



ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

ภาคผนวก ก

สูตรอาหารสำหรับเพาะเลี้ยงเชื้อ

1. สูตรอาหารสำหรับเพาะเลี้ยงไซยาโนแบคทีเรีย

1.1 อาหารเลี้ยงเชื้อสูตร BG-11 (Stanier *et al.*, 1971; Rippka *et al.*, 1978)

NaNO ₃	1.5	กรัม
K ₂ HPO ₄ •3H ₂ O	0.04	กรัม
MgSO ₄ •7H ₂ O	0.075	กรัม
CaCl ₂ •2H ₂ O	0.036	กรัม
Citric acid	0.006	กรัม
Ferric ammonium citrate	0.006	กรัม
EDTA (disodium salt)	0.001	กรัม
Na ₂ CO ₃	0.02	กรัม
Trace metal mix A5	1	มิลลิลิตร
H ₃ CO ₃	0.00286	กรัม
MnCl ₂ •4H ₂ O	0.00181	กรัม
ZnSO ₄ •7H ₂ O	0.00022	กรัม
Na ₂ MoO ₄ •2H ₂ O	0.00039	กรัม
CuSO ₄ •5H ₂ O	0.000079	กรัม
CO(NO ₃) ₂ •6H ₂ O	0.0000494	กรัม
Distilled water ปรับปริมาตรเป็น	1000	มิลลิลิตร

นำไปนึ่งฆ่าเชื้อโดยใช้หม้อนึ่งความดันไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

1.2 อาหารเลี้ยงเชื้อสูตร BG-11 ปราศจากไนเตรท

		Stock solution
K_2HPO_4	10 mL/L	0.8 g/200 mL
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	10 mL/L	0.15 g/200 mL
$CaCl_2 \cdot 2H_2O$	10 mL/L	0.72 g/200 mL
Citric Acid $\cdot H_2O$	10 mL/L	0.12 g/200 mL
$Na_2EDTA \cdot 2H_2O$	10 mL/L	0.12 g/200 mL
Na_2CO_3	10 mL/L	0.02 g/200 mL
BG-11 Trace Metals Solution	1 mL/L	0.4 g/200 mL
Sodium Thiosulfate Pentahydrate	1 mL/L	49.6 g/200 mL
Distilled water	ปรับปริมาตรเป็น 1000	มิลลิลิตร

นำไปนึ่งฆ่าเชื้อโดยใช้หม้อนึ่งความดันไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที โดยอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรนี้จะใช้สำหรับเพาะเลี้ยงเชื้อตั้งต้นของไซยาโนแบคทีเรียในสกุล *Cylindrospermopsis* sp. C013 และ *Dolichospermum* sp. C014

2. สูตรอาหารสำหรับเพาะเลี้ยงแบคทีเรีย

2.1 Mineral salt medium (Ibrahim *et al.*, 2013)

K_2HPO_4	1.8	กรัม
KH_2PO_4	1.2	กรัม
NH_4Cl	4.0	กรัม
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0.2	กรัม
Sodium chloride	0.1	กรัม
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	0.01	กรัม
Distilled water	1,000	มิลลิลิตร

นำไปนึ่งฆ่าเชื้อโดยใช้หม้อนึ่งความดันไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

2.2 Luria Bertani broth (Ishii *et al.*, 2004)

Bacto - tryptone	10	กรัม
Bacto - yeast extract	5	กรัม
NaCl	5	กรัม
Distilled water	1,000	มิลลิลิตร

นำไปนึ่งมาเชื้อโดยใช้หม้อนึ่งความดันไอ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

2.3 Luria Bertani Agar

Tryptone	10	กรัม
Yeast extract	5	กรัม
NaCl	5	กรัม
Agar	1.5	เปอร์เซ็นต์
Distilled water	1000	มิลลิลิตร

นำไปนึ่งมาเชื้อโดยใช้หม้อนึ่งความดันไอ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข

สารเคมีสำหรับทำไมโครซิสตินให้บริสุทธิ์

1. สารละลาย A (Saito *et al.*, 2002)

4-morpholine ethanesulfonic acid-	10.66	กรัม
2-(N-morpholino) ethanesulfonic acid (MES)		
Deionized water	400	มิลลิลิตร
Ethanol	200	มิลลิลิตร
ปรับปริมาตรสุดท้ายให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร ด้วย deionized water		
pH	5.5	

ละลาย MES 10.66 กรัม ใน deionized water ปริมาตร 400 มิลลิลิตร ปรับ pH ให้เท่ากับ 5.5 ด้วยสารละลาย KOH จากนั้นเติม ethanol 200 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรสุดท้ายให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร ด้วย deionized water

2. สารละลาย B (Saito *et al.*, 2002)

4-morpholine ethanesulfonic acid-	10.66	กรัม
2-(N-morpholino) ethanesulfonic acid (MES)		
Deionized water	500	มิลลิลิตร
Sodium chloride (NaCl)	58.5	กรัม
Ethanol	200	มิลลิลิตร
ปรับปริมาตรสุดท้ายให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร ด้วย deionized water		
pH	5.5	

ละลาย MES 10.66 กรัม ใน deionized water 500 มิลลิลิตร เติม NaCl 58.5 กรัม ผสมสารละลายให้เข้ากัน ปรับ pH เท่ากับ 5.5 ด้วยสารละลาย KOH จากนั้นเติม ethanol 200 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรสุดท้ายให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร ด้วย deionized water

3. Potassium hydroxide (KOH) Solution (ใช้สำหรับปรับ pH)

KOH	56	กรัม
Deionized water	1,000	มิลลิลิตร

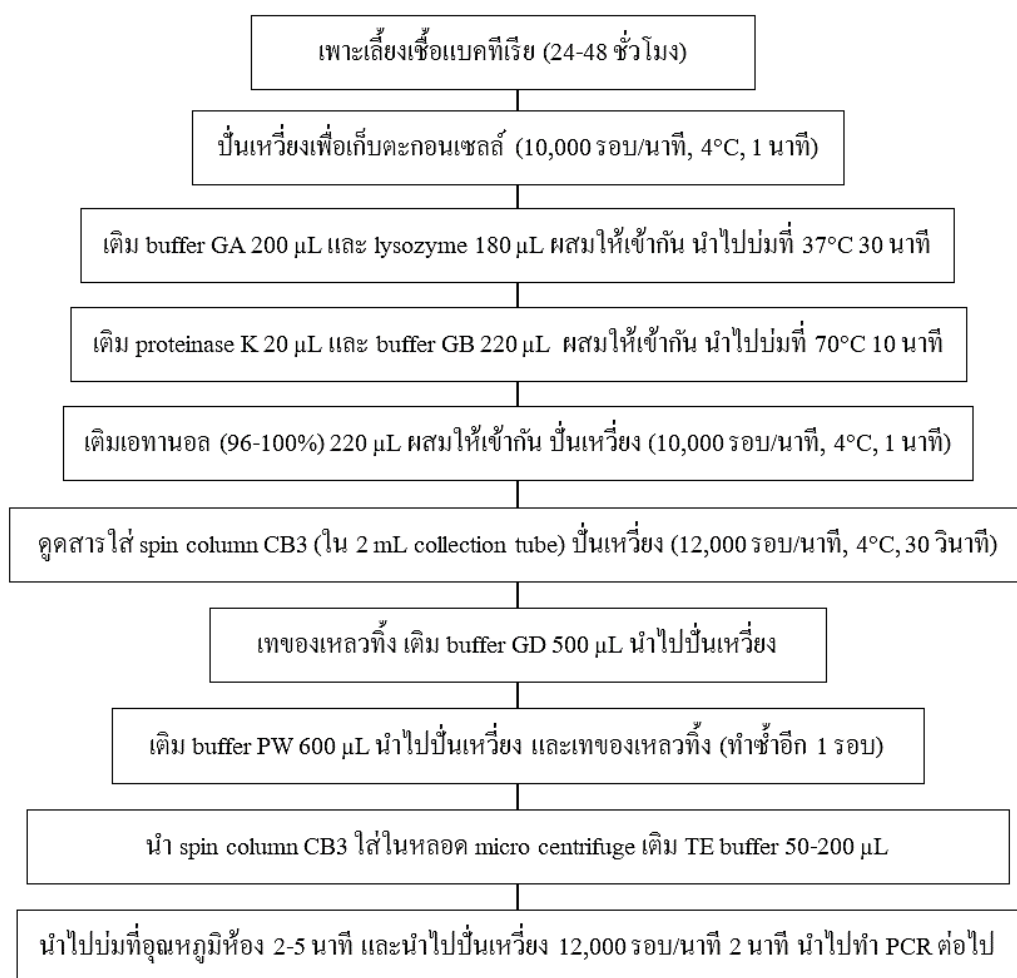


ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีนส์ 16s rRNA

1. การสกัด genomic DNA ของแบคทีเรียด้วย TIANamp Bacteria DNA Kit



2. การเพิ่มปริมาณลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณ 16S rRNA ยีน ด้วย Polymerase Chain Reaction

ตารางที่ 13 ส่วนประกอบในการทำปฏิกิริยาลูกโซ่โพลีเมอเรสของ BIOTAQ™ DNA polymerase

ส่วนประกอบ	ปริมาตร (μL)
10x NH ₄ reaction buffer	2.5
50 mM MgCl ₂ solution	1.5
100 mM dNTP Mix	0.5
BIOTAQ	0.5
Primer 27F (10 μM)	1
Primer 1525R (10 μM)	1
DNA template	3
Distilled water	15
ปริมาตรรวม	25

ตารางที่ 14 สภาวะที่ใช้ในการทำพีซีอาร์ของยีน 16s rRNA

ขั้นตอน	อุณหภูมิ	เวลา
Pre denaturation	94 องศาเซลเซียส	2 นาที
Denaturation	94 องศาเซลเซียส	30 วินาที
Annealing	55 องศาเซลเซียส	30 วินาที
Extension	72 องศาเซลเซียส	30 วินาที
Cycles	35 รอบ	-
Final extension	72 องศาเซลเซียส	7 นาที
Hold	4 องศาเซลเซียส	∞

ตารางที่ 15 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของไพรเมอร์ 27F และ 1492R

ไพรเมอร์	ลำดับนิวคลีโอไทด์ 5'-3'
27F	5' AGAGTTTGATCCTGGCTCAG 3'
1492R	5' GGYTACCTTGTTACGACTT 3'

ภาคผนวก ง

ตาราง และกราฟผลการทดลองเพิ่มเติม

1. การควบคุมไซยาโนแบคทีเรียด้วย *Bacillus* sp. AK3

ตารางที่ 16 ร้อยละการยับยั้งการเจริญของไซยาแบคทีเรียโดย *Bacillus* sp. AK3

สกุลของไซยาโนแบคทีเรีย	% การยับยั้งการเจริญของไซยาโนแบคทีเรีย			
	ชั่วโมงที่ 0	ชั่วโมงที่ 12	ชั่วโมงที่ 24	ชั่วโมงที่ 36
<i>Cylindrospermopsis</i>	0	100.00	100.00	100.00
<i>Dolichospermum</i>	0	56.23±0.36	100.00	100.00
<i>Microcystis</i>	0	50.11±9.01	96.72±0.52	100.00

2. กลไกการทำงานของ *Bacillus* sp. AK3 ในการควบคุมไซยาโนแบคทีเรีย

ตารางที่ 17 จำนวนเซลล์ของ *Microcystis* sp. C028 เมื่อควบคุมด้วยส่วนของเหลว (supernatant) และตะกอนเซลล์ (cell pellets) ของ *Bacillus* sp. AK3

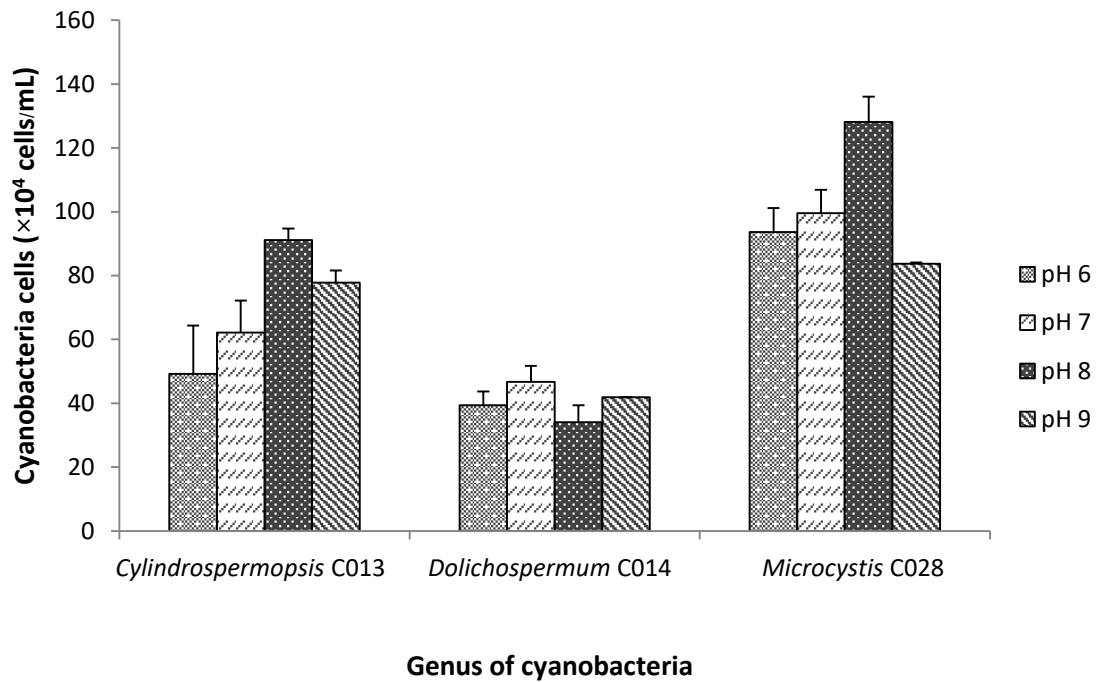
ชุดการทดลอง	จำนวนเซลล์ของ <i>Microcystis</i> sp. C028 ($\times 10^5$ cells/mL)				
	ชั่วโมงที่ 0	ชั่วโมงที่ 12	ชั่วโมงที่ 24	ชั่วโมงที่ 36	ชั่วโมงที่ 48
Control	30.34	40.74±4.88 ^A	51.29±5.16 ^A	61.11±5.29 ^A	67.96±1.95 ^A
Control LB	30.34	37.31±2.57 ^{AB}	49.49±3.46 ^A	58.84±3.25 ^A	66.62±2.15 ^A
Cell pellets	30.34	29.67±2.25 ^{BC}	8.42±3.09 ^B	3.70±1.61 ^B	3.14±0.98 ^B
Supernatant	30.34	27.87±0.90 ^C	7.05±0.66 ^B	2.74±1.01 ^B	1.48±0.65 ^B
Bacterial culture	30.34	11.99±2.78 ^D	6.80±0.55 ^B	1.01±0.31 ^B	0.00±0.00 ^B

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์ แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

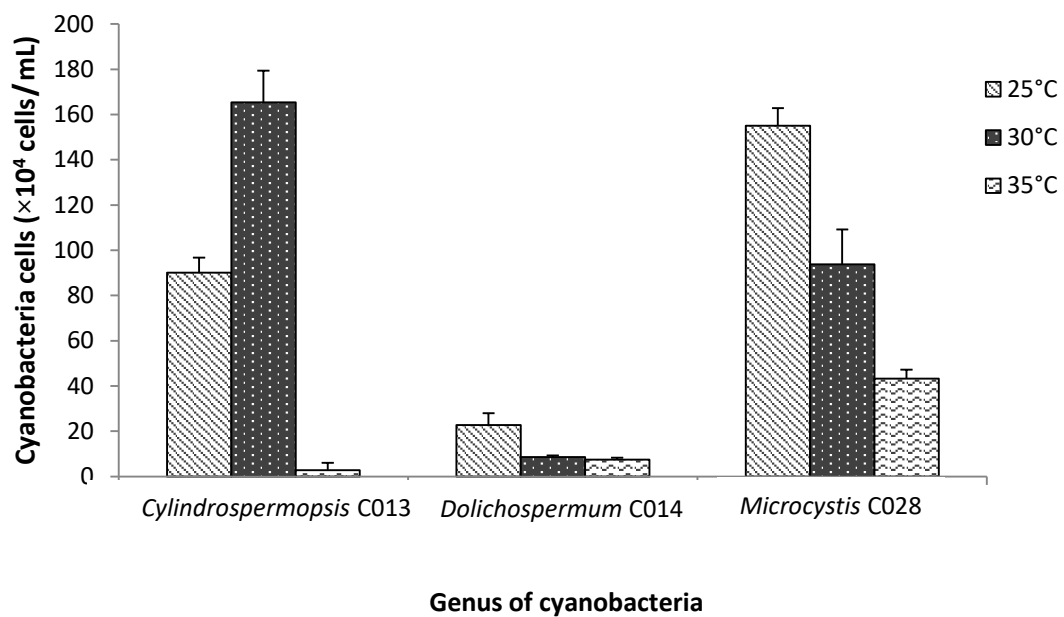
ตารางที่ 18 ร้อยละการยับยั้งการเจริญของ *Microcystis* sp. C028 เมื่อควบคุมด้วยส่วนของเหลว (supernatant) และตะกอนเซลล์ (cell pellets) ของ *Bacillus* sp. AK3

ชุดการทดลอง	% การยับยั้งการเจริญของ <i>Microcystis</i> sp. C028				
	ชั่วโมงที่ 0	ชั่วโมงที่ 12	ชั่วโมงที่ 24	ชั่วโมงที่ 36	ชั่วโมงที่ 48
Cell pellets	0.00	27.17±5.54	83.58±6.03	93.95±2.65	95.37±1.45
Supernatant	0.00	31.59±2.22	86.25±1.29	95.51±1.66	97.82±0.97
Bacterial culture	0.00	70.58±2.78	86.74±0.56	98.34±0.32	100.00

3. การเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรียในสภาวะที่มี pH และอุณหภูมิแตกต่างกัน

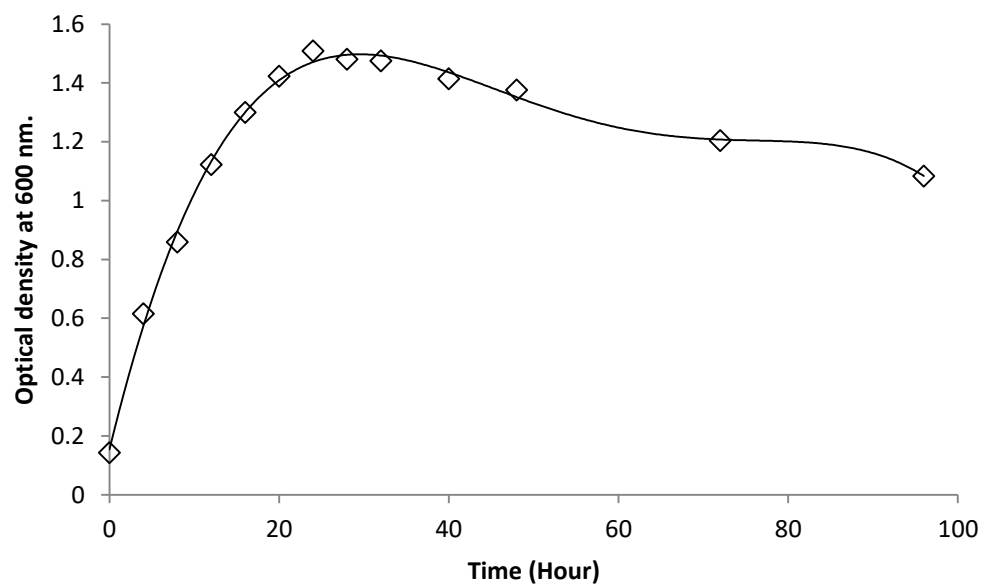


ภาพที่ 42 การเจริญเติบโตของ *Cylindrospermopsis* sp. C013, *Dolichospermum* sp. C014 และ *Microcystis* sp. C028 ในสภาวะที่มี pH ต่างกัน ในวันที่ 7 ของการทดลอง



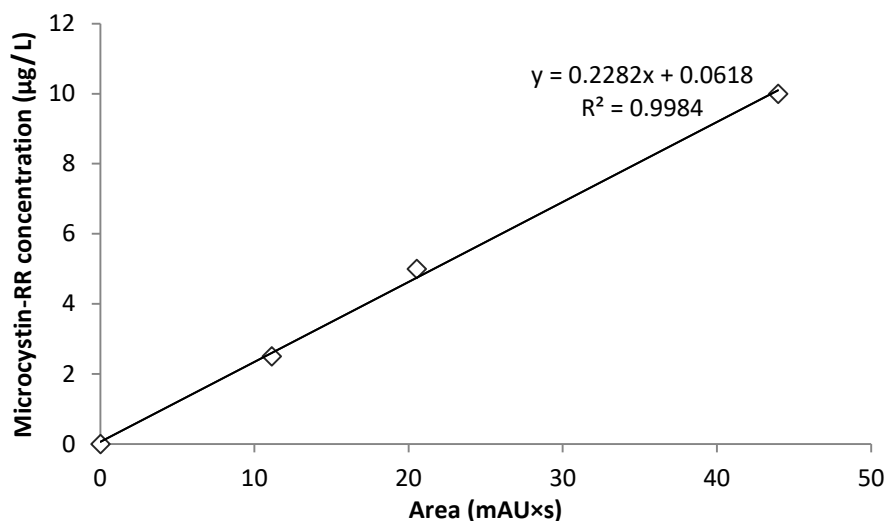
ภาพที่ 43 การเจริญเติบโตของ *Cylindrospermopsis* sp. C013, *Dolichospermum* sp. C014 และ *Microcystis* sp. C028 ในสภาวะที่มีอุณหภูมิต่างกัน ในวันที่ 7 ของการทดลอง

4. กราฟการเจริญเติบโตของ *Bacillus* sp. AK3



ภาพที่ 44 กราฟการเจริญเติบโตของ *Bacillus* sp. AK3 ในอาหาร LB broth ที่อุณหภูมิห้อง

5. กราฟมาตรฐาน microcystin-RR



ภาพที่ 45 กราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของ microcystin-RR กับพื้นที่ใต้ peak ของโครมาโทแกรมที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย HPLC

6. การตรึงแบคทีเรียบนวัสดุแก้วพูนแบบลอยน้ำ

ตารางที่ 19 จำนวนของ *Bacillus* sp. AK3 ที่เกาะติดบนวัสดุแก้วพูนแบบลอยน้ำ ในการทดลองแปรผันระยะเวลาในการตรึงเซลล์แบคทีเรียบนวัสดุแก้วพูนแบบลอยน้ำ

ชั่วโมงที่	จำนวนของ <i>Bacillus</i> sp. AK3 ที่เกาะติดบนวัสดุแก้วพูน ($\times 10^8$ CFU/g)			เฉลี่ย
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	
0	0.0	0.0	0.0	0.00 $\pm$ 0.00 ^A
6	2.9	0.8	2.0	1.90 $\pm$ 1.05 ^{AB}
12	4.8	3.4	4.0	4.07 $\pm$ 0.70 ^{BC}
18	8.6	6.4	6.0	7.00 $\pm$ 1.40 ^{CD}
24	10.8	9.2	13.0	11.00 $\pm$ 1.91 ^{DE}
30	8.8	11.6	13.0	11.13 $\pm$ 2.14 ^E
48	9.4	12.6	12.0	11.33 $\pm$ 1.70 ^E

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

7. การควบคุมไซยาโนแบคทีเรียด้วยแบคทีเรียเซลล์อิสระ และเซลล์ที่ถูกตรึงบนวัสดุแก้วพูน

ตารางที่ 20 จำนวนเซลล์ของ *Microcystis* sp. C028 ในการทดลองใช้ *Bacillus* sp. AK3 แบบเซลล์อิสระ และเซลล์ที่ตรึงบนวัสดุแก้วพูน ในการควบคุม *Microcystis* sp. C028

ชุดการทดลอง	จำนวนเซลล์ของ <i>Microcystis</i> sp. C028 ($\times 10^5$ cells/mL)				
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4
Control	26.62 $\pm$ 1.85	31.39 $\pm$ 1.05 ^A	35.09 $\pm$ 3.75 ^A	36.80 $\pm$ 2.41 ^A	38.61 $\pm$ 3.12 ^A
Control + porous glass	27.68 $\pm$ 0.42	31.71 $\pm$ 0.52 ^A	32.59 $\pm$ 2.36 ^A	35.92 $\pm$ 1.05 ^A	37.12 $\pm$ 0.70 ^A
Immobilized-AK3 bacteria	29.90 $\pm$ 0.21	9.63 $\pm$ 2.94 ^C	1.89 $\pm$ 0.21 ^B	0.00 $\pm$ 0.00 ^B	0.00 $\pm$ 0.00 ^B
AK3 free cells	27.40 $\pm$ 1.67	23.75 $\pm$ 1.54 ^B	30.41 $\pm$ 1.64 ^A	33.47 $\pm$ 0.42 ^A	34.30 $\pm$ 1.32 ^A

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์ แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 21 ร้อยละการยับยั้งการเจริญของ *Microcystis* sp. C028 โดย *Bacillus* sp. AK3 แบบเซลล์อิสระ และเซลล์ที่ตรึงบนวัสดุแก้วพูน

ชุดการทดลอง	% การยับยั้งการเจริญของ <i>Microcystis</i> sp. C028			
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4
AK3 free cells	24.34 $\pm$ 4.92	13.32 $\pm$ 4.66	9.06 $\pm$ 1.13	11.15 $\pm$ 3.43
Immobilized-AK3 bacteria	69.33 $\pm$ 9.38	94.60 $\pm$ 0.61	100.00 $\pm$ 0.00	100.00 $\pm$ 0.00

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

8. ความเข้มข้นของเซลล์แบคทีเรียต่อประสิทธิภาพในการควบคุมไซยาโนแบคทีเรีย

ตารางที่ 22 จำนวนเซลล์ของ *Microcystis* sp. C028 เมื่อควบคุมด้วยแบคทีเรียเซลล์อิสระที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

ชุดการทดลอง	จำนวนเซลล์ของ <i>Microcystis</i> sp.C028 ($\times 10^5$ cells/mL)				
	ชั่วโมงที่ 0	ชั่วโมงที่ 12	ชั่วโมงที่ 24	ชั่วโมงที่ 36	ชั่วโมงที่ 48
Control	28.05 $\pm$ 0.91	48.14 $\pm$ 3.83	60.18 $\pm$ 2.24	62.73 $\pm$ 0.39	87.73 $\pm$ 2.12
AK3 cells (OD=1.0)	28.33 $\pm$ 0.77	42.36 $\pm$ 4.17	55.55 $\pm$ 4.81	46.06 $\pm$ 5.31	70.83 $\pm$ 4.34
AK3 cells (OD=1.5)	28.58 $\pm$ 0.93	41.20 $\pm$ 2.12	54.16 $\pm$ 1.20	46.75 $\pm$ 3.14	50.69 $\pm$ 2.08
AK3 cells (OD=2.0)	28.93 $\pm$ 1.50	33.19 $\pm$ 1.39	28.33 $\pm$ 2.78	16.53 $\pm$ 3.49	3.19 $\pm$ 1.57
AK3 cells (OD=2.5)	29.35 $\pm$ 0.85	32.40 $\pm$ 3.17	23.38 $\pm$ 3.27	6.91 $\pm$ 1.18	1.39 $\pm$ 0.48

ตารางที่ 23 ร้อยละการยับยั้งการเจริญของ *Microcystis* sp. C028 เมื่อควบคุมด้วยแบคทีเรียเซลล์อิสระที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

ชุดการทดลอง	% การยับยั้งการเจริญของ <i>Microcystis</i> sp. C028	
	ชั่วโมงที่ 24	ชั่วโมงที่ 48
AK3 cells (OD=1.0)	7.69 $\pm$ 7.99	19.26 $\pm$ 4.94
AK3 cells (OD=1.5)	10.00 $\pm$ 2.00	42.22 $\pm$ 2.37
AK3 cells (OD=2.0)	52.93 $\pm$ 4.61	96.37 $\pm$ 1.79
AK3 cells (OD=2.5)	61.16 $\pm$ 5.43	98.42 $\pm$ 0.55

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

9. การใช้แบคทีเรียที่ตรึงบนวัสดุแก้วพูนแบบลอยน้ำในการควบคุม *Microcystis* spp. และย่อยสลายไมโครซิสตินจากธรรมชาติ ในคอลัมน์แก้วปริมาตร 10 ลิตร

ตารางที่ 24 จำนวนเซลล์ของ *Microcystis* spp. ระยะเวลา 8 วันของการทดลอง

วันที่	จำนวนเซลล์ของ <i>Microcystis</i> spp. ($\times 10^5$ cells/mL)	
	Control	Treatment
0	67.40 $\pm$ 7.47 ^A	64.35 $\pm$ 1.29 ^A
1	71.39 $\pm$ 3.80 ^{AB}	68.61 $\pm$ 6.86 ^A
2	71.66 $\pm$ 5.71 ^{AB}	61.39 $\pm$ 4.00 ^A
3	66.06 $\pm$ 2.24 ^A	52.08 $\pm$ 5.41 ^{AB}
4	72.91 $\pm$ 5.96 ^{AB}	30.64 $\pm$ 14.27 ^{BC}
5	65.64 $\pm$ 4.24 ^A	24.21 $\pm$ 12.45 ^C
6	75.88 $\pm$ 9.92 ^{AB}	18.75 $\pm$ 6.32 ^C
7	76.29 $\pm$ 6.60 ^{AB}	22.50 $\pm$ 8.25 ^C
8	87.49 $\pm$ 7.70 ^B	15.41 $\pm$ 5.33 ^C

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์ แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 25 ปริมาณ Chlorophyll-a ของ *Microcystis* sp. C028 ในระยะเวลา 8 วันของการทดลอง

วันที่	ปริมาณ Chlorophyll-a (mg/L)	
	Control	Treatment
0	1.21 $\pm$ 0.15 ^A	1.13 $\pm$ 0.00 ^A
2	1.65 $\pm$ 0.00 ^{AB}	1.46 $\pm$ 0.11 ^A
4	1.55 $\pm$ 0.28 ^{AB}	0.69 $\pm$ 0.08 ^B
6	2.30 $\pm$ 0.31 ^{BC}	0.58 $\pm$ 0.03 ^B
8	2.50 $\pm$ 0.06 ^C	0.50 $\pm$ 0.16 ^B

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์ แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 26 ปริมาณ microcystin-RR ที่ละลายในน้ำ ในระยะเวลา 8 วันของการทดลอง

วัน	ปริมาณ microcystin-RR ที่ละลายในน้ำ (µg/L)	
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง
0	0.00 ^A	0.00 ^A
1	0.00 ^A	0.00 ^A
2	0.24±0.05 ^{AB}	0.41±0.12 ^{BC}
3	0.38±0.03 ^{BC}	0.59±0.08 ^C
4	0.43±0.06 ^{BC}	0.48±0.12 ^C
5	0.49±0.09 ^{BC}	0.38±0.04 ^{BC}
6	0.49±0.07 ^C	0.42±0.04 ^{BC}
7	0.52±0.03 ^C	0.36±0.06 ^{BC}
8	0.51±0.04 ^C	0.2±0.17 ^{AB}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์ แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 27 ปริมาณ microcystin-RR รวม ของ *Microcystis* spp. ในวันที่ 8 ของการทดลอง

Microcystin-RR	ปริมาณ microcystin-RR (µg/L)	
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง
Total Microcystin-RR	3.36±0.25	0.95±0.25
Intracellular Microcystin-RR	2.85±0.20	0.75±0.19
Extracellular Microcystin-RR	0.51±0.04	0.20±0.17

ตารางที่ 28 จำนวนแบคทีเรียภายในน้ำ และภายในวัสดุแก้วพูน ในระยะเวลา 8 วันของการทดลอง

วันที่	จำนวนแบคทีเรียภายในวัสดุ แก้วพูน($\times 10^7$ CFU/g)	จำนวนแบคทีเรียภายในน้ำ ($\times 10^7$ CFU/mL)	
		Control	Treatment
0	97.00 $\pm$ 9.17 ^A	0.08 $\pm$ 0.01 ^A	0.07 $\pm$ 0.01 ^A
2	38.33 $\pm$ 4.16 ^B	0.06 $\pm$ 0.00 ^{AB}	4.73 $\pm$ 0.92 ^B
4	20.73 $\pm$ 1.42 ^C	0.05 $\pm$ 0.00 ^{AB}	4.53 $\pm$ 1.25 ^{BC}
6	18.53 $\pm$ 4.94 ^C	0.03 $\pm$ 0.01 ^B	2.34 $\pm$ 0.60 ^C
8	19.17 $\pm$ 1.66 ^C	0.04 $\pm$ 0.00 ^B	2.37 $\pm$ 0.79 ^C

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์ แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 29 ผลการเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์ของของยีนส์ 16S rRNA ของ *Bacillus* sp. AK3 ด้วยโปรแกรม BLAST (Basic Local Alignment Search Tool)

	Max score	Total score	Query cover	E value	Ident	Accession
☐ Bacillus subtilis strain BD73 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MF767894.1
☐ Bacillus sp. strain ZJ-5 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	KY283146.1
☐ Bacillus sp. strain ZJ-1 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	KY283142.1
☐ Bacillus subtilis strain KmS1200905 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MG011556.1
☐ Bacillus vallismortis strain WUS4 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	KY085973.1
☐ Bacillus vallismortis strain WG21 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	KY085966.1
☐ Bacillus subtilis strain SPB18 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	KY082729.1
☐ Bacillus subtilis strain SPB7 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	KY082718.1
☐ Bacillus subtilis subsp. subtilis strain NCD-2 chromosome, complete genome	2438	24278	100%	0.0	100%	CP023755.1
☐ Bacillus sp. strain 3CJ9 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MG062841.1
☐ Bacillus sp. strain 3CJ6 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MG062839.1
☐ Bacillus sp. strain 3BJ9 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MG062838.1
☐ Bacillus sp. strain 3BJ8 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MG062837.1
☐ Bacillus sp. strain 3BJ7 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MG062836.1
☐ Bacillus sp. strain 3BJ6 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MG062835.1
☐ Bacillus sp. strain 3BJ5 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MG062834.1
☐ Bacillus sp. strain 3BJ4 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MG062833.1
☐ Bacillus sp. strain 3BJ3 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MG062832.1
☐ Bacillus sp. strain 3BJ2 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MG062831.1
☐ Bacillus sp. strain 3AJ7 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MG062830.1
☐ Bacillus sp. strain 3AJ4 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MG062828.1
☐ Bacillus sp. strain 3AJ1 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MG062827.1

ตารางที่ 29 (ต่อ)

☐ Bacillus sp. strain MGFB-02 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MG062764.1
☐ Bacillus sp. strain MGLB-01 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MG062763.1
☐ Bacillus sp. strain LLB-18 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MG062762.1
☐ Bacillus sp. strain LLB-17 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MG062761.1
☐ Bacillus sp. strain LCSB-16 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MG062760.1
☐ Bacillus sp. strain LSB-10 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MG062756.1
☐ Bacillus sp. strain LCSB-11 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MG062754.1
☐ Bacillus sp. strain LLB-06 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MG062753.1
☐ Bacillus subtilis strain YH10-11 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	KY010273.1
☐ Bacillus subtilis subsp. inaquosorum strain LNHL10 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MG008665.1
☐ Bacillus subtilis strain m13 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MF187645.1
☐ Bacillus subtilis strain cm45 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MF187639.1
☐ Bacillus tequilensis strain B-04 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MF417796.1
☐ Bacillus subtilis strain BAB-7068 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MF319829.1
☐ Bacillus subtilis strain BAB-7052 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MF319816.1
☐ Bacillus subtilis strain BAB-7028 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MF319796.1
☐ Bacillus subtilis strain BAB-7026 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MF319794.1
☐ Bacillus subtilis strain BAB-7025 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MF319793.1
☐ Bacillus subtilis strain Md1-42 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MF581448.1
☐ Bacillus subtilis strain Md1-4 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MF581410.1
☐ Bacillus subtilis strain H 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MF574323.1
☐ Bacillus sp. strain C3 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MF573971.1
☐ Bacillus sp. strain C131 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MF567384.1
☐ Bacillus sp. strain C1 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MF567383.1
☐ Bacillus sp. strain C2 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MF567382.1
☐ Bacillus sp. strain C156 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MF567380.1
☐ Bacillus subtilis strain CESi11 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	KY886248.1
☐ Bacillus subtilis strain P5 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	KY886246.1
☐ Bacillus subtilis strain H-1 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	KX791427.1
☐ Bacillus sp. strain BAB-7181 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MF188074.1
☐ Bacillus sp. strain N13 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	KX507088.1
☐ Bacillus subtilis strain Bs_TC6 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	KY575578.1
☐ Bacillus subtilis strain GS 188 genome	2438	24133	100%	0.0	100%	CP022391.1
☐ Bacillus subtilis strain CAU3381 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MF429535.1
☐ Bacillus subtilis strain CAU8103 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MF429080.1
☐ Bacillus subtilis strain sms2 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MF375114.1
☐ Geobacillus stearothermophilus strain HPA19 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MF371320.1
☐ Bacillus subtilis strain DS 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	MF359736.1
☐ Bacillus subtilis strain G079 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	KY127375.1
☐ Bacillus subtilis strain Z30 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	KX608731.1
☐ Bacillus subtilis strain Z29 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	KX608730.1
☐ Bacillus subtilis strain Z28 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	KX608729.1
☐ Bacillus velezensis strain Z5 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2438	2438	100%	0.0	100%	KX608720.1
☐ Bacillus subtilis strain ge28, complete genome	2438	24362	100%	0.0	100%	CP021903.1
☐ Bacillus subtilis subsp. subtilis strain SRCM101392, complete genome	2438	24309	100%	0.0	100%	CP021921.1

ภาคผนวก จ

องค์ประกอบเคมีของแก้วพูนแบบลอยน้ำ

ตารางที่ 30 องค์ประกอบเคมีของส่วนประกอบที่ใช้ในการผลิตแก้วพูนแบบลอยน้ำ

องค์ประกอบ	ปริมาณ (ร้อยละ โดยน้ำหนัก)		
	โซดา-ไลม์ ซิลิกา	โคล์ไมท์	ไดอะตอมไมท์
SiO ₂	73.85	0.70	78.81
Al ₂ O ₃	1.14	0.21	11.28
Fe ₂ O ₃	0.13	<0.01	5.40
CaO	8.82	12.46	0.09
MgO	3.61	39.74	0.68
MnO	0.01	N.D.	<0.01
Na ₂ O	11.14	N.D.	<0.01
K ₂ O	0.06	N.D.	0.67
P ₂ O ₅	0.01	N.D.	0.12
TiO ₂	0.04	N.D.	0.17
LOI	1.20	46.89	2.75
รวม	100.00	99.97	100.00

หมายเหตุ : Loss on Ignition (LOI) = ส่วนที่สลายไปเนื่องจากการเผา

Not Detected (N.D.) = ไม่สามารถตรวจพบ

ที่มา : วิทยา (2555)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายคณพล บุญบางเก้ง
วัน เดือน ปีเกิด 9 กุมภาพันธ์ 2536
ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนศึกษานารีวิทยา จังหวัด กรุงเทพมหานคร
สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ประสบการณ์ฝึกงาน

ฝึกงาน ณ กองตรวจสอบรับรองคุณภาพสัตว์น้ำ และผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ กรมประมง เกษตรกลาง กรุงเทพมหานคร ปี 2557

การนำเสนอผลงาน

คณพล บุญบางเก้ง และจิรพร เพกเกาะ. 2558. การควบคุม *Cylindrospermopsis* sp. และ *Dolichospermum* sp. โดยใช้แบคทีเรียจากแหล่งน้ำบางแหล่งในจังหวัดเชียงใหม่. การประชุมวิชาการสำหรับและแพลงก์ตอนแห่งชาติ ครั้งที่ 7, 24-27 มีนาคม. โรงแรมนารายณ์ กรุงเทพมหานคร.

คณพล บุญบางเก้ง และจิรพร เพกเกาะ. 2560. ประสิทธิภาพของ *Bacillus* sp. AK3 ในการควบคุมไซยาโนแบคทีเรียที่เป็นพิษ. การประชุมวิชาการสำหรับและแพลงก์ตอนแห่งชาติ ครั้งที่ 8, 27-28 มีนาคม. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี.

ผลงานตีพิมพ์

คณพล บุญบางเก้ง และจิรพร เพกเกาะ. 2560. ประสิทธิภาพของ *Bacillus* sp. AK3 ในการควบคุมไซยาโนแบคทีเรียที่เป็นพิษ. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ การประชุมวิชาการสำหรับและแพลงก์ตอนแห่งชาติ ครั้งที่ 8 : 319-327.

