผลิตสารไซเดอร์โรฟอร์ โดยปริมาณไซเดอร์โรฟอร์จะคำนวณออกมาในรูปของเปอร์เซ็นต์ siderophore units (% SU) พบว่าเปอร์เซ็นต์ siderophore units (% SU) เท่ากับ 60.2 %SU

4. การจำแนกแบคทีเรียที่สามารถผลิตสารไซเดอร์โรฟอร์

ผลการจำแนกแบคทีเรียไอโซเลท S9 ที่สามารถผลิตสารไซเดอร์โรฟอร์ โดยศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา และลักษณะทางชีวเคมีโดยใช้ Bergey's Manual of Systemic พบว่า มีลักษณะแกรมลบรูปแท่ง (rod) oxidase test ให้ผลบวก ferment glucose ให้ผล non-acidic และ nitrate reduction ให้ผลบวก

5. การศึกษาลำดับเบสบริเวณ 16s rRNA ของแบคทีเรียเพื่อจัดจำแนกสปีชีส์

การจำแนกชนิดของแบคทีเรียไอโซเลท S9 โดยอาศัยลักษณะทางสัณฐานวิทยา ปฏิกิริยาชีวเคมี และลำดับเบสของ 16s rRNA ซึ่งการหาลำดับเบสของ 16s rRNA ยีน ทำได้โดยสกัด Genomic DNA ของแบคทีเรียและเพิ่มปริมาณ (amplify) DNA ด้วยเทคนิค PCR ด้วยไพรเมอร์ที่จำเพาะ ซึ่งมีลำดับเบสดังนี้ forward 8f: 5'-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-3' และ reverse 1492r: 5'-GGTTACCTTGTTACGACTT-3' โดยใช้อุณหภูมิและเวลาสำหรับเพิ่มปริมาณ DNA บริเวณ 16s rRNA ดังนี้ preheating: 95 องศาเซลเซียส 3 นาที denaturing: 95 องศาเซลเซียส 1 นาที annealing: 60 องศาเซลเซียส 1 นาที extension: 72 องศาเซลเซียส 1 นาที ทำซ้ำขั้นตอน denaturing ถึง extension 25 รอบ ตามด้วย final extension: 72 องศาเซลเซียส 10 นาที ความยาวของ PCR product ที่ได้อยู่ระหว่าง 750 bp และนำมาวิเคราะห์ลำดับเบสโดยการทำ DNA sequencing นำลำดับเบสที่ได้มาเทียบกับลำดับเบสในฐานข้อมูล NCBI พบว่า ลำดับเบสของแบคทีเรียที่สร้างไซเดอร์โรฟอร์ มีความเหมือนกับลำดับเบสของ *Pseudomonas fluorescens* strain IGFRI_PSB_9a(2)_16S ถึง 99 %



ภาพที่ 4.5 ผลการเพิ่มปริมาณ DNA ส่วน Conserved regions ของ 16S ด้วยเทคนิค PCR โดยใช้ไพรเมอร์ที่จำเพาะ เลน M 100 bp DNA ladder; เลน 1 PCR product ขนาด 750 bp จากดีเอ็นเอของแบคทีเรียไอโซเลท S9

การตรึงเซลล์แบคทีเรีย

ตรึงแบคทีเรียไอโซเลท S9 ให้อยู่ในรูปเจลเซลล์ตรึง โดยห่อหุ้มเซลล์แบคทีเรียด้วยโซเดียมอัลจิเนตความเข้มข้น 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ (ภาพ 4.6) แล้วนำไปศึกษาการพองตัวในน้ำและการปลดปล่อยแบคทีเรียในรูปของเจลเซลล์ตรึงในน้ำ

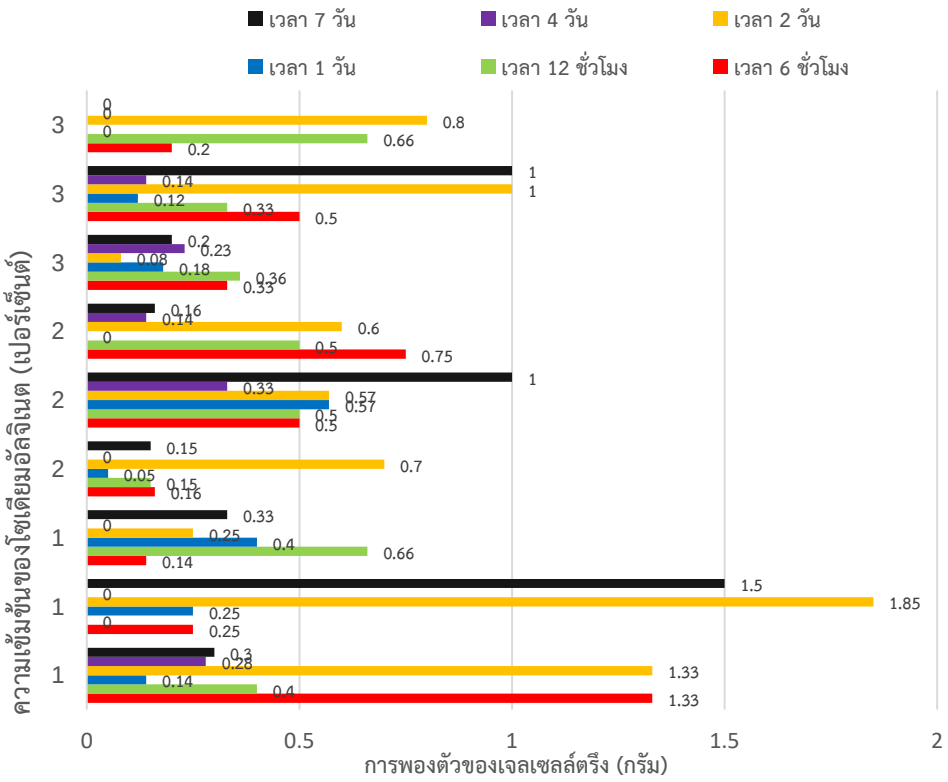
ภาพที่ 4.6 แบคทีเรียในรูปเจลเซลล์ตรึงที่ห่อหุ้มด้วยโซเดียมอัลจิเนตความเข้มข้น 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์

4.1.1 การพองตัวของเจลเซลล์ตรึงในน้ำ

การศึกษาความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตในการห่อหุ้มแบคทีเรียไอโซเลท S9 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันคือ 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ ที่เตรียมโดยใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.03, 0.05 และ 0.07 โมล แช่ในน้ำกลั่น sterile วางไว้ที่อุณหภูมิห้องในระยะเวลา 6, 12 ชั่วโมง และ 1, 2, 4 และ 7 วันตามลำดับ ชั่งน้ำหนักที่เปียกและน้ำหนักที่แห้ง แล้วนำมาคำนวณผลการพองตัวของแบคทีเรียในรูปเจลเซลล์ตรึง เพื่อศึกษาความแข็งแรงและความสามารถในการคงสภาพของผนังเจลเซลล์ตรึง พบว่า การพองตัวของแบคทีเรียในรูปเจลเซลล์ตรึงในระยะเวลา 6 ชั่วโมง การห่อหุ้มเซลล์ด้วยโซเดียมอัลจิเนตที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ที่เตรียมโดยใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 0.03 โมล มีการพองตัวสูงสุดเท่ากับ 1.33 กรัม ในระยะเวลา 12 ชั่วโมง การห่อหุ้มเซลล์ด้วยโซเดียมอัลจิเนตที่ความเข้มข้น 1 และ 3 เปอร์เซ็นต์ แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 0.07 โมล มีการพองตัวสูงสุดเท่ากับ 0.66 กรัม ในระยะเวลา 1 วัน การห่อหุ้มเซลล์ด้วยโซเดียมอัลจิเนตความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ เตรียมโดยใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 0.05 โมล มีการพองตัวสูงสุดเท่ากับ 0.57 กรัม ในระยะเวลา 2 วัน การห่อหุ้มเซลล์ด้วยโซเดียมอัลจิเนตที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 0.05 โมลมีการพองตัวสูงสุดเท่ากับ 1.85 กรัม ในระยะเวลา 4 วัน การห่อหุ้มเซลล์ด้วยโซเดียมอัลจิเนตที่ความเข้มข้น 2 เตรียมโดยใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 0.05 โมลมีการพองตัวสูงสุดเท่ากับ 0.33 กรัม และในระยะเวลา 7 วัน การห่อหุ้มเซลล์ด้วยโซเดียมอัลจิเนตความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 0.05 โมล มีการพองตัวสูงสุดเท่ากับ 1.5 กรัมเมื่อเปรียบเทียบการพองตัวของเจลเซลล์ตรึงในการห่อหุ้มโซเดียมอัลจิเนตที่ความเข้มข้นต่าง ๆ คือ 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น0.03, 0.05 และ 0.07 โมล ในระยะเวลา 6, 12 ชั่วโมง และ 1, 2, 4 และ 7 วัน ตามลำดับ พบว่าการห่อหุ้มเซลล์ด้วยโซเดียมอัลจิเนตที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ที่เตรียมโดยใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 0.05 โมล มีการพองตัวสูงสุดโดยเจลเซลล์ตรึงไม่แตกออกจากกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และในภาพที่ 4.7

ตารางที่ 4.1 การพองตัวของเจลเซลล์ตรึงที่ห่อหุ้มด้วยโซเดียมอัลจิเนตความเข้มข้น 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ ในน้ำ ระยะเวลา 6, 12 ชั่วโมง และ 1, 2, 4 และ 7 วัน ตามลำดับ

ความเข้มข้นโซเดียมอัลจิเนต (เปอร์เซ็นต์)	แคลเซียมคลอไรด์ (โมล)	การพองตัว (กรัม)					
		6 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง	1 วัน	2 วัน	4 วัน	7 วัน
1	0.03	1.33	0.4	0.14	1.33	0.28	0.3
1	0.05	0.25	0	0.25	1.85	0	1.5
1	0.07	0.14	0.66	0.4	0.25	0	0.33
2	0.03	0.16	0.15	0.05	0.7	0	0.15
2	0.05	0.5	0.5	0.57	0.57	0.33	1
2	0.07	0.75	0.5	0	0.6	0.14	0.16
3	0.03	0.33	0.36	0.18	0.08	0.23	0.2
3	0.05	0.5	0.33	0.12	1	0.14	1
3	0.07	0.2	0.66	0	0.8	0	0



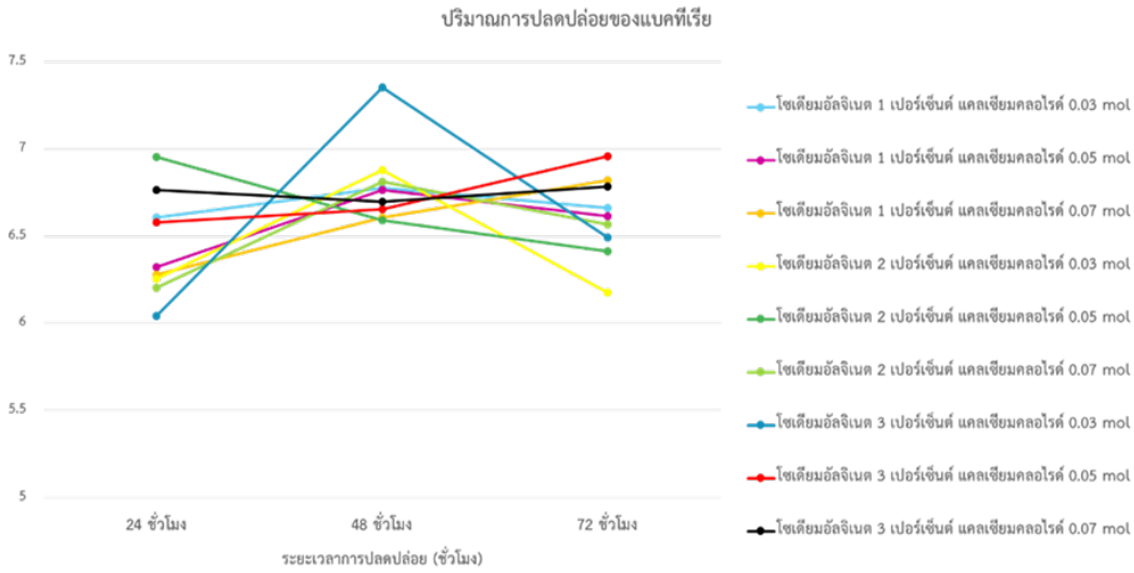
ภาพที่ 4.7 การพองตัวของเจลเซลล์ตรึงที่ห่อหุ้มด้วยโซเดียมอัลจิเนตความเข้มข้น 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ ในน้ำ ระยะเวลา 6, 12 ชั่วโมง และ 1, 2, 4 และ 7 วัน ตามลำดับ

4.2 ปริมาณการปลดปล่อยแบคทีเรียในรูปของเซลล์ตรึง

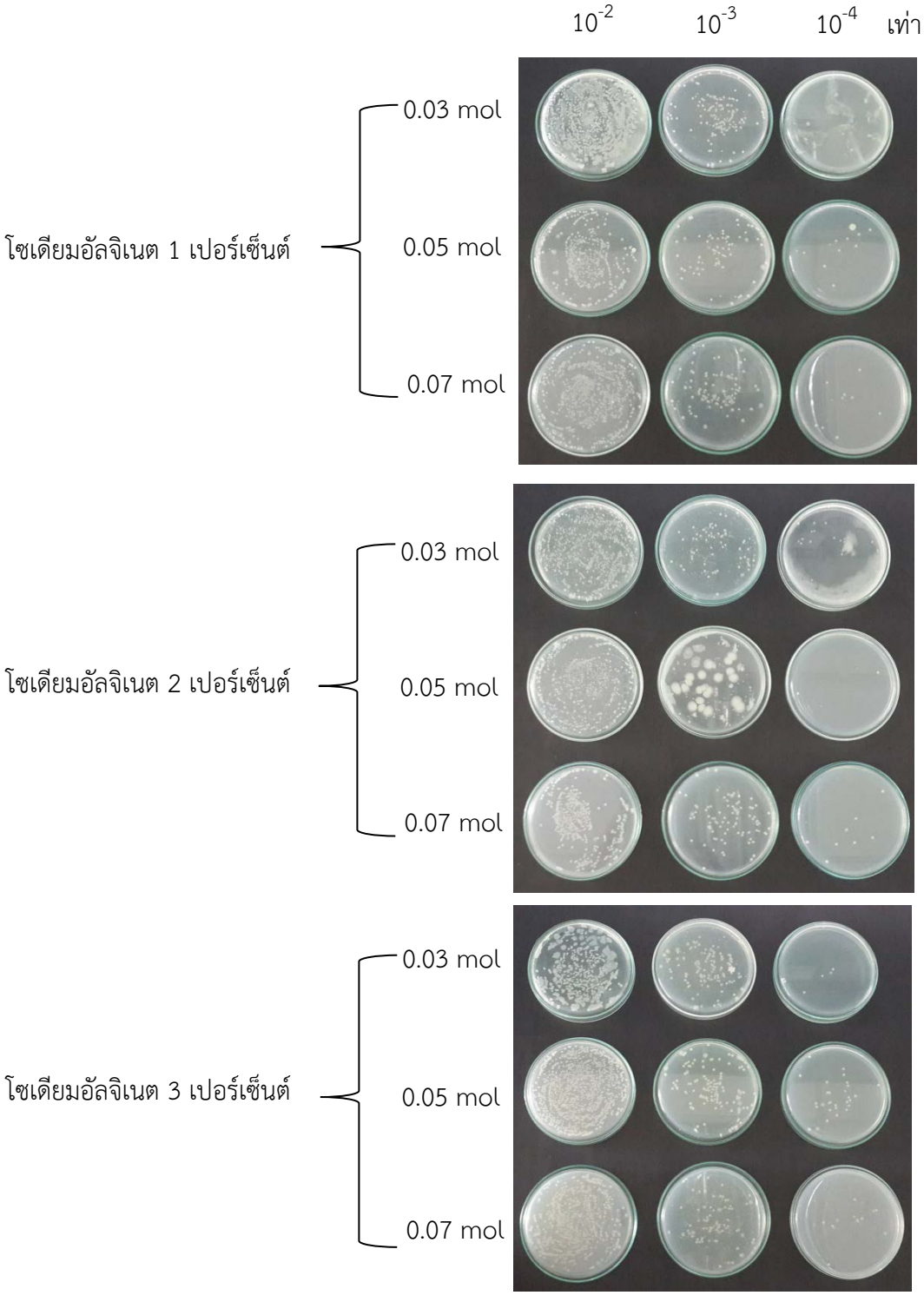
จากการศึกษาปริมาณการปลดปล่อยของแบคทีเรีย ไอโซเลท S9 ที่ห่อหุ้มด้วยโซเดียมอัลจิเนตความเข้มข้น 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ ที่เตรียมโดยใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 0.03, 0.05 และ 0.07 โมล แช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.85 แปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ทำการเจือจางซัสเพนชั่นของเซลล์แบบ ten-fold dilution จนได้ความเข้มข้นที่ 10^{-1} ถึง 10^{-4} นับจำนวนเซลล์ที่มีชีวิต โดยวิธีการ spread plate นับจำนวนโคโลนี รายงานผลเป็น Log CFU/ml พบว่า ปริมาณการรอดชีวิตของแบคทีเรียในระยะเวลา 24 ชั่วโมง การห่อหุ้มด้วยโซเดียมอัลจิเนตความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ที่เตรียมโดยใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 0.05 โมล มีปริมาณการปลดปล่อยของแบคทีเรียสูงสุดเท่ากับ 6.954 Log CFU/ml ในระยะเวลา 48 ชั่วโมง พบว่าการห่อหุ้มด้วยโซเดียมอัลจิเนตความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ เตรียมโดยใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 0.03 โมล มีปริมาณการปลดปล่อยของแบคทีเรียสูงสุดเท่ากับ 7.354 Log CFU/ml ในระยะเวลา 72 ชั่วโมง พบว่า การห่อหุ้มด้วยโซเดียมอัลจิเนตความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ เตรียมโดยใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 0.05 โมล มีปริมาณการปลดปล่อยของแบคทีเรียสูงสุดเท่ากับ 6.959 Log CFU/ml เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตและสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มากขึ้น พบว่า มีปริมาณการปลดปล่อยของแบคทีเรียที่ใกล้เคียงกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และเมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยแบคทีเรียในรูปเจลเซลล์ตรึงที่มีปริมาณโซเดียมอัลจิเนตที่ความเข้มข้น 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ เตรียมโดยใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีความเข้มข้น 0.03, 0.05 และ 0.07 โมล ตามลำดับ พบว่าการห่อหุ้มด้วยโซเดียมอัลจิเนตที่ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ เตรียมโดยใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.05 โมล มีแนวโน้มการปลดปล่อยแบคทีเรียที่สูงขึ้น ในระยะเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง เท่ากับ 6.580, 6.653 และ 6.959 Log CFU/ml ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 4.8 ปริมาณแบคทีเรียไอโซเลท S9 ที่ปลดปล่อยจากเจลเซลล์ตรึงระยะเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง แสดงในภาพที่ 4.9, 4.10 และ 4.11 จากนั้นนำเจลเซลล์ตรึงที่มีปริมาณการปลดปล่อยที่ดีที่สุดไปศึกษาการรอดชีวิตของแบคทีเรียในรูปเจลเซลล์ตรึงในสภาวะต่าง ๆ ต่อไป

ตารางที่ 4.2 ปริมาณการปลดปล่อยแบคทีเรีย ไอโซเลท S9 ที่ห่อหุ้มด้วยโซเดียมอัลจิเนตความเข้มข้น 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ เตรียมโดยใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.03, 0.05 และ 0.07 โมล ในระยะเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง

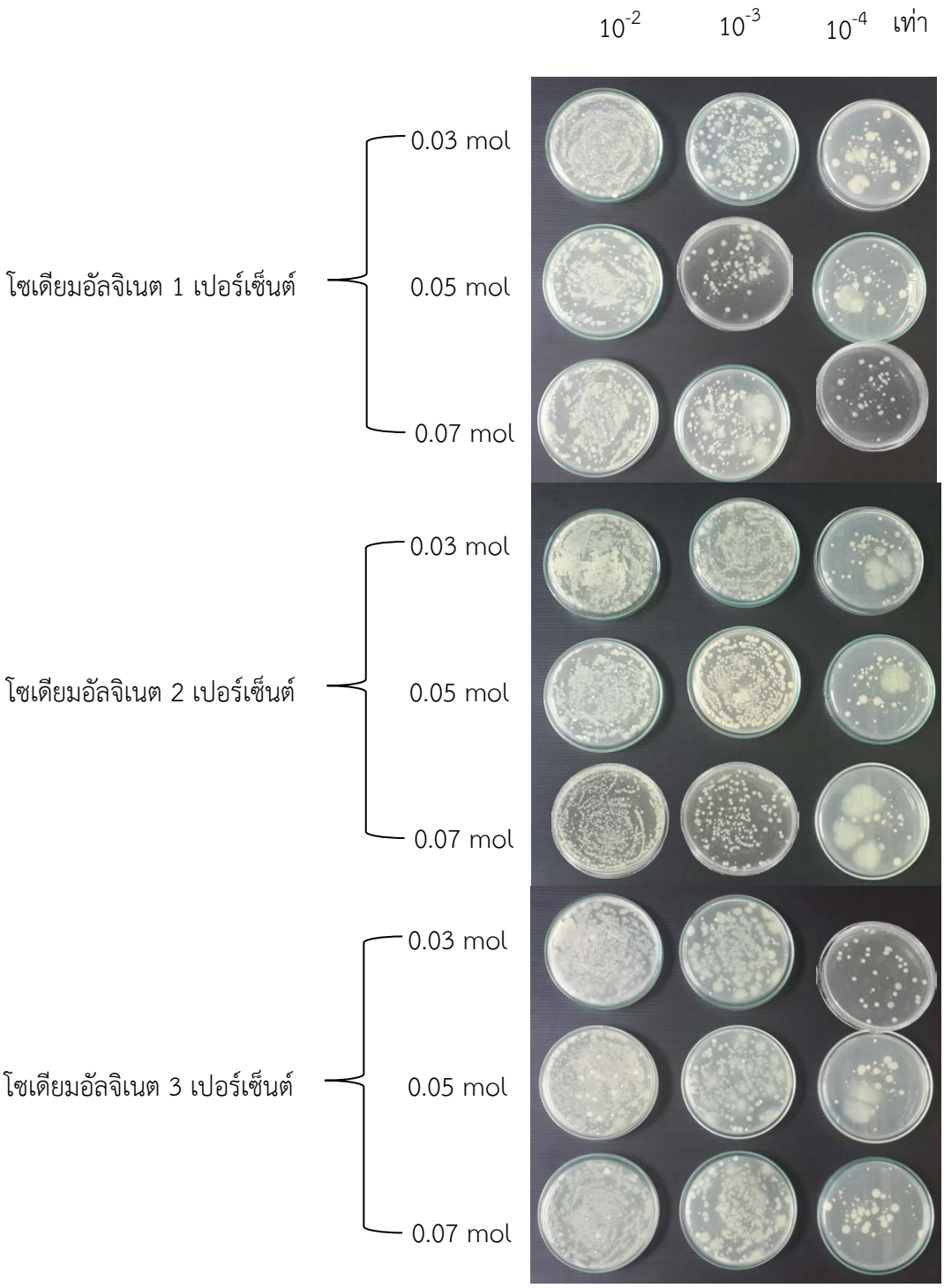
ความเข้มข้นโซเดียมอัลจิเนต (เปอร์เซ็นต์)	แคลซียมคลอไรด์ (โมล)	ปริมาณการปลดปล่อยแบคทีเรียของเจลเซลล์ตรึง					
		24 ชั่วโมง		48 ชั่วโมง		72 ชั่วโมง	
		CFU/ml	Log CFU/ml	CFU/ml	Log CFU/ml	CFU/ml	Log CFU/ml
1	0.03	$4.04x10^6$	6.606	$6x10^6$	6.778	$4.6x10^6$	6.663
1	0.05	$2.1x10^6$	6.322	$5.8x10^6$	6.763	$4.1x10^6$	6.613
1	0.07	$1.9x10^6$	6.279	$4.05x10^6$	6.607	$6.6x10^6$	6.82
2	0.03	$1.8x10^6$	6.255	$7.6x10^6$	6.881	$1.5x10^6$	6.176
2	0.05	$9x10^6$	6.954	$3.9x10^6$	6.591	$2.6x10^6$	6.415
2	0.07	$1.6x10^6$	6.204	$6.5x10^6$	6.813	$3.7x10^6$	6.568
3	0.03	$1.1x10^6$	6.041	$22.6x10^6$	7.354	$3.1x10^6$	6.491
3	0.05	$3.8x10^6$	6.580	$4.5x10^6$	6.653	$9.1x10^6$	6.959
3	0.07	$5.8x10^6$	6.763	$5x10^6$	6.699	$6.1x10^6$	6.785



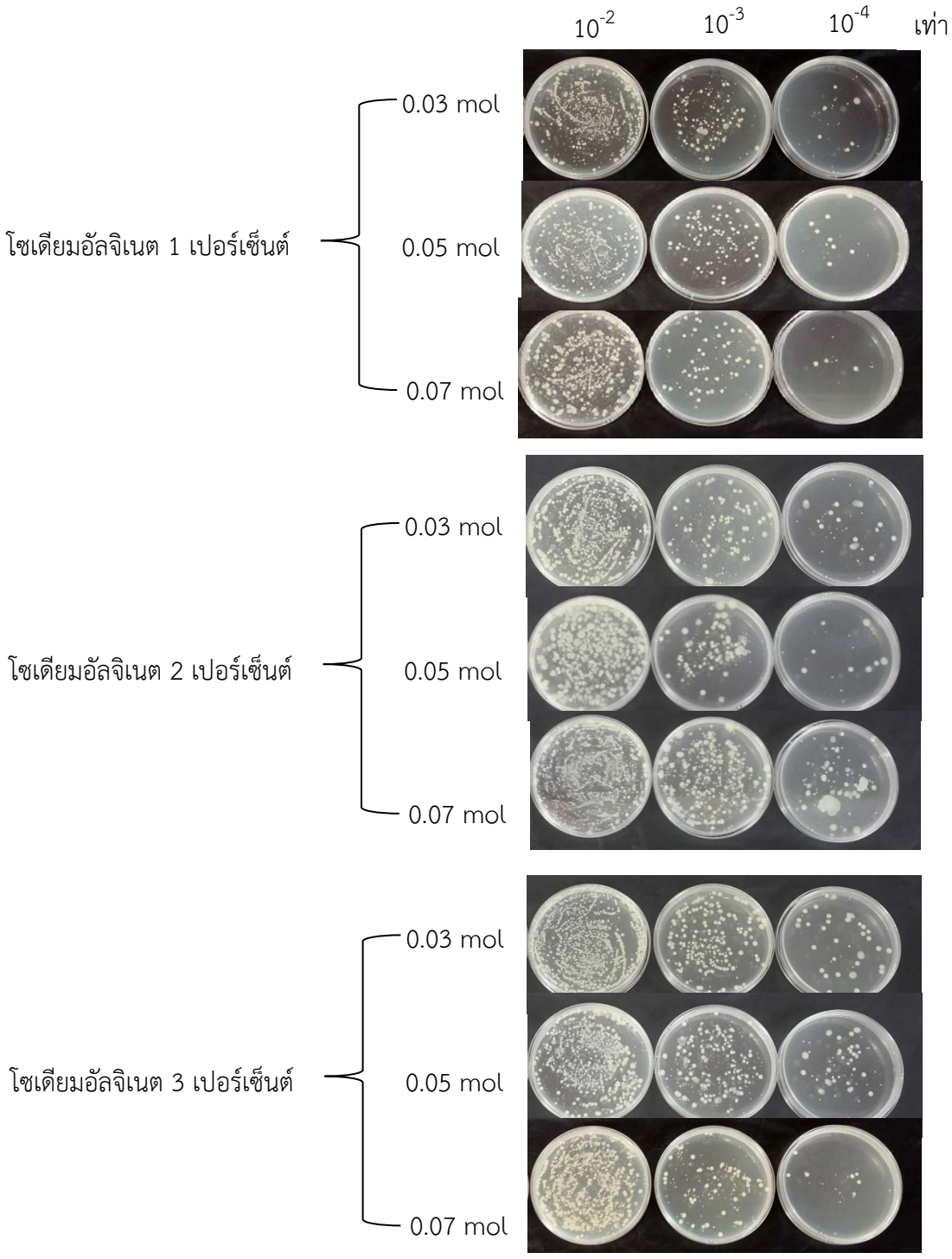
ภาพที่ 4.8 ปริมาณการปลดปล่อยแบคทีเรีย ไอโซเลท S9 ที่ห่อหุ้มด้วยโซเดียมอัลจิเนตความเข้มข้น 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ เตรียมโดยใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.03, 0.05 และ 0.07 โมล ในระยะเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.9 ปริมาณแบคทีเรียไอโซเลท S9 ที่ปลดปล่อยจากเจลเซลล์ตรึง ระยะเวลา 24 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.10 ปริมาณแบคทีเรียไอโซเลท S9 ที่ปลดปล่อยจากเจลเซลล์ตรึง ระยะเวลา 48 ชั่วโมง



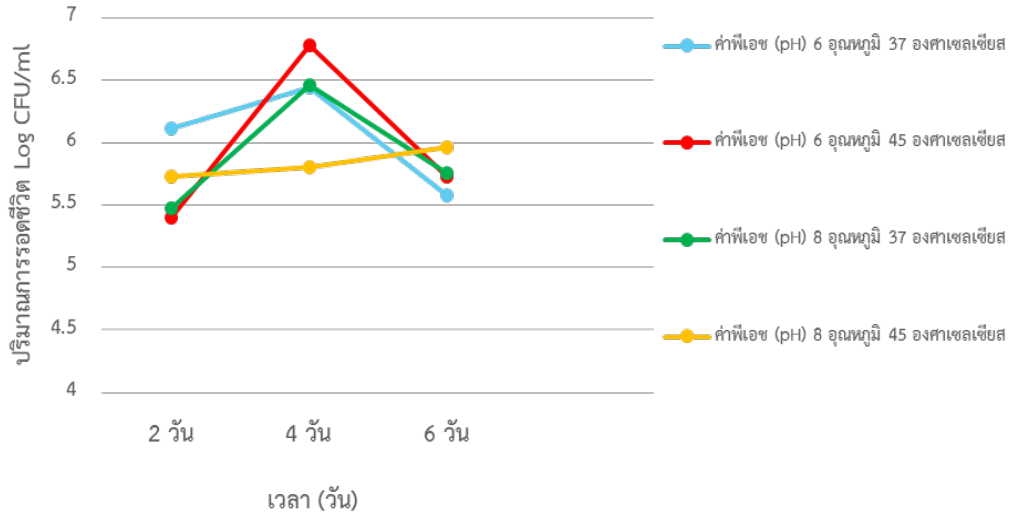
ภาพที่ 4.11 ปริมาณแบคทีเรียไอโซเลท S9 ที่ปลดปล่อยจากเจลเซลล์ตรึง ระยะเวลา 72 ชั่วโมง

4.3 การศึกษาการรอดชีวิตของแบคทีเรียในรูปเจลเซลล์ตรึง

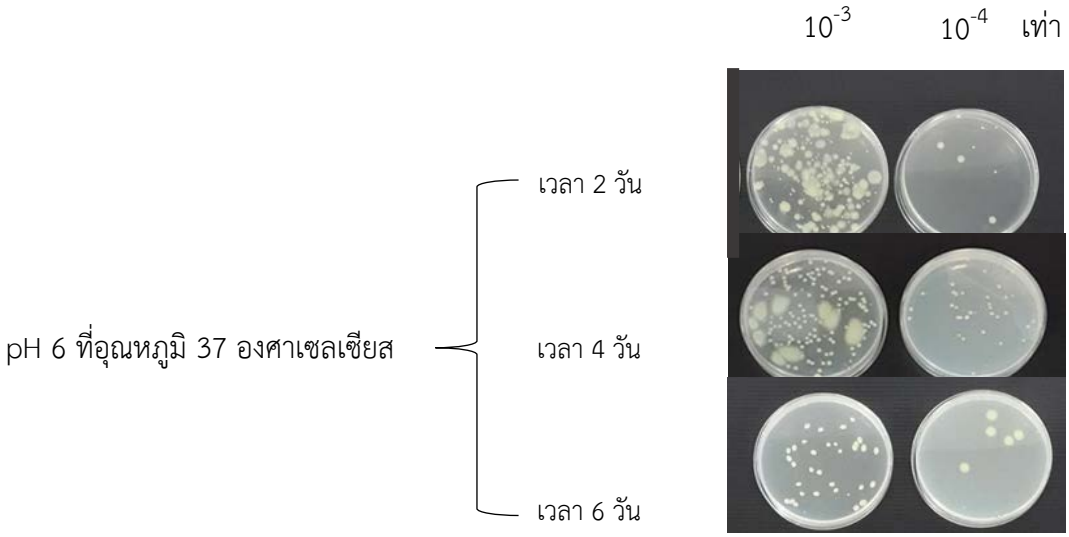
จากการศึกษาปริมาณการปลดปล่อยของแบคทีเรียข้างต้นพบว่าการห่อหุ้มเซลล์ด้วยโซเดียมอัลจิเนตที่ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 0.05 โมล มีแนวโน้มการปลดปล่อยแบคทีเรียที่สูงขึ้น ในระยะเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง จึงนำเจลเซลล์ตรึงที่มีปริมาณการปลดปล่อยที่ดีที่สุด ไปใช้ในการศึกษาการรอดชีวิตของแบคทีเรียในรูปเจลเซลล์ตรึงในสภาวะต่าง ๆ โดยนำอัลจิเนตเจลเซลล์ตรึงความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ เตรียมโดยใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 0.05 โมล มาศึกษาการรอดชีวิตของแบคทีเรียในสภาวะที่อุณหภูมิ 37 และ 45 องศาเซลเซียส และค่าพีเอชเท่ากับ 6 และ 8 เป็นเวลา 2, 4 และ 6 วัน ทำการเจือจางซัสเพนชั่นของเซลล์แบบ ten-fold dilution นับจำนวนเซลล์ที่มีชีวิตโดยวิธีการ spread plate ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Agar (นับจำนวนโคโลนี) รายงานผลเป็น Log CFU/ml จากการศึกษาการรอดชีวิตของแบคทีเรียในรูปเจลเซลล์ตรึงในสภาวะค่าพีเอชเท่ากับ 6 และ 8 ที่อุณหภูมิ 37 และ 45 องศาเซลเซียส พบว่า สภาวะค่าพีเอช 6 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส มีปริมาณการรอดชีวิตของแบคทีเรีย ในระยะเวลา 2, 4 และ 6 วัน มีจำนวนการรอดชีวิตของแบคทีเรีย เท่ากับ 6.114, 6.447 และ 5.580 Log CFU/ml ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลซียส มีปริมาณการรอดชีวิตของแบคทีเรีย ในระยะเวลา 2, 4 และ 6 วัน มีจำนวนการรอดชีวิตของแบคทีเรีย เท่ากับ 5.398, 6.778 และ 5.732 Log CFU/ml และสภาวะค่าพีเอช 8 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสในระยะเวลา 2, 4 และ 6 วัน มีจำนวนการรอดชีวิตของแบคทีเรีย เท่ากับ 5.477, 6.462 และ 5.756 Log CFU/ml ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีปริมาณการรอดชีวิตของแบคทีเรีย ในระยะเวลา 2, 4 และ 6 วัน เท่ากับ 5.732, 5.806 และ 5.768 Log CFU/ml เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการรอดชีวิตของแบคทีเรียในสภาวะต่าง ๆ พบว่า สภาวะค่าพีเอช 6 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลซียส แบคทีเรียมีจำนวนการรอดชีวิตสูงสุดในช่วงระยะเวลา 4 วัน และจะลดน้อยลงในช่วงระยะเวลา 6 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4.3 ผลของสภาวะค่าพีเอช 6 ที่อุณหภูมิ 37 และ 45 องศาเซลเซียส และสภาวะค่าพีเอช 8 ที่อุณหภูมิ 37 และ 45 องศาเซลเซียส ที่มีผลต่อการรอดชีวิตของแบคทีเรียในรูปเจลเซลล์ตรึง แสดงในภาพ 4.12, 4.13, 4.14, 4.15 และ 4.16

ตารางที่ 4.3 ปริมาณการรอดชีวิตของแบคทีเรียที่ห่อหุ้มด้วยโซเดียมอัลจิเนตความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ เตรียมโดยใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.05 โมล ในระยะเวลา 2, 4 และ 6 วัน

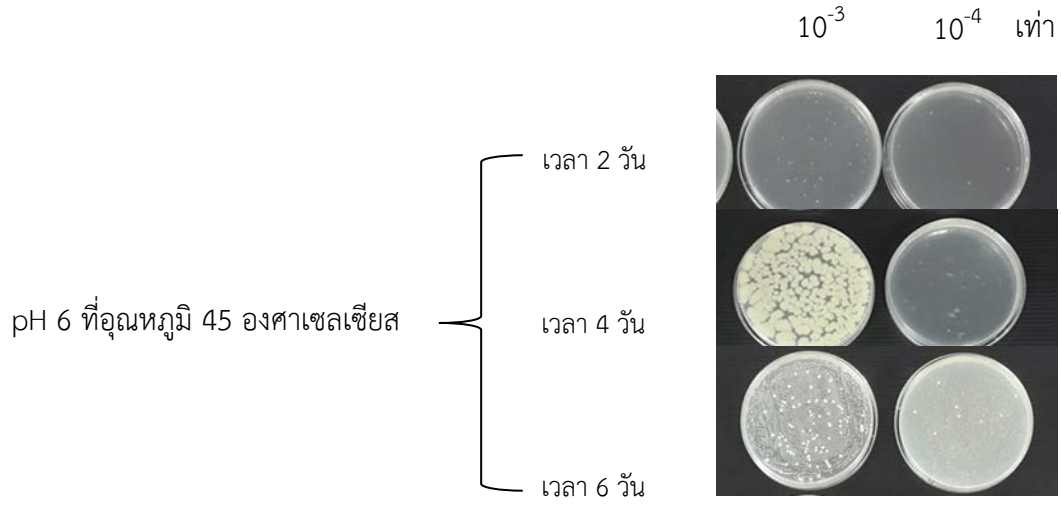
ค่าพีเอช (pH)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	การรอดชีวิตของแบคทีเรีย (Log CFU/ml)		
		2 วัน	4 วัน	6 วัน
pH 6	37	6.114	6.447	5.580
pH 6	45	5.398	6.778	5.732
pH 8	37	5.477	6.462	5.756
pH 8	45	5.732	5.806	5.968



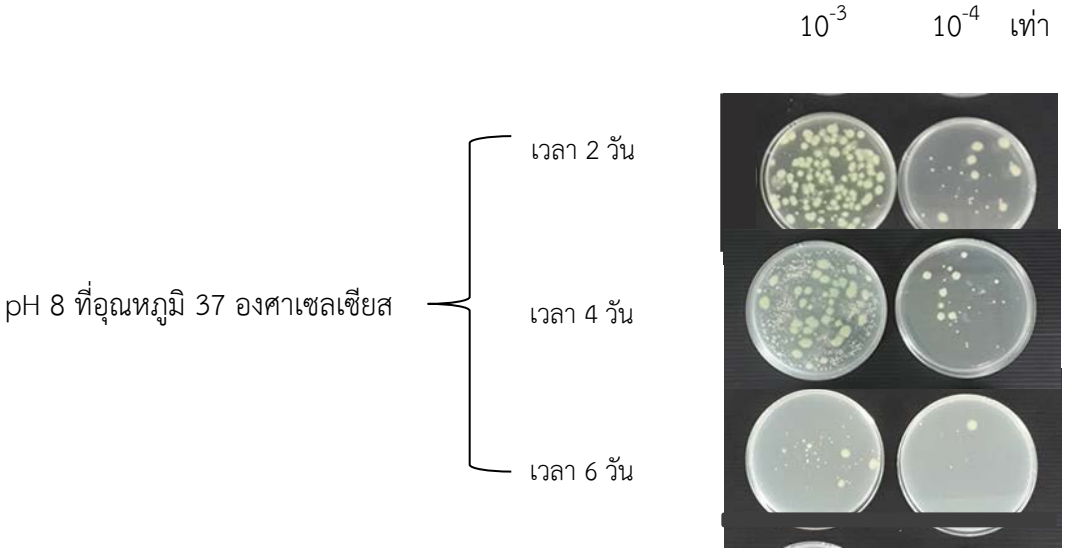
ภาพที่ 4.12 ผลของสภาวะค่าพีเอช 6 ที่อุณหภูมิ 37 และ 45 องศาเซลเซียส และสภาวะค่าพีเอช 8 ที่อุณหภูมิ 37 และ 45 องศาเซลเซียส ที่มีผลต่อการรอดชีวิตของแบคทีเรียในรูปเจลเซลล์ตรึง



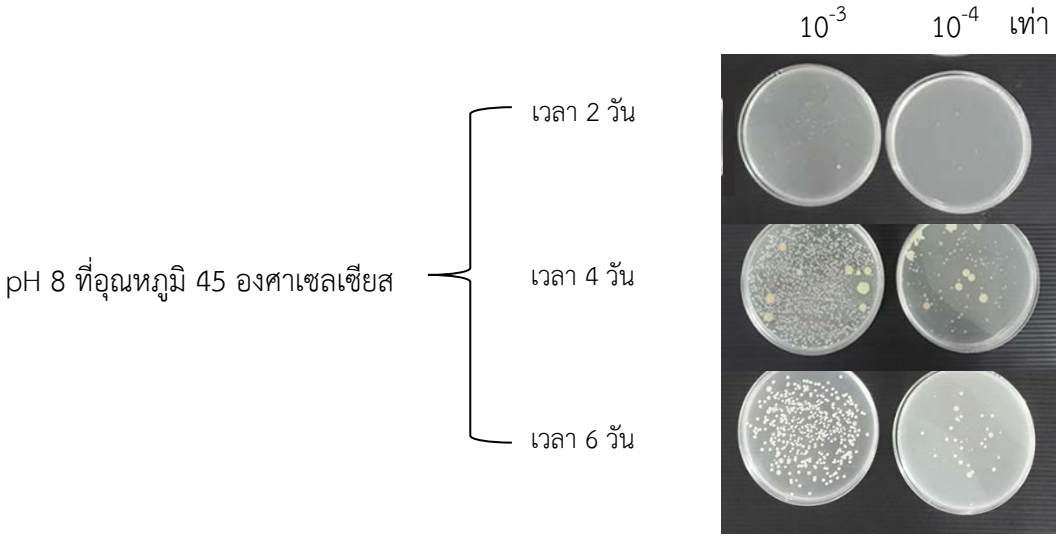
ภาพที่ 4.13 การรอดชีวิตของแบคทีเรียไอโซเลท S9 ในสภาวะค่าพีเอช เท่ากับ 6 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ที่เวลา 2, 4 และ 6 วัน



ภาพที่ 4.14 การรอดชีวิตของแบคทีเรียไอโซเลท S9 ในสภาวะค่าพีเอช เท่ากับ 6 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ที่เวลา 2, 4 และ 6 วัน



ภาพที่ 4.15 การรอดชีวิตของแบคทีเรียไอโซเลท S9 ในสภาวะค่าพีเอช เท่ากับ 8 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ที่เวลา 2, 4 และ 6 วัน



ภาพที่ 4.16 การรอดชีวิตของแบคทีเรียไอโซเลท S9 ในสภาวะค่าพีเอช เท่ากับ 8 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ที่เวลา 2, 4 และ 6 วัน