

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

- กำชัย ลาวัณวุฒิ. 2526. การทดลองอนุบาลลูกปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*) ด้วยอาหารที่แตกต่างกัน 4 ชนิด ในระบบไหลเวียนแบบปิด วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาค วิชาวิทยาศาสตร์การประมง. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ธัญญา พันธุ์ฤทธิ์จำ. 2541. ระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดที่มีระบบคิโนเทรฟิเคชันสำหรับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*). วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล. บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มงยุทธ ปริศาลัมพะบุตร และ คณิต ไชยาคำ. 2537. สภาวะแวดล้อมชายฝั่งบริเวณปากกระวะ อ.ระโนด จ.สงขลา ก่อนสร้างระบบระบายน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล. เอกสารวิชาการฉบับที่ 15/2537. สถาบันเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดสงขลา. กรมประมง.
- สิริ ทุกขวินาศ. 2527. ผลของไนโตรเจนและแอมโมเนียต่ออัตราการตายของลูกกุ้งกุลาดำวัยอ่อนและลูกปลากะพงขาววัยอ่อน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 6/2527. สถาบันเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดสงขลา. กรมประมง.

### ภาษาอังกฤษ

- Bigsoni, J. J. Jr. and Timmons, M. B. 1994. Control of pH in closed cycle aquaculture system. In M. B. Timmon and T. M. Losordo (eds.), Aquaculture water reuse systems: engineering design and management. Amsterdam:Elsevier. pp. 235-245.
- Blancheton, J. P. and Canaguier, B. 1995. Bacteria and particulate materials in recirculating Seabass (*Dicentrarchus labrax*) production system. Aquaculture. 133:215-224.
- Boyd, C. E. 1982. Water quality management for pond fish culture. Amsterdam: Elsevier. 318 p.
- Boyd, C. E. 1989. Water quality management and aeration in shrimp farming. Fisheries And allied aquaculture deparatment series no. 2. Alabama agricultural experiment station. Auburn university. Alabama. USA.
- Chen, S., Stechey, D. and Malone, R. F. 1994. Suspended solids control in recirculating Aquaculture Systems. In M.B. Timmon and T.M. Losordo (eds.), Aquaculture water reuse systems: engineering design and management. Amsterdam: Elsevier. pp. 61-95.

- FAO/NACA. 1995. Regional study and workshop on the environment assessment of Aquaculture development. (TCP/RAS/2253). NACA environment and aquaculture series no.1. Network of aquaculture centres in Asia-Pacific (NACA). Bangkok Thailand.
- Chen, J. C., Lui, P. C. and Lei, S. C. 1990. Toxicities of ammonia and nitrite to *Penaeus Monodon* Adolescents. Aquaculture 89:127-137.
- Danaksumah, E. and Ismail, A. 1986. Culture of seabass (*Lates calcarifer*) in earthen brackish ponds In J.W. Copland. And D. L. Gray (eds.), Management of wild and cultured sea bass /barramundi (*Lates calcarifer*) Proceeding of international workshop held at Darwin. Australia ACIAR no. 20. pp. 156-157.
- Hugnenin, J. E. 1989. Design and operating guide for aquaculture seawater system. Amsterdam:Elsevier.
- Khamis, R. B. and Hanafi, H. B. 1986. Effect of stocking density on growth and survival of sea bass (*Lates calcarifer*) In J. W. Copland. And D. L.Gray (eds.), Management of wild and cultured sea bass /barramundi (*Lates calcarifer*) Proceeding of international workshop held at Darwin. Australia ACIAR no. 20 .pp. 158-160.
- Kungvankij, P. and Pudadera, B. J. Jr. 1986. Biology and culture of seabass (*Lates calcarifer*). Network of aquaculture in Asia -Pacific (NACA). NACA training manual series No. 3 .Bangkok Thailand.
- Lawson, T. B. 1995. Fundamentals of aquacultural engineering. New York:International Thomson.
- Menasveta, P., Aranyakanonda, P., Rungsupha, S and Moree, N. 1989. Maturation and larviculture of Penaeid prawns in closed recirculation systems. Aquacultural Engineering. 8:357-368.
- Menasveta, P., Fast, A. W., Piyatiratitivorakul, S, and Rungsupha, S. 1991. An improve, close seawater recirculation system for giant tiger prawn (*Penaeus monodon* Frabricus). Aquacultural Engineering. 10:173-181.
- Millamena, O., Casalmir, C. M., and Sobusa, P. F. 1991. Performance of systems for prawn hatchery and broodstock maturation tanks. Aquacultural Engineering. 10:161-171.

- Mires, P. and Amit, Y. 1990. Water quality in recycled intensive fish culture system under field condition. The Israeli journal of aquaculture Bamingeh. 42(4) 110-210.
- Muir, J. F. 1982. Recirculated water systems in aquaculture. In J. F. Muir and R. J. Roberts. (eds.), Recent advances in aquaculture. Colorado: Croom Helm. pp. 359-447.
- Parsons, T. R., Malta, Y., and Lalli, C. M. 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Oxford: Pergamon.
- Reyes, A. A. Jr. and Lawson, B. L. 1996. Combination of bead filter and rotating biological filter contactor in recirculating fish culture system. Aquacultural Engineering. 15:27-39.
- Rijn, J. V. 1996. The potential for integrated biological treatment systems in recirculating fish culture- A review. Aquaculture. 139:181-201.
- Rogers, G. L. and Klemeston, S. L. 1985. Ammonia removal in selected aquaculture water reuse biofilter. Aquacultural Engineering. 4:135-154.
- Spotte, S. 1979. Fish and invertebrate culture. second edition. New York. John Wiley and sons.
- Surech, A. V. and Lin, C. K. 1992. Effect of stocking density on water quality and production of red tilapia in recirculating water system. Aquacultural Engineering. 11:1-22.
- Timmons, M. B. 1994. Use of foam fractionators in aquaculture. M. B. Timmon and T. M. Losordo (eds.), Aquaculture water reuse systems: engineering design and management. Amsterdam: Elsevier. pp. 247-277.
- Tseng, K-F., Su, H. M. and Su, M. S. 1998. Culture of *Penaeus monodon* in a recirculating system. Aquaculture. 17:139-147.
- Wheaton, F. W., Hochheimer, J. N., Kaiser, G. E., Krones, M. J., Libey, G. S. and Easter, C. 1994. Nitrification filter principles. M. B. Timmon and T. M. Losordo (eds.), Aquaculture water reuse systems: engineering design and management. Amsterdam: Elsevier. pp. 101-124.
- Wheaton, F. W., Hochheimer, J. N., Kaiser, G. E., Malone, R. F., Krones, M. J., Libey, G. S. and Easter, C. 1994. Nitrification filter design method. M. B. Timmon and T. M. Losordo (eds.), Aquaculture water reuse systems: engineering design and management. Amsterdam: Elsevier. pp. 127-166.



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

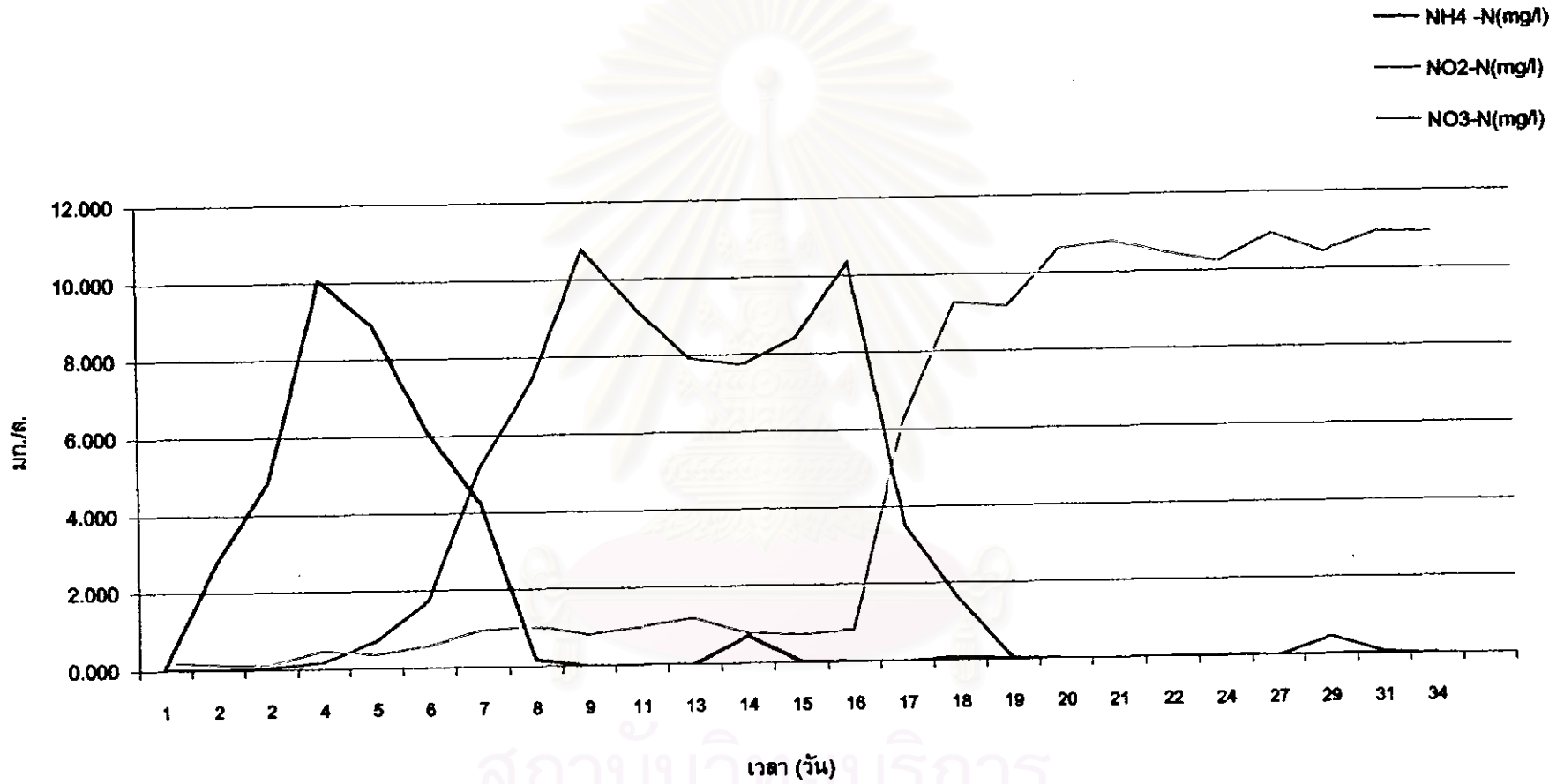
ภาคผนวก ก. แอมโมเนียรวม ในไตรท์ และในเตรทในการปรับสภาพของตัวกรองชีวภาพในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดก่อนเริ่มการทดลอง

### 1. การปรับสภาพของตัวกรองชีวภาพในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดก่อนการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

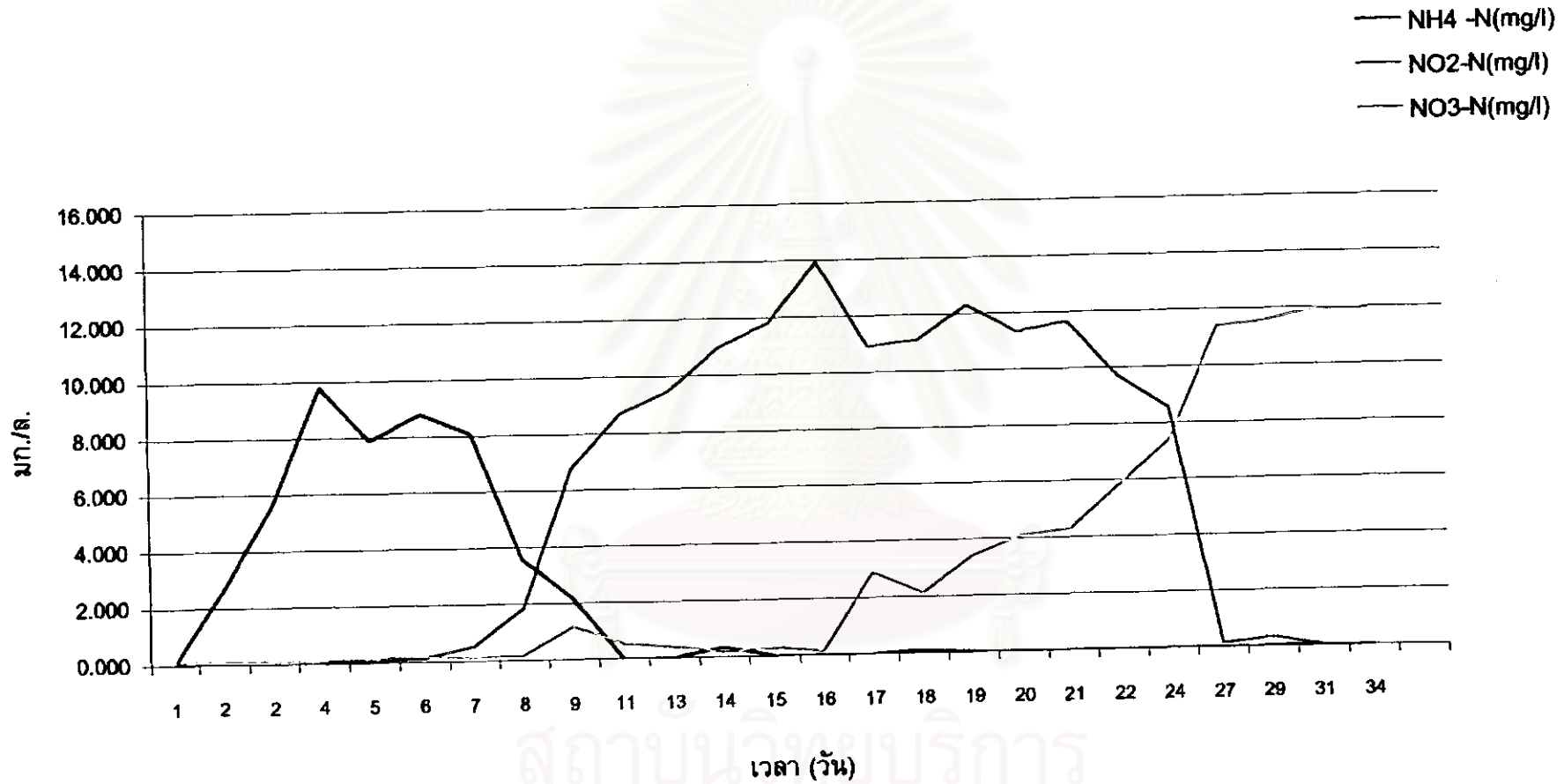
จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในระหว่างการปรับสภาพของตัวกรองชีวภาพแบบได้น้ำและแบบไบโอตรัมแสดงในรูปที่ 31 และ 32 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าในช่วงแรกของการปรับสภาพจะมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณแอมโมเนียเกิดขึ้นจากการใส่แอมโมเนียเมล็ดไรต์ลงในปอดทดลอง และในช่วงต่อมาปริมาณแอมโมเนียจะลดลงและในไตรท์จะมีการเพิ่มขึ้น ซึ่งคาดว่า การลดลงของแอมโมเนียเนื่องมาจากการทำงานของไนตริฟายอิงแบคทีเรียที่ทำการเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นไนไตรท์ และช่วงต่อมาพบว่าปริมาณไนไตรท์มีการลดลงและในเตรทมีการเพิ่มขึ้นซึ่งคาดว่า เป็นการทำงานของไนตริฟายอิงแบคทีเรียเช่นกัน อย่างไรก็ตามดังรูปที่ 31 และ 32 สังเกตได้ว่า ในชุดการทดลองตัวกรองชีวภาพแบบไบโอตรัมการลดลงของไนไตรท์จะเกิดขึ้นช้ากว่าในชุดการทดลองตัวกรองชีวภาพแบบได้น้ำ อาจเนื่องมาจาก วัสดุที่ใช้ในชุดการทดลองตัวกรองชีวภาพแบบไบโอตรัมเป็นวัสดุใหม่ จึงอาจทำให้การเกิดแบคทีเรียตามธรรมชาติเกิดได้ช้ากว่า วัสดุในชุดการทดลองตัวกรองชีวภาพแบบได้น้ำ ซึ่งเป็นวัสดุที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว และนอกจากนี้อาจเป็นเพราะตัวกรองชีวภาพแบบได้น้ำมีวัสดุธรรมชาติจึงอาจง่ายต่อการเกาะของแบคทีเรียมากกว่าวัสดุสังเคราะห์

### 2. การปรับสภาพของตัวกรองชีวภาพในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดก่อนการเลี้ยงปลากะพงขาว

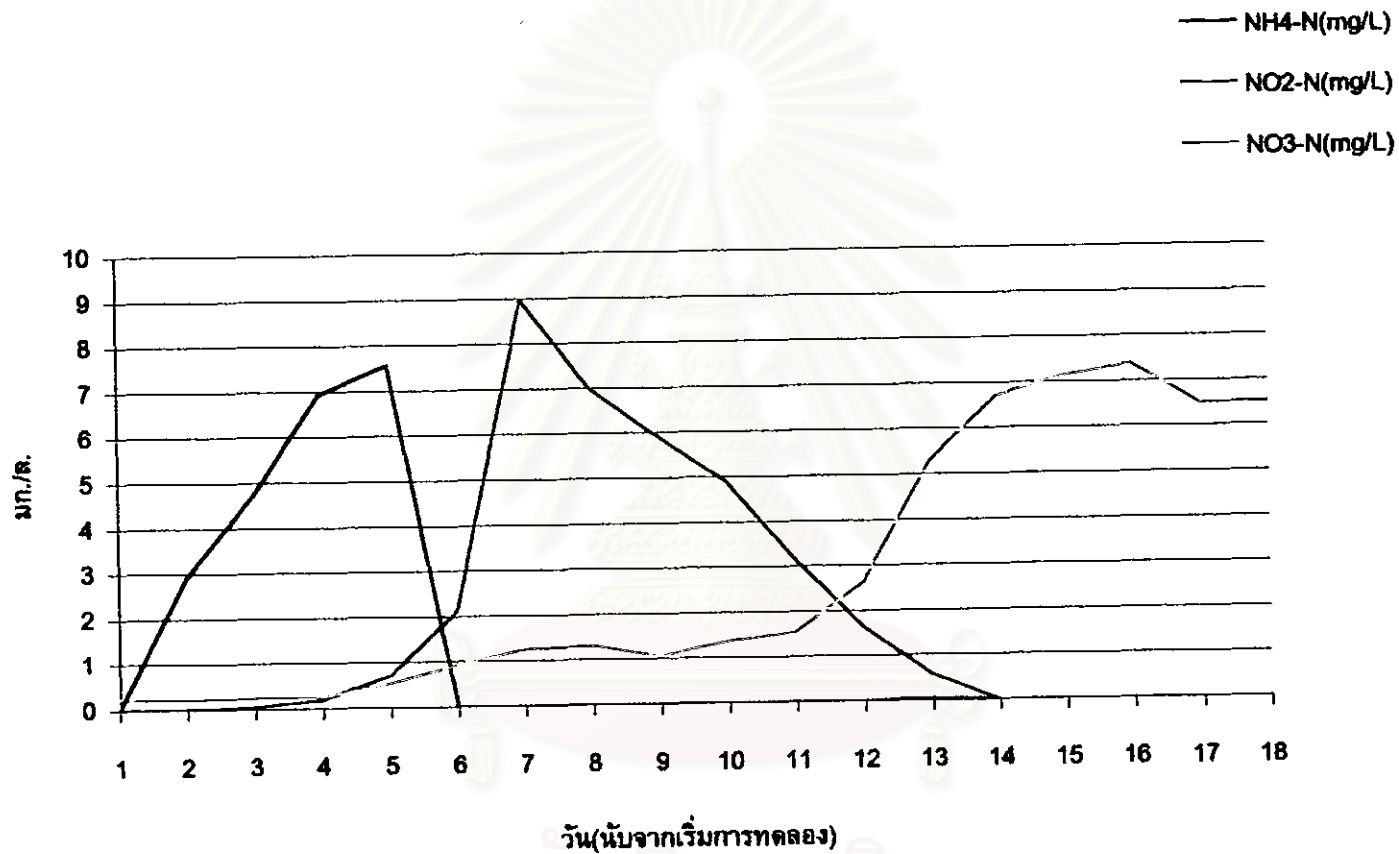
จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในระหว่างการปรับสภาพของตัวกรองชีวภาพแบบได้น้ำและแบบไบโอตรัมแสดงในรูปที่ 33 และ 34 ตามลำดับ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนียรวม ในไตรท์ และในเตรท เป็นไปในลักษณะเดียวกันกับการปรับสภาพของตัวกรองชีวภาพก่อนการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ กล่าวคือแอมโมเนียรวมของทั้งสองชุดการทดลองมีการลดลง และปริมาณไนไตรท์และไนเตรตได้เพิ่มขึ้นตามลำดับ แต่ระยะเวลาในการปรับสภาพของการทดลองนี้จะใช้เวลาน้อยกว่าการปรับสภาพครั้งแรก



รูปที่ 31 ปริมาณแอมโมเนียรวม, ไนไตรท์ และไนเตรท ในการปรับสภาพตัวกรองชีวภาพแบบได้น้ำก่อนการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

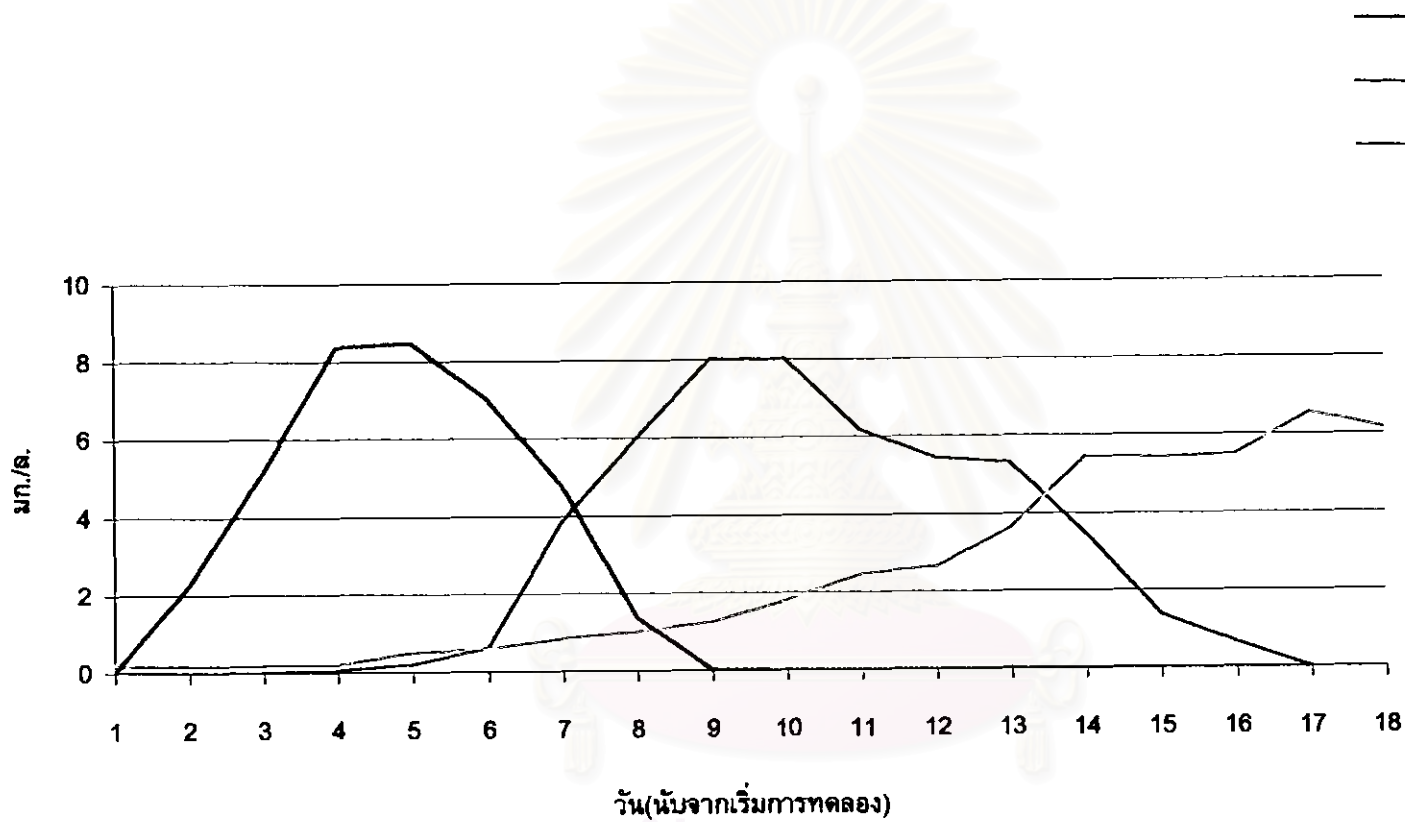


รูปที่ 32 ปริมาณแอมโมเนียรวม, ไนไตรท์ และไนเตรท ในการปรับสภาพตัวกรองชีวภาพแบบไบโอคริมก่อนการเลี้ยง กุ้งกุลาดำ



รูปที่ 33 ปริมาณแอมโมเนียรวม, ไนไตรท์, ไนเตรท ในการปรับสภาพตัวกรองชีวภาพแบบได้น้ำก่อนการเลี้ยงปลากะพงขาว





รูปที่ 34 ปริมาณแอมโมเนียรวม,ไนไตรท์,ไนเตรต ในการปรับสภาพตัวกรองชีวภาพแบบไบโอคริมก่อนการเลี้ยงปลากะพงขาว

ภาคผนวก ข. แสดงค่าคุณภาพน้ำประเภทต่าง ๆ ในการทดลองเลี้ยงกุ้งกุลาค่า

วันที่	date	ผลการทดลองตัวกรองตัวกรองชีวภาพแบบได้น้ำ							ผลการทดลองตัวกรองตัวกรองชีวภาพแบบไบโอคริม						
		NH4 -N(mg/l)	NO <sub>2</sub> -N(mg/l)	NO <sub>3</sub> -N(mg/l)	Salinity(ppt)	pH	Temp.(°C)	DO(mg/l)	NH4 -N(mg/l)	NO <sub>2</sub> -N(mg/l)	NO <sub>3</sub> -N(mg/l)	Salinity(ppt)	pH	Temp.	DO(mg/l)
19/9/97	1	0.010	0.006	1.410	30.00	7.80	29.2	5.1	0.000	0.006	1.371	30.00	7.70	28.6	5.8
22/9/97	4	0.003	0.022	2.254	30.00	7.80	28.6	5.6	0.003	0.048	2.872	30.00	7.70	27.5	6.3
24/9/97	6	0.003	0.032	2.586	30.00	7.80	28.5	5.3	0.002	0.034	3.321	30.00	7.70	27.5	5.8
26/8/97	8	0.005	0.032	2.677	30.00	7.80	28.5	5.2	0.004	0.011	3.570	30.00	7.70	27.3	5.7
29/9/97	11	0.002	0.034	3.134	30.00	7.90	28.6	5.0	0.003	0.029	3.530	30.00	7.80	27.8	5.7
1/10/97	13	0.002	0.037	4.359	30.00	7.90	28.6	5.2	0.003	0.033	4.218	30.00	7.80	27.6	5.6
3/10/97	15	0.005	0.024	5.108	30.00	7.90	28.7	5.1	0.003	0.050	5.209	30.00	7.80	27.7	5.7
6/10/97	18	0.002	0.042	5.350	30.00	7.90	28.7	5.1	0.003	0.033	5.743	30.00	7.80	27.8	5.7
8/10/97	20	0.006	0.027	5.792	30.00	7.60	28.8	5.4	0.004	0.024	5.915	30.00	7.50	27.8	6.1
10/10/97	22	0.016	0.027	6.116	30.00	7.40	28.5	5.5	0.014	0.019	6.133	30.00	7.50	27.5	6.1
13/10/97	25	0.018	0.029	6.344	30.00	7.40	28.6	5.7	0.021	0.028	6.233	30.00	7.50	27.7	6.0
15/10/97	27	0.026	0.030	6.561	30.00	7.40	28.7	5.7	0.028	0.027	6.420	30.00	7.50	27.7	6.0
17/10/97	29	0.061	0.016	6.852	30.00	7.40	28.8	5.7	0.043	0.027	6.852	30.00	7.20	27.4	5.9
20/10/97	32	0.068	0.020	7.180	30.00	7.40	29.0	5.8	0.043	0.025	7.243	30.00	7.00	27.9	6.0
22/10/97	34	0.061	0.021	7.719	30.00	7.20	28.6	5.7	0.046	0.019	7.761	30.00	7.00	27.5	6.0
24/10/97	36	0.062	0.023	8.809	30.00	7.20	28.6	5.7	0.026	0.021	8.216	30.00	7.00	27.6	5.9
27/10/97	39	0.060	0.020	9.504	30.00	7.00	29.2	5.6	0.032	0.022	9.033	30.00	7.00	27.8	6.0
29/10/97	41	0.034	0.019	9.226	30.00	7.00	28.3	5.6	0.149	0.018	8.857	30.00	7.00	27.5	6.0
31/1/97	43	0.024	0.014	8.565	30.00	7.20	28.2	5.6	0.034	0.013	8.935	30.00	7.20	27.5	5.9
3/11/97	46	0.020	0.020	8.831	30.00	7.20	28.9	5.6	0.025	0.024	8.000	30.00	7.20	27.8	5.9

5/11/97	48	0.019	0.023	8.983	30.00	7.20	28.7	5.5	0.021	0.025	8.711	30.00	7.20	27.6	6.0
7/11/97	50	0.017	0.019	8.983	30.00	7.20	28.6	5.5	0.024	0.019	8.075	30.00	7.20	27.5	6.0
10/11/97	52	0.020	0.016	9.057	30.00	7.40	28.4	5.4	0.024	0.014	9.048	30.00	7.20	27.6	5.9
12/11/97	54	0.020	0.016	9.067	30.00	7.60	28.4	5.7	0.021	0.016	9.095	30.00	7.40	27.5	6.1
15/11/97	57	0.016	0.017	9.064	30.00	7.80	28.9	5.7	0.026	0.011	9.054	30.00	7.50	27.7	6.0
17/11/98	59	0.014	0.017	9.172	30.00	7.80	29.0	5.7	0.028	0.012	9.132	30.00	7.80	27.9	5.9
19/11/97	61	0.016	0.011	9.113	30.00	7.80	29.6	5.4	0.036	0.009	9.195	30.00	7.80	27.9	6.1
22/11/98	63	0.014	0.010	9.115	30.00	7.80	29.6	5.5	0.007	0.009	9.211	30.00	7.80	28.1	5.6
24/11/97	66	0.014	0.009	9.223	30.00	7.80	29.6	5.7	0.009	0.008	9.247	30.00	7.80	28.6	5.8
26/11/98	68	0.011	0.010	9.347	30.00	7.80	29.7	5.6	0.011	0.007	9.323	30.00	7.80	28.4	5.9
28/11/97	70	0.007	0.011	9.400	30.00	7.80	29.5	5.3	0.006	0.011	9.400	30.00	7.70	28.4	5.8
1/12/97	73	0.004	0.014	9.482	30.00	7.80	29.4	5.6	0.005	0.010	9.518	30.00	7.70	28.5	5.6
3/12/97	75	0.003	0.010	9.617	30.00	7.80	29.1	5.4	0.007	0.008	9.620	30.00	7.60	28.8	5.8
5/12/97	77	0.004	0.010	9.685	30.00	7.70	29.2	5.5	0.005	0.008	9.676	30.00	7.60	28.5	5.8
8/12/97	80	0.004	0.007	9.707	30.00	7.70	29.2	5.3	0.006	0.005	9.722	30.00	7.60	28.5	5.7
10/12/97	82	0.007	0.006	9.744	30.00	7.70	29.1	5.6	0.009	0.008	9.753	30.00	7.60	28.7	5.7
12/12/97	84	0.013	0.003	9.850	30.00	7.60	29.1	5.3	0.006	0.010	9.793	30.00	7.60	28.5	5.8
15/12/97	87	0.005	0.012	9.835	30.00	7.60	29.4	5.4	0.007	0.012	9.958	30.00	7.50	28.4	5.9
17/12/97	89	0.005	0.010	9.862	30.00	7.60	29.4	5.8	0.004	0.009	9.870	30.00	7.50	28.7	5.8
	เฉลี่ย	0.018	0.019	7.607	30.000	7.582	28.9	5.5	0.019	0.019	7.611	30.000	7.500	27.9	5.9
	max	0.068	0.042	9.862	30.000	7.900	29.7	5.8	0.149	0.050	9.958	30.000	7.800	28.8	6.3
	min	0.002	0.003	1.410	30.000	7.000	28.2	5.0	0.000	0.005	1.371	30.000	7.000	27.3	5.6
	stdv	0.019	0.009	2.510	0.000	0.272	0.403	0.211	0.025	0.011	2.344	0.000	0.276	0.444	0.158

ภาคผนวก ค. แสดงค่าคุณภาพน้ำประเภทต่าง ๆ ในการทดลองเลี้ยงปลากะพงขาว

วันที่	date	ชุดการทดลองตัวกรองตัวกรองชีวภาพแบบได้น้ำ							ชุดการทดลองตัวกรองตัวกรองชีวภาพแบบไบโอดริม						
		NH4 -N(mg/l)	NO <sub>2</sub> -N(mg/l)	NO <sub>3</sub> -N(mg/l)	Salinity(ppt)	pH	Temp.	DO(mg/l)	NH4 -N(mg/l)	NO <sub>2</sub> -N(mg/l)	NO <sub>3</sub> -N(mg/l)	Salinity(ppt)	pH	Temp	DO
1/6/98	1	0.003	0.002	1.841	32	8	30.1	5.5	0.008	0.002	1.576	32	8	30	5
3/6/98	3	0.01	0.024	1.757	32	8	30.2	5	0.008	0.06	1.596	32	8	30	5.2
5/6/98	5	0.02	0.01	1.655	32	8	30.2	5.2	0.019	0.004	1.83	32	8	30.1	4.7
8/6/98	8	0.02	0.028	1.831	32	8	30.75	5.4	0.019	0.017	2.343	32	8	30.3	4.9
10/6/98	10	0.037	0.024	1.825	32	8	30.45	5.3	0.023	0.019	2.401	32	8	30.2	4.8
12/6/98	12	0.105	0.041	2.024	32	8	29.92	5.6	0.095	0.024	2.382	32	8	29.8	4.9
15/6/98	15	0.155	0.046	3.519	32	7.9	29.5	5	0.13	0.036	3.568	32	7.9	29.6	5
17/6/98	17	0.08	0.034	4.086	32	7.9	30	5.3	0.153	0.021	4.574	32	7.9	30.2	5.1
19/6/98	19	0.123	0.066	5.41	32	7.8	30.04	5.6	0.117	0.037	5.338	32	7.9	30.1	5
22/6/98	22	0.204	0.145	5.257	32	7.8	29.8	5.6	0.205	0.05	6	32	7.9	30	4.9
24/6/98	24	0.13	0.115	5.382	32	7.7	29.7	5.1	0.215	0.047	6.17	32	7.8	30	5
26/6/98	26	0.095	0.099	6.368	32	7.7	29.31	5.2	0.136	0.156	6.675	32	7.8	30.9	5
29/6/98	29	0.183	0.116	6.736	32	7.7	29.9	5.4	0.263	0.053	6.93	32	7.7	30.8	5.2
1/7/98	31	0.351	0.047	8.638	32	7.7	29.8	5.2	0.239	0.068	8.708	32	7.7	30.5	4.9
3/7/98	33	0.158	0.236	9.533	32	7.6	30	5.3	0.239	0.068	9.859	32	7.7	30.2	4.9
6/7/98	36	0.199	0.112	11.594	32	7.6	30.5	5.5	0.685	0.134	10.198	32	7.7	31	5.5
8/7/98	38	0.289	0.148	11.877	32	7.6	30.7	5.6	0.354	0.156	11.435	32	7.7	31	5.4
10/7/98	40	0.134	0.13	12.075	32	7.6	30.4	5.2	0.222	0.172	11.744	32	7.6	30.6	5.1
13/7/98	43	0.266	0.111	12.821	32	7.6	30.8	5.8	0.374	0.188	12.426	32	7.6	30.7	5.2
15/7/98	45	0.17	0.087	13.847	32	7.5	29.7	5.7	0.362	0.233	13.483	32	7.6	30	5
17/7/98	47	0.291	0.193	13.847	32	7.5	29.5	5.2	0.322	0.28	13.554	32	7.6	30.2	4.9

20/7/98	50	0.372	0.2	14.056	32	7.5	29.8	5.3	0.321	0.215	13.907	32	7.6	30	5
22/7/98	52	0.286	0.245	14.575	32	7.5	29.5	5.4	0.222	0.202	14.55	32	7.5	30.5	4.8
24/7/98	54	0.3	0.181	15.355	32	7.5	29.4	5.2	0.472	0.241	15.159	32	7.5	30.6	5.2
27/7/98	57	0.341	0.264	17.69	32	7.4	29.2	5.7	0.326	0.36	17.158	32	7.5	30	5.3
29/7/98	59	0.261	0.292	18.198	32	7.4	29.5	5.8	0.228	0.505	18.256	32	7.5	29.9	5.3
31/7/98	61	0.264	0.165	18.959	32	7.4	29.6	5.2	0.31	0.296	18.477	32	7.5	29.4	4.8
3/8/98	64	0.199	0.199	20.889	32	7.4	29.7	5	0.217	0.432	21.07	32	7.5	29.9	4.9
5/8/98	66	0.216	0.357	21.9	32	7.3	29.5	5.3	0.331	0.514	22.264	32	7.4	29	4.5
7/8/98	68	0.248	0.421	25.088	32	7.3	28.5	5.3	0.295	0.693	24.409	32	7.4	29.2	4.6
10/8/98	71	0.274	0.327	31.612	32	7.3	28.6	5.4	0.352	0.465	29.419	32	7.3	29.4	4.2
12/8/98	73	0.276	0.425	34.685	32	7.2	28.9	5.4	0.305	0.635	22.264	32	7.3	29.5	4.9
14/8/98	75	0.209	0.436	37.275	32	7.2	29	5.4	0.224	0.625	34.393	32	7.3	29.2	4.8
17/8/98	78	0.271	0.458	40.478	32	7.2	29	6	0.303	0.678	37.576	32	7.3	28.9	4.7
19/8/98	80	0.307	0.458	42.525	32	7.2	28.7	6	0.479	0.857	40.467	32	7.3	29	5.2
21/8/98	82	0.328	0.473	46.868	32	7.2	28.6	5.1	0.39	1.153	41.473	32	7.3	29.5	5.1
24/8/98	85	0.43	0.546	50.762	32	7.2	29.1	5.2	0.387	1.375	45.5	32	7.3	29.2	4.9
26/8/98	87	0.357	0.47	52.873	32	7.2	29.2	5.3	0.537	1.376	47.287	32	7.2	29.4	4.9
28/8/98	89	0.275	0.446	53.568	32	7.1	29.2	5.4	0.669	1.145	51.445	32	7.2	29.6	4.9
31/8/98	92	0.303	0.476	58.894	32	7.1	29.1	5.6	0.758	1.279	53.325	32	7.2	29.5	4.9
	mean	0.214	0.216	18.954	32	7.5	29.6	5.4	0.283	0.372	17.780	32	7.6	29.9	5.0
	min	0.003	0.002	1.655	32	7.1	28.5	5	0.008	0.002	1.576	32	7.2	28.9	4.2
	max	0.430	0.546	58.894	32	8	30.8	6	0.758	1.376	53.325	32	8	31	5.5
	stdv	0.110	0.167	16.890	0.000	0.288	0.606	0.253	0.179	0.411	15.127	0.000	0.263	0.570	0.241

ภาคผนวก ง. สูตรอาหารปลากะพงขาว และผลการวิเคราะห์สารอาหารในอาหารปลากะพงขาว

สูตรอาหารปลากะพงขาว

ปลาป่น	35%
ถั่วเหลือง	35%
แป้งสาลี	14%
รำละเอียด	10%
น้ำมันปลา	4%
วิตามินรวม	1%
Betaine	1%

หมายเหตุ สูตรอาหารโดย ดร. พงษ์ อรัญยกานนท์

ผลการวิเคราะห์สารอาหารในอาหารปลากะพงขาว

Total Carbohydrate	26.78%
Protein (N*6.25)	34.22%
Fat	3.39%
Fiber	2.73%
Moisture	25.45%
Ash	10.16%

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก จ. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. แอมโมเนียรวมสะสม , ไนโตรที่สะสม และ ไนเตรท ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ
  - 1.1 แอมโมเนียรวมสะสม

## General Linear Models Procedure

Dependent Variable: NH<sub>4</sub>

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	78.114	26.038	451.32	0.0001
Error	75	4.327	0.0577		
Uncorrected Total	78	82.441			

R-Square	C.V.	Root MSE	NH <sub>4</sub> Mean
0.894782	33.00243	0.240194	-.72780782

Dependent Variable: NH<sub>4</sub>

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	2	41.54323516	20.77161758	360.04	0.0001
DATE	1	36.57077256	36.57077256	633.88	0.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	2	56.79216451	28.39608226	492.19	0.0001
DATE	1	36.57077256	36.57077256	633.88	0.0001

Dependent Variable: NH<sub>4</sub>

Parameter	Estimate	T for H0: Pr >  T		Std Error of Estimate	
		Parameter=0	Estimate		
TRT	biodrum	-3.194380850	-29.79	0.0001	0.10724294
	Submerge	-3.302109111	-30.79	0.0001	0.10724294
DATE		1.649852663	25.18	0.0001	0.08563009

Model: MODEL1

NOTE: No intercept in model. R-square is redefined.

Dependent Variable: LDATE

## Analysis of Variance

Source	DF	Sum of		F Value	Prob>F
		Squares	Square		
Model	3	194.04920	64.68307	3412.881	0.0001
Error	75	1.42145	0.01895		
U Total	78	195.47065			

Root MSE	0.13767	R-square	0.9927
Dep Mean	1.52767	Adj R-sq	0.9924
C.V.	9.01164		

## Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter		T for H0:	Parameter=0	Prob >  T
		Estimate	Error			
NH <sub>4</sub>	1	0.541988	0.02152707	25.177	0.0001	
blodrum	1	1.892943	0.02639030	71.729	0.0001	
submerge	1	1.951331	0.02773295	70.381	0.0001	

Dependent Variable: DATE

Test: Numerator: 0.0661 DF: 1 F value: 3.4883  
 Denominator: 0.018953 DF: 75 Prob>F: 0.0657

## 1.2 ไนโตรที่สะสม

## General Linear Models Procedure

Dependent Variable: NO<sub>2</sub>

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Square		
Model	3	28.628	9.5427	1512.68	0.0001
Error	75	0.473	0.0063		
Uncorrected Total	78	29.101			

R-Square	C.V.	Root MSE	LNO2 Mean
0.964449	17.65146	0.079426	-.44996782

Dependent Variable: NO<sub>2</sub>

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
--------	----	-----------	-------------	---------	--------



TRT	2	15.79967251	7.89983625	1252.26	0.0001
DATE	1	12.82844426	12.82844426	2033.53	0.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	2	20.24129870	10.12064935	1604.29	0.0001
LDATE	1	12.82844426	12.82844426	2033.53	0.0001

Dependent Variable: NO<sub>2</sub>

Parameter	Estimate	T for H0: Pr >  T	Std Error of Estimate
TRT biodrum	-1.952176140	-55.05	0.0001
TRT submerge	-1.933321550	-54.52	0.0001
DATE	0.977161149	45.09	0.0001

Model: MODEL1

NOTE: No intercept in model. R-square is redefined.

Dependent Variable: LDATE

#### Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	3	194.99192	64.99731	10200.762	0.0001
Error	75	0.47789	0.00637		
U Total	78	195.46980			

Root MSE	0.07982	R-square	0.9976
Dep Mean	1.52787	Adj R-sq	0.9975
C.V.	5.22518		

#### Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob >  T
NO <sub>2</sub>	1	0.986971	0.02188667	45.095	0.0001
biodrum	1	1.981080	0.01626269	121.817	0.0001
submerge	1	1.982472	0.01601085	122.571	0.0001

Dependent Variable: LDATE

Test: Numerator: 0.0067 DF: 1 F value: 1.0591  
 Denominator: 0.006372 DF: 75 Prob>F: 0.3067

## 1.3 ไนเตรต

## General Linear Models Procedure

Dependent Variable: NO<sub>3</sub>

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	58.85102359	19.61700786	11073.22	0.0001
Error	75	0.13286792	0.00177157		
Uncorrected Total	78	58.98389152			

R-Square	C.V.	Root MSE	NO <sub>3</sub> Mean
0.956182	4.969588	0.042090	0.84895244

Dependent Variable: NO<sub>3</sub>

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	2	55.95252014	27.97626007	15791.77	0.0001
DATE	1	2.89850346	2.89850346	1636.12	0.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	2	0.10208684	0.05104342	28.81	0.0001
DATE	1	2.89850346	2.89850346	1636.12	0.0001

Dependent Variable: NO<sub>3</sub>

Parameter	Estimate	T for H0: Pr >  T	Std Error of Parameter=0	Estimate
TRT biodrum	0.1339794828	7.13	0.0001	0.01879255
submerge	0.1407833289	7.49	0.0001	0.01879255
DATE	0.4844790254	40.45	0.0001	0.01148309

Model: MODEL1

NOTE: No intercept in model. R-square is redefined.

Dependent Variable: DATE

## Analysis of Variance

Source	DF	Sum of		F Value	Prob>F
		Squares	Mean Square		
Model	3	194.88093	64.96031	8273.452	0.0001
Error	75	0.58887	0.00785		
U Total	78	195.46980			

Root MSE	0.08861	R-square	0.9970
Dep Mean	1.52767	Adj R-sq	0.9969
C.V.	5.80031		

## Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter		T for H0:	
		Estimate	Standard Error	Parameter=0	Prob >  T
NO3	1	2.058584	0.05089338	40.449	0.0001
biodrum	1	-0.208849	0.04521510	-4.619	0.0001
submerge	1	-0.222855	0.04554401	-4.893	0.0001

Dependent Variable: DATE

Test: Numerator: 0.0038 DF: 1 F value: 0.4871  
 Denominator: 0.007852 DF: 75 Prob>F: 0.4874

## 2 นำหนักเฉลี่ยกุ้งกุลาค่า

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: WT

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	3	678.3524782	226.1174927	36726.74	0.0
Error	486	3.0759338	0.0063291		
Uncorrected Total	489	881.4284120			

R-Square	C.V.	Root MSE	LWT Mean
0.152433	6.757316	0.079558	1.17732434

Dependent Variable: WT

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	2	677.7996982	338.8998491	53548.45	0.0
MONTH	1	0.5527800	0.5527800	87.34	0.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	2	114.1891400	57.0945700	9020.99	0.0
MONTH	1	0.5527800	0.5527800	87.34	0.0001

Dependent Variable: WT

Parameter	Estimate	T for H0: Pr >  T		Std Error of	
		Parameter=0	Estimate	Estimate	Estimate
TRT	biodrum	1.107091316	123.36	0.0	0.00897415
	submerge	1.108843744	122.87	0.0	0.00902454
MONTH		0.041826894	9.35	0.0001	0.00447559

Model: MODEL1

NOTE: No intercept in model. R-square is redefined.

Dependent Variable: MONTH

Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of		F Value	Prob>F
		Squares	Square		
Model	3	1393.16623	464.38874	842.660	0.0001
Error	486	267.83377	0.55110		
U Total	489	1661.00000			

Root MSE	0.74236	R-square	0.8388
Dep Mean	1.65849	Adj R-sq	0.8378
C.V.	44.76128		

Parameter Estimates					
Variable	DF	Estimate	Standard Error	T for H0:	
				Parameter=0	Prob >  T
LWT	1	3.642034	0.38970697	9.348	0.0001
biodrum	1	-2.627264	0.46087207	-5.701	0.0001
submerge	1	-2.631533	0.46166176	-5.700	0.0001

Dependent Variable: MONTH

Test: Numerator: 0.0022 DF: 1 F value: 0.0040  
Denominator: 0.551098 DF: 486 Prob>F: 0.9493

3. แอมโมเนียรวมสะสม , ในไตรท์สะสม และ ในเทรท ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ  
3.1 แอมโมเนียรวมสะสม

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: NH<sub>4</sub>

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	58.60568435	19.53522812	964.80	0.0001
Error	77	1.55908734	0.02024789		
Uncorrected Total	80	60.16477169			

R-Square      C.V.      Root MSE      NH<sub>4</sub> Mean  
0.972700      72.81452      0.142295      0.19542127

Dependent Variable: NH<sub>4</sub>

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	2	3.37398645	1.68699322	83.32	0.0001
DATE	1	55.23169790	55.23169790	2727.78	0.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	2	44.95373744	22.47686872	1110.08	0.0001
DATE	1	55.23169790	55.23169790	2727.78	0.0001

Dependent Variable: NH<sub>4</sub>

T for H0: Pr > |T| Std Error of

Parameter	Estimate	Parameter=0	Estimate
TRT blodrum	-2.821839779	-46.36	0.06087255
submerge	-2.695580429	-44.28	0.06087255
DATE	1.932295785	52.23	0.03699724

Model: MODEL1

NOTE: No Intercept in model. R-square is redefined.

Dependent Variable: NH4

Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	3	58.60568	19.53523	964.803	0.0001
Error	77	1.55909	0.02025		
U Total	80	60.16477			

Root MSE	0.14230	R-square	0.9741
Dep Mean	0.19542	Adj R-sq	0.9731
C.V.	72.81452		

#### Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob >  T
DATE	1	1.932296	0.03699724	52.228	0.0001
blodrum	1	-2.821840	0.06087255	-46.357	0.0001
submerge	1	-2.695580	0.06087255	-44.282	0.0001

Dependent Variable: NH4

Test: Numerator: 0.3188 DF: 1 F value: 15.7463  
Denominator: 0.020248 DF: 77 Prob>F: 0.0002

### 3.2 ไนโตรที่สะสม

#### General Linear Models Procedure

Number of observations in data set = 80

Dependent Variable: NO<sub>2</sub>

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	60.81191357	20.27063786	747.74	0.0001
Error	77	2.08741108	0.02710923		
Uncorrected Total	80	62.89932463			

R-Square	C.V.	Root MSE	LNO2 Mean
0.966808	82.606	0.164649	-.01157375

#### General Linear Models Procedure

Dependent Variable: NO2

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	2	0.10022165	0.05011082	1.85	0.1644
DATE	1	60.71169193	60.71169193	2239.52	0.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	2	56.77158672	28.38579336	1047.09	0.0001
DATE	1	60.71169193	60.71169193	2239.52	0.0001

Dependent Variable: NO<sub>2</sub>

Parameter	Estimate	T for H0: Pr >  T  Std Error of		
		Parameter=0	Estimate	
TRT biodrum	-3.075343015	-43.66	0.0001	0.07043528
submerge	-3.142240515	-44.61	0.0001	0.07043528
DATE	2.025888678	47.32	0.0001	0.04280929

Model: MODEL1

NOTE: No intercept in model. R-square is redefined.

Dependent Variable: LDATE

#### Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	3	201.28390	67.09463	10507.098	0.0001
Error	77	0.49169	0.00639		
U Total	80	201.77560			

Root MSE	0.07991	R-square	0.9976
Dep Mean	1.52882	Adj R-sq	0.9975
C.V.	6.22693		

## Parameter Estimates

Variable	DF	Estimate	Standard Error	T for H0:	Prob >  T
NO <sub>2</sub>	1	0.477203	0.01008384	47.324	0.0001
biodrum	1	1.498381	0.01263685	120.155	0.0001
submerge	1	1.590304	0.01264307	122.621	0.0001

Dependent Variable: LDATE

Test: Numerator: 0.0204 DF: 1 F value: 3.1874  
 Denominator: 0.006386 DF: 77 Prob>F: 0.0181

## 3.3 โมเดล

## General Linear Models Procedure

Dependent Variable: NO<sub>3</sub>

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	105.6244035	35.2081345	1094.79	0.0001
Error	77	2.4763074	0.0321598		
Uncorrected Total	80	108.1007110			

R-Square 0.850108  
 C.V. 16.76103  
 Root MSE 0.179332  
 NO<sub>3</sub> Mean 1.06993199

Dependent Variable: NO<sub>3</sub>

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	2	91.58036686	45.79018343	1423.83	0.0001
LDATE	1	14.04403667	14.04403667	436.69	0.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	2	1.03914955	0.51657478	16.06	0.0001
LDATE	1	14.04403667	14.04403667	436.69	0.0001



## General Linear Models Procedure

Dependent Variable: NO<sub>3</sub>

Parameter	Estimate	Parameter=0	T for H0: Pr >  T	Std Error of Estimate
TRT blodrum	-.4200664438	-5.48	0.0001	0.07671646
submerge	-.4193513688	-5.47	0.0001	0.07671646
DATE	0.9743733269	20.90	0.0001	0.04662688

Model: MODEL1

NOTE: No intercept in model. R-square is redefined.

Dependent Variable: NO3

Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	3	105.62440	35.20813	1094.786	0.0001
Error	77	2.47631	0.03216		
U Total	80	108.10071			
Root MSE	0.17933	R-square	0.9771		
Dep Mean	1.06993	Adj R-sq	0.9762		
C.V.	16.76103				

Parameter Estimates					
Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob >  T
DATE	1	0.974373	0.04662688	20.897	0.0001
blodrum	1	-0.420066	0.07671646	-5.476	0.0001
submerge	1	-0.419351	0.07671646	-5.466	0.0001

Dependent Variable: NO3

Test: Numerator: 0.0000 DF: 1 F value: 0.0003  
 Denominator: 0.03216 DF: 77 Prob>F: 0.9856

## 4. น้ำหนักเฉลี่ยปลากระพงขาว

## General Linear Models Procedure

Dependent Variable: WT

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	2047.151991	682.383997	11168.96	0.0001
Error	957	58.469324	0.061096		
Uncorrected Total	960	2105.621314			

R-Square	C.V.	Root MSE	WT Mean
0.885749	19.18309	0.247177	1.28851508

## General Linear Models Procedure

Dependent Variable: LWT

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	2	1593.875615	796.937808	13043.93	0.0
MONTH	1	453.276375	453.276375	7419.03	0.0

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	2	9.8543723	4.9271862	80.65	0.0001
MONTH	1	453.2763753	453.2763753	7419.03	0.0

## General Linear Models Procedure

Dependent Variable: WT

Parameter	Estimate	T for H0: Parameter=0	Pr >  T	Std Error of Estimate	
TRT	biodrum	-2439755895	-11.58	0.0001	0.02110676
	Submerge	-.2519827001	-11.94	0.0001	0.02110676
MONTH		0.0145976836	86.13	0.0	0.00713539

Model: MODEL1

NOTE: No intercept in model. R-square is redefined.

Dependent Variable: LWT

#### Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	3	2047.15199	682.38400	11168.959	0.0001
Error	957	58.46932	0.06110		
U Total	960	2105.62131			

Root MSE	0.24718	R-square	0.9722
Dep Mean	1.28852	Adj R-sq	0.9721
C.V.	19.16309		

#### Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob >  T
MONTH	1	0.614598	0.00713539	86.134	0.0000
blodrum	1	-0.243976	0.02110676	-11.559	0.0001
submerge	1	-0.251983	0.02110676	-11.938	0.0001

Dependent Variable: LWT

Test: Numerator: 0.0154 DF: 1 F value: 0.2519  
 Denominator: 0.061096 DF: 957 Prob>F: 0.6169

สถาบันวิทยบริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

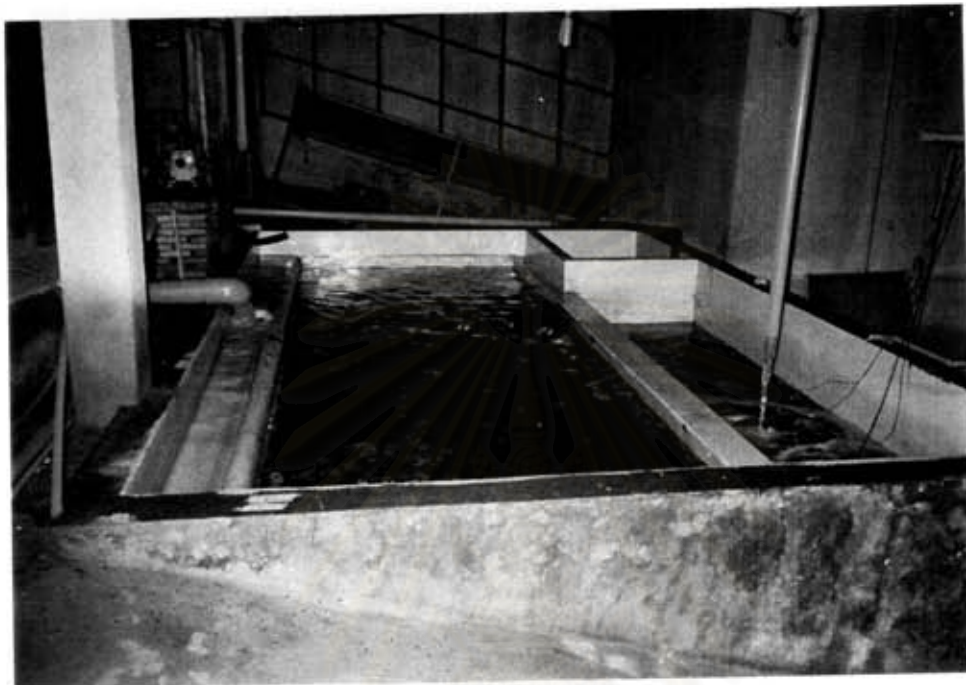
ภาคผนวก ฉ. รูปบ่อทดลอง และตัวกรองชีวภาพที่ใช้ทำการทดลอง



รูปที่ 35 บ่อเลี้ยงที่ใช้ในการทำการทดลอง



รูปที่ 36 บ่อน้ำบำบัดที่มีตัวกรองชีวภาพแบบไบโอดรัม (ภาพจากด้านข้าง)



รูปที่ 37 บ่อบำบัดที่มีตัวกรองชีวภาพแบบไบโอคริม (ภาพจากด้านหลัง)



รูปที่ 38 บ่อบำบัดที่มีตัวกรองชีวภาพแบบไต้หน้า (ภาพจากด้านข้าง)



รูปที่ 39 ตัวกรองชีวภาพแบบไต้ผ้า (ภาพจากบ้านบน)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ประวัติผู้เขียน

นางสาวนภาพร กิตติมศักดิ์ เกิดเมื่อวันที่ 7 ตุลาคม 2518 ที่จังหวัดปราจีนบุรี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ จากคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา เมื่อปีการศึกษา 2538 เข้าศึกษาต่อที่ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2539 ได้รับทุนอุดหนุนการศึกษาได้แก่ ทุนผู้ช่วยสอนในปีการศึกษา 2539 ทุนยกเว้นค่าธรรมเนียมพิเศษในปีการศึกษา 2539-2540 และในปีการศึกษา 2540 ได้รับทุนผู้ช่วยวิจัย และสนับสนุนงานวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) โครงการเมธีวิจัยอาวุโส สกว. เปี่ยมศักดิ์ เมณะเตวต จนสำเร็จการศึกษาในภาคการศึกษาปลาย ในปีการศึกษา 2541



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย