

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
การตกตะกอนคาร์บอเนตโดยจุลินทรีย์ (Microbial carbonate precipitation, MCP).....	5
การตกตะกอนคาร์บอเนตโดยจุลินทรีย์ผ่านกระบวนการไฮโดรไลซิสของยูเรีย (Microbial carbonate precipitation by way of urea Hydrolysis).....	6
การเกิด MCP เพื่อสร้างความแข็งแรงของวัสดุที่มีรูปทรงแท่ง.....	10
Calcite In-situ Precipitation System (CIPS).....	11
ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเกิด cementation	11
แหล่งของจุลินทรีย์ที่ผลิตเอนไซม์ยูรีเอส.....	13
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	19
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	20
อาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียและสารเคมี.....	21
วิธีดำเนินการวิจัย.....	21
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	34
4 ผลการวิจัย.....	35

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5 บทสรุป.....	64
สรุปผลการวิจัย.....	64
อภิปรายผลการวิจัย.....	65
ข้อเสนอแนะ.....	70
บรรณานุกรม.....	71
ภาคผนวก.....	76
ผลงานตีพิมพ์.....	93

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	การผลิต CaCO_3 โดยจุลินทรีย์ที่สร้างคาร์บอเนตจากกระบวนการไฮโดรไลซิสของยูเรีย.....	8
2	กลุ่มของจุลินทรีย์ที่กิจกรรมของเอนไซม์ยูรีเอสไม่ถูกยับยั้งโดยแอมโมเนียม.....	15
3	จำนวนของเชื้อแบคทีเรียที่สามารถชักนำให้เกิดตะกอนคาร์บอเนตบนอาหาร urea- CaCl_2 agar	37
4	จำนวนเชื้อแบคทีเรียจากการทดสอบยืนยันกิจกรรมของเอนไซม์ยูรีเอสและ Urease activity	37
5	ผลของระดับ pH เริ่มต้นของอาหารเลี้ยงเชื้อ nutrient broth ต่อการทำงานของเอนไซม์ยูรีเอสของแบคทีเรีย (n = 3).....	37
6	ผลของความเข้มข้นของยูเรียต่อการทำงานของเอนไซม์ยูรีเอสของแบคทีเรียที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ nutrient broth pH7 (n = 3).....	38
7	ผลของความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ต่อการทำงานของเอนไซม์ยูรีเอสของแบคทีเรีย ที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ nutrient broth pH7 และยูเรียความเข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ (n = 3).....	38
8	ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความเหมือน 16S rDNA ของไอโซเลท G27 กับแบคทีเรียชนิดอื่น	40
9	อัตราการตกตะกอนแคลเซียมคาร์บอเนตบนพื้นผิวเม็ดทรายโดยแบคทีเรีย <i>S. koreensis</i> G27 (n = 5).....	41
10	การมีชีวิตของเชื้อที่สามารถผลิตเอนไซม์ยูรีเอสบนพื้นผิววัสดุตัวอย่าง.....	61
11	ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของพื้นผิววัสดุตัวอย่างด้านที่ไม่ได้ทาสารเคลือบใส (n = 12).....	63
12	การเตรียมสารละลายมาตรฐาน 50-250 ไมโครโมลาร์ NH_4Cl	80
13	ลำดับนิวคลีโอไทด์ของแบคทีเรีย ไอโซเลท G27.....	93

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	Chemical speciation ของ H_2CO_3 (Δ), HCO_3^- (\bullet) และ CO_3^{2-} (\blacktriangle) ที่ 25°C	13
2	Coupling of urea hydrolysis และ ATP generation ของ <i>S. pasteurii</i>	17
3	Chemical speciation ของ Ammonia (NH_3) (\circ) และ ammonium (NH_4^+) (\bullet) ที่ pH ต่างๆ.....	18
4	ลักษณะการจัดโมเดลคอลัมน์ทรายตามแนวตั้ง.....	27
5	การเรียงอิฐตัวอย่างจำนวนสิบสองก้อน.....	30
6	การคลุมชุดอิฐตัวอย่างจำนวนสิบสองก้อน ด้วยถุงพลาสติก.....	32
7	การคลุมชุดอิฐตัวอย่างจำนวนสิบสองก้อน ด้วยฉนวนกันความร้อน.....	32
8	อิฐตัวอย่างที่ถูกทำการแช่ในน้ำกลั่น.....	33
9	การชั่งน้ำส่วนเกินออก.....	33
10	การตกตะกอนของแคลเซียมคาร์บอเนตบนอาหาร urea- CaCl_2 agar.....	36
11	การทดสอบยืนยันกิจกรรมของเอนไซม์ยูรีเอส บนอาหาร urea agar.....	36
12	น้ำหนักแห้งของตะกอนคาร์บอเนตที่เกิดจากการชักนำของแบคทีเรีย ในสภาวะของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ระดับ pH เริ่มต้นที่ 7 ยูเรีย 50 มิลลิโมลาร์ และ CaCl_2 30 มิลลิโมลาร์.....	39
13	ปริมาณตะกอนคาร์บอเนตชีวภาพของแบคทีเรียไอโซเลท G27.....	39
14	การติดสีแกรมและลักษณะเอนโดสปอร์ของแบคทีเรียไอโซเลท G27.....	40
15	ลักษณะพื้นผิวเม็ดทรายก่อนการทดลองและในชุดควบคุม.....	42
16	ลักษณะพื้นผิวเม็ดทรายในชุดทดลอง.....	43
17	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากการตกตะกอนแคลเซียมคาร์บอเนตบนพื้นผิวอิฐตัวอย่าง ขนาดเล็ก ($n = 5$).....	45
18	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากการตกตะกอนแคลเซียมคาร์บอเนตบนพื้นผิวอิฐตัวอย่าง ขนาดใหญ่ ($n = 5$).....	45
19	ลักษณะพื้นผิวอิฐตัวอย่างก่อนนำไปทดลองและในชุดควบคุม.....	46

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
20	ลักษณะพื้นผิวชิ้นอิฐตัวอย่างในชุดทดลอง..... 47
21	น้ำหนัที่หายไปของชิ้นอิฐตัวอย่างขนาดเล็กหลังจากผ่านการ Sonication (n = 5)..... 49
22	น้ำหนัที่หายไปของชิ้นอิฐตัวอย่างขนาดใหญ่หลังจากผ่านการ Sonication (n = 5)..... 49
23	ลักษณะพื้นผิวชิ้นอิฐตัวอย่างขนาดเล็กจากการทดสอบความแข็งแรง..... 50
24	ลักษณะพื้นผิวชิ้นอิฐตัวอย่างขนาดใหญ่จากการทดสอบความแข็งแรง..... 51
25	ลักษณะพื้นผิวอิฐตัวอย่างขนาด 6x12x6 เซนติเมตร ก่อนนำมาทดลอง..... 54
26	ลักษณะพื้นผิวอิฐตัวอย่างขนาด 6x12x6 เซนติเมตร ของชุดควบคุม ที่ฉีดพ่นโดยน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ..... 55
27	ลักษณะพื้นผิวอิฐตัวอย่างขนาด 6x12x6 เซนติเมตร ของชุดควบคุม ที่ทาโดยน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ..... 56
28	ลักษณะพื้นผิวอิฐตัวอย่างขนาด 6x12x6 เซนติเมตร ของชุดควบคุม ที่ฉีดพ่นโดย urea-CaCl ₂ broth..... 57
29	ลักษณะพื้นผิวอิฐตัวอย่างขนาด 6x12x6 เซนติเมตร ของชุดควบคุม ที่ทาโดย urea-CaCl ₂ broth..... 58
30	ลักษณะพื้นผิวอิฐตัวอย่างขนาด 6x12x6 เซนติเมตร ของชุดทดลอง ที่ฉีดพ่นโดยหัวเชื้อแบคทีเรียผสมกับ urea-CaCl ₂ broth..... 59
31	ลักษณะพื้นผิวอิฐตัวอย่างขนาด 6x12x6 เซนติเมตร ของชุดทดลอง ที่ทาโดยหัวเชื้อแบคทีเรียผสมกับ urea-CaCl ₂ broth..... 60
32	การติดสีแกรมของหัวเชื้อแบคทีเรีย <i>S. koreensis</i> G27 อายุ 72 ชั่วโมง ก่อนนำมาใช้ทดลอง ซึ่งสามารถเห็นเอ็นโดสปอร์ที่หลุดออกมาจาก เซลล์..... 62
33	การติดสีแกรมของแบคทีเรียบน urea agar จากชุดทดลอง..... 62