รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2536. เอกสารคำแนะนำการเลี้ยงกุ้งทะเล. จัดทำโดยงานเอกสารคำแนะนำ กองส่งเสริมการประมง. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์, กระทรวงพาณิชย์. 2539. การประมาณการปริมาณ-มูลค่ากุ้งแช่แข็งส่งออกของไทย.

คณิต ไชยาคำ และบุญส่ง สิริกุล. 2523. การทดลองเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยอาหารผสมสูตรต่าง ๆ กันในบ่อดิน. เอกสารทางวิชาการ. สถานีประมงจังหวัดสงขลา กองประมงน้ำกร่อย กรมประมง. กรุงเทพมหานคร.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ. 2534. คัมภีร์การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ฐานเศรษฐกิจ.

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต. 2534. อาหารสำหรับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. วารสารการประมง 44(4): 329-342.

มะลิ บุณยรัตผลิน. 2531. อาหารและการให้อาหารกุ้งกุลาดำ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ ช่อนนทรี จำกัด.

เยาวมาลย์ ค้าเจริญ. 2523. คู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล. 2539. ความต้องการพลังงานและการถ่ายทอดพลังงานของกุ้งทะเล. เอกสารประกอบการสัมมนาเมธีวิจัยอาวุโสของกองทุนสนับสนุนการวิจัย. จัดโดยสถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และหน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีแห่งชาติ. ณ. ห้อง G.M. Hill. อาคารศศนิเวศ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วันที่ 15 ตุลาคม 2539 : 15 หน้า.

อุดสาห์ จันทร์อำไพ. 2527. ความต้องการอาหารและสารโภชนาการของกุ้ง. วารสารสงขลานครินทร์ 6(2) : 197-200.

ภาษาอังกฤษ

Abdel-Rahman, S.R., Kanazawa, A. and Teshima, S.I. 1979. Effects of dietary carbohydrate on the growth and the levels of the hepatopancreatic glycogen and serum glucose of prawn. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 45(12) : 1491-1494.

Akiyama, D.M. and Chwang, N.L.M. 1989. Shrimp feed requirements and feed manangement. In Akiyama, D.M. (ed.), Proceedings of the Southeast Asia Shrimp Farm Management Workshop Philippines, Indonesia and Thailand, July 26 to August 11. American Soybean Association, Singapore. pp. 5-82.

Akiyama, D.M., Dominy, W.G. and Lawrence, A.L. 1991. Penaeid shrimp nutrition for the commercial feed industry. In Akiyama, D.M. and Tan, R.K.H. (eds.), Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop Thailand and Indonesia, September 19-25. American Soybean Association, Singapore. pp. 81-98.

Akiyama, D.M., Dominy, W.G. and Lawrence, A.L. 1992. Penaeid shrimp nutrition, In Fast, A.W. and Lester, L.J. (eds.). Marine shrimp culture : Principles and practices. New York : Elsevier Science. pp. 535-568.

Alava, V.R. and Pascual, F.P. 1987. Carbohydrate requirements of *Penaeus monodon* (Fabricius) juveniles. Aquaculture 61 : 211-217.

Andrews, J.W., Sick, L.V. and Baptist, G.J. 1972. The influnce of dietary protein and energy level on growth and survival of penaeid shrimp. Aquaculture 1 : 341-347.

Annual Report Shrimp News International. 1995. World Shrimp Farming : Eastern Hemisphere-Thailand. In Rosenberry, B. (ed.) Annual Report Shrimp News International. Decamber 1995. San Diego: Shrimp News International print. 68 pp.

Association of Official Analytical Chemists. 1990. Official Methods Analysis. 14th ed. Washington D.C. : Association of Official Analytical Chemists.

Bautista, M.N. 1986. The response of *Penaeus monodon* juveniles to varying protein/energy rations in test diets. Aquaculture 53 : 229-242.

Boyd, C.E. and Tucker, C.S. 1992. Water quality and pond soil analysis for aquaculture. Alabama experiment station. Auburn University, Alabama. 115 pp.

Brafield, A.E. and Llewellyn, M.J. 1982. animal energetics. 1st ed. New York : Chapman & Hall. pp. 1-7.

Cheng, J.H. and Liao, I.C. 1986. The effect of salinity on the osmotic and ionic concentation in the haemolymp of *Penaeus monodon* and *Penaeus penicillatus*. The First Asian Fisheries Forum. Manila, Philipines. p. 633-636.

Cho, C.Y., Slinger, S.J. and Bayley, H.S.1982. Bioenergetic of Salmonic fishes : Energy Intake, Experiment and Productivity. Com. Biochem. Physiol. 73B : 25-41.

Colvin, L.B. and Brand, C.W. 1977. The protein requirement of penaeid shrimp at various life cycle stages in controlled systems. Proceedings of the World Mariculture Society. 8:821-840.

Colvin, P.M. 1976. Nutritional studies on penaeid prawns : protein requirement in compounded dits for juvenile *Penaeus indicus* (Milne Edwards). Aquaculture 7 : 315-326.

Cowey, C.B. and Forster, J.R.M. 1971. The essestial amino-acid requirements of the prawn *Palaemon serratus*. The growth of prawns on diets containing proteins of different amino - acid compositions. Mar.Biol. 10 : 77-81.

Cuzon, G. and Guillaume, J. 1997. Energy and protein: energy ratio, In D'Abramo, L.R., Conklin, D.E. and Akiyama, D.M. (eds.). Crustacean nutrition: advances in world aquaculture volume 6. Louisiana: The World Aquaculture Society.

Cuzon, G., Cousin, M. and Guillaume, J. 1997. Protein/energy ratio of shrimp experimental diets in relation to growth rate and metabolism. In World Aquacuture Society (ed.). Book of abstracts. World Aquaculture'97. February 19-23, 1997. Washington State Convention Center, Seattle, Washington, U.S.A. p. 96.

Cuzon, G., Guillaume, J. and Cahu, C. 1994. Review : composition, preparation and utilization of feeds for Crustacea. Aquaculture 124 : 253-267.

D' Abramo, L.R., Bordner, C.E., Daggett, G.R., Conklin, D.E. and Baum, N.A. 1980. Relationships among dietary lipids, tissue lipid and growth in juvenile lobsters. Proc. World. Maricult. Soc. 11 : 335-345.

D' Abramo, L.R. 1997. In World Aquacuture Society (ed.). Book of abstracts. World Aquaculture'97. February 19-23, 1997. Washington State Convention Center, Seattle, Washington, U.S.A. p. 96.

Deshimaru, O. 1982. Protein and amino acid nutrition of the prawn *Penaeus japonicus*. In Pruder, G.D., Landgon,C. and Conklin, D. (eds.) Proceedings of the 2 nd International Conference on Aquaculture Nutrition. Louisiana State University, Louisiana, USA. pp. 106-123.

Deshimaru, O. and Yone, Y. 1978. Optimum level of dietary protein for prawn. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 44 : 1395-1397.

Deshimaru, O. and Kuroki, K. 1974. Studies on purified diet for prawn-I. basal composition of diet. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 40(4) : 413-419.

De Silva, S.S. and Anderson, T.A. 1995. Fish nutrition in aquaculture. 1st ed. London : Chapman & Hall.

Ensminger, M.E. and Olentine, C.G. 1978. Feed and nutrition. 1st ed. California : Ensminger Press.

Furuichi, M. and Yone, Y. 1982. Availability of carbohydrate in nutrition of carp and red sea bream. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 48 : 945-948.

Hajra, A., Ghosh, A. and Mandal, S.K. 1988. Biochemical studies on the determination of optimum dietary protein to energy ratio for tiger prawn *Penaeus monodon* Fabricius juveniles. Aquaculture 71: 71-79.

Halver, J.E. 1976. The nutritional requirements of cultivated warmwater and coldwater fish species. Paper No. 31. FAO Technical Conference on Aquaculture, Kyoto, May 26 to June 2. 9 pp.

Jobling, M. 1994. Fish bioenergetics. 1st ed. London : Chapman & Hill.

Kanazawa, A., Teshima, S. and Tokiwa,S. 1977. Nutritional requirements of prawn. VII. effect of dietary lipids on growth. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 43 : 849-856.

Kooiman, P. 1964. Occurrances of carbohydrase in digestive juice in hepatopancreas of *Astacus fluviatilis* and *Homarus vulgaris*. Cell. Comp. Physiol. 63 : 197-201.

Lee, P.G. and Lawrence A.L. 1997. Feed digestibility in crustaceans. In World Aquacuture Society (ed.). Book of abstracts. World Aquaculture'97. February 19-23, 1997. Washington State Convention Center, Seattle, Washington, U.S.A. p. 278.

Lin, C.S., Chang, M.S. Su and Shitauda, K. 1982. China Fisheries Monthly. 337: 13-15.

Lovell,T. 1989. Nutrition and feeding of fish. New York : Van Nostrand Reinhold.

Maynard, L.A. and Loosli, J.K. 1969. Animal nutrition. 6th ed. New Delhi : McGraw-Hill Book company. 613 pp.

Motoh, H. 1979. Larvar of decapod crustacea of the Philippines. III. Larvar development of the gaint tiger prawn, *Penaeus monodon* reared in the laboratory. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 45(10) : 1201-1216.

Motoh, H. 1984. Biology and ecology of *Penaeus monodon*. In Taki, Y. Primavera, J.H. and Llobrera, J.A. (eds.). Proceedings of the First International Conference on the Culture of Penaeid Prawns/Shrimps, by SEAFDEC Aquaculture Department. December 4-7. Iloilo, Phillippines. pp. 27-36.

Murai, T., Akiyama, T. and Nose, T. 1983. Effects of glucose chain length of various carbohydrates and frequency of feeding on their utilization by fingerling carp. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 49(10) : 1607-1611.

National Research Council. 1981. Nutrient requirements of cold water fishs. Washington : National Academic Press.

National Research Council. 1983. Nutrient requirements of warmwater fishes and shellfishes. Washington: National Academy Press.

New, M.B. 1976. A review of dietary study with shrimp and prawn. Aquaculture 9 : 101-144.

Pascual, F.P., Coloso, R.M. and Tamse, C.T. 1983. Survival and some histological changes in *Penaeus monodon* Fabricius juveniles fed various carbohydrates. Aquaculture 31 : 169-180.

Phillips. A.M. 1972. Caloric and energy requirement., In Halver J.E. (ed.). Fish nutrition. 1st ed. New York : Academic Press.

Piefer, A. and Pfeffer, E. 1980. Studies on the comparative efficiency of utilization of gross energy from some carbohydrates, proteins and fats by rainbow trout. (*Salmo gairdneri*, R.) Aquaculture 20 : 323-332.

Piyatiratitivorakul, S. 1988. The life history and bioenergetics relations in the grass shrimp, *Palaemonetes pugio* HOLTHUIS. Doctor of philosophy's thesis, University of South Carolina.

Sedgwick, R.W. 1979. Influence of dietary protein and energy on growth, food consumption and food conversion efficiency in *Penaeus merguiensis* DE MAN. Aquaculture 16 : 7-30.

Shiau, S.Y. 1997. Carbohydrates and fiber. In World Aquacuture Society (ed.). Book of abstracts. World Aquaculture'97. February 19-23, 1997. Washington State Convention Center, Seattle, Washington, U.S.A. p. 424.

Shiau, S.Y. and Chou, B.S. 1991. Effects of dietary protein and energy on growth performance of tiger shrimp *Penaeus monodon* reared in seawater. Nippon. Suisan. Gakkaishi. 57(12) : 2271-2276.

Sick, L.V. and Andrews, J.W. 1973. The effect of selected dietary lipids, carbohydrates and proteins on the growth, survival and body composition of *Penaeus duorarum*. Proc. World. Maricult. Soc. 4 : 263-276.

Smith, L.L., Lee, P.G., Lawrence, A.L and Straw K. 1985. Growth of digestibility by three sizes of *Penaeus monodon* vannamei Boon : effect of dietary protein level and protein source. Aquaculture 46 : 85-96.

Spotte, S. 1979. Seawater aquariums. New York, USA. : Wiley-Interscience publication.

Strickland, J.D.H. and Pearsons, T.R. 1977. A practical handbook of seawater analysis. 2nd ed. Bulletin 167, Fisheries research board of canada, Ottawa.

Tacon, A.G.J. 1990. Standard method for the nutrition and feeding of farmed fish and shrimp : The essential nutrients. Vol.1. 1st ed. Washington : Argent Laboratory Press.

Tacon, A.G.J., and Akiyama, D.M. 1990. Feed ingredients. In World Aquacuture Society (ed.). Book of abstracts. World Aquaculture'97. February 19-23, 1997. Washington State Convention Center, Seattle, Washington, U.S.A.

Teshima, S. and Kanazawa, A. 1984. Effects of protein, lipid and carbohydrate levels in purified diets on growth and survival rates of the prawn larvae. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 50(10) : 1709-1715.

Vergare, J.M., Robaina, L., Izquierdo, M. and Higuera, M.D.L. 1996. Fisheries science. 62(4) : 624-628.

Watanabe, T. 1982. Lipid nutrition in fish Comp. Biochem. Phisiol. 73B : 3-15.

Wetzel, R.G. 1975. Limnology. Philadelphia : W.B. Sannders.

Wilson, R.P. 1989. Amino acids and proteins, In Halver J.E. (ed.). Fish nutrition. 2nd ed. San Diego : Academic Press.

Zubay, G. 1993. Biochemistry. 3rd ed. New York : Wm C. Brown Communications.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

1. การวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบน้ำหนักกุ้งกุลาดำวัยรุ่นทางสถิติในการทดลองที่ 1

Analysis of Variance Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
TRT	5	1 2 3 4 5
REP	3	1 2 3

Number of observations in data set = 15

Dependent Variable: WT40

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	6	0.02384600	0.00397433	8.37	0.0042
Error	8	0.00379893	0.00047487		
Corrected Total	14	0.02764493			

R-Square	C.V.	WT40 Mean
0.862581	16.90132	0.12893333

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	4	0.02246027	0.00561507	11.82	0.0019
REP	2	0.00138573	0.00069287	1.46	0.2882

Duncan's Multiple Range Test for variable: WT40

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate,

not the experimentwise error rate Alpha= 0.05 df= 8 MSE= 0.000475

Number of Means	2	3	4	5
Critical Range	.04103	.04276	.04372	.04430

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	TRT
A	0.20233	3	2
B	0.12967	3	1
B			
B	0.11633	3	3
B			
B	0.10300	3	4
B			
B	0.09333	3	5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. การวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความยาวเหยียดกุ้งกุลาดำวัยรุ่นทางสถิติในการทดลองที่ 1

Analysis of Variance Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
TRT	5	1 2 3 4 5
REP	3	1 2 3

Number of observations in data set = 15

Dependent Variable: LT40

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	6	0.05316107	0.00886018	7.65	0.0057
Error	8	0.00926827	0.00115853		
Corrected Total	14	0.06242933			

R-Square	C.V.	LT40 Mean
0.851540	17.60547	0.19333333

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	4	0.04094333	0.01023583	8.84	0.0049
REP	2	0.01221773	0.00610887	5.27	0.0346

Duncan's Multiple Range Test for variable: LT40

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate Alpha= 0.05 df= 8 MSE= 0.001159

Number of Means	2	3	4	5
Critical Range	.06409	.06678	.06829	.06920

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	TRT
A	0.29500	3	2
B	0.18867	3	1
B			
B	0.17100	3	3
B			
B	0.15733	3	4
B			
B	0.15467	3	5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. การวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบอัตราการรอดกุ้งกุลาดำวัยรุ่นทางสถิติในการทดลองที่ 1

Analysis of Variance Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
TRT	5	1 2 3 4 5
REP	3	1 2 3

Number of observations in data set = 15

Dependent Variable: SUR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	6	3.46666667	0.57777778	0.45	0.8267
Error	8	10.26666667	1.28333333		
Corrected Total	14	13.73333333			

R-Square	C.V.	SUR Mean
0.252427	9.336618	12.1333333

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	4	1.73333333	0.43333333	0.34	0.8454
REP	2	1.73333333	0.86666667	0.68	0.5358

Duncan's Multiple Range Test for variable: SUR

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate,

not the experimentwise error rate Alpha= 0.05 df= 8 MSE= 1.283333

Number of Means	2	3	4	5
Critical Range	2.133	2.223	2.273	2.303

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	TRT
A	12.6667	3	3
A			
A	12.3333	3	4
A			
A	12.0000	3	1
A			
A	12.0000	3	2
A			
A	11.6667	3	5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. การวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบน้ำหนักกุ้งกุลาดำวัยรุ่นทางสถิติในการทดลองที่ 2

Analysis of Variance Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
TRT	9	1 2 3 4 5 6 7 8 9
REP	3	1 2 3

Number of observations in data set = 27

Dependent Variable: WT60

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	10	0.53651659	0.05365166	9.18	0.0001
Error	16	0.09348104	0.00584256		
Corrected Total	26	0.62999763			

R-Square	C.V.	Root MSE	WT60 Mean
0.851617	21.48886	0.076437	0.35570370

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	8	0.52337963	0.06542245	11.20	0.0001
REP	2	0.01313696	0.00656848	1.12	0.3493

Duncan's Multiple Range Test for variable: WT60

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate Alpha= 0.05 df= 16 MSE= 0.005843

Number of Means	2	3	4	5	6	7	8	9
Critical Range	0.132	0.139	0.143	0.146	0.148	0.149	0.150	0.151

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping		Mean	N	TRT
	A	0.5183	3	2
	A			
B	A	0.5027	3	3
B	A			
B	A	0.5010	3	5
B	A			
B	A	0.4657	3	6
B				
B	C	0.3607	3	8
	C			
D	C	0.3027	3	9
D				
D	E	0.2090	3	1
D	E			
D	E	0.1843	3	4
	E			
	E	0.1570	3	7

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. การวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความยาวเหยียดกุ้งกุลาดำวัยรุ่นทางสถิติในการทดลองที่ 2

Analysis of Variance Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
TRT	9	1 2 3 4 5 6 7 8 9
REP	3	1 2 3

Number of observations in data set = 27

Dependent Variable: LT60

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	10	2.22737689	0.22273769	11.34	0.0001
Error	16	0.31418511	0.01963657		
Corrected Total	26	2.54156200			

R-Square	C.V.	Root MSE	LT60 Mean
0.876381	16.50536	0.140131	0.84900000

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	8	2.19190867	0.27398858	13.95	0.0001
REP	2	0.03546822	0.01773411	0.90	0.4250

Duncan's Multiple Range Test for variable: LT60

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate Alpha= 0.05 df= 16 MSE= 0.019637

Number of Means	2	3	4	5	6	7	8	9
Critical Range	0.242	0.254	0.262	0.267	0.270	0.273	0.275	0.277

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping		Mean	N	TRT
	A	1.146	3	5
	A			
	A	1.140	3	2
	A	1.138	3	3
	A			
B	A	1.082	3	6
B				
B		0.857	3	9
B				
B		0.848	3	8
	C	0.522	3	4
	C			
	C	0.467	3	1
	C			
	C	0.441	3	7

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. การวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบอัตราการรอดกุ้งกุลาดำวัยรุ่นทางสถิติในการทดลองที่ 2

Analysis of Variance Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
TRT	9	1 2 3 4 5 6 7 8 9
REP	3	1 2 3

Number of observations in data set = 27

Dependent Variable: SURV

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	10	68.14814815	6.81481481	5.94	0.0009
Error	16	18.37037037	1.14814815		
Corrected Total	26	86.51851852			

R-Square	C.V.	Root MSE	SURV Mean
0.787671	9.393166	1.071517	11.4074074

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	8	67.18518519	8.39814815	7.31	0.0004
REP	2	0.96296296	0.48148148	0.42	0.6645

Duncan's Multiple Range Test for variable: SURV

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate Alpha= 0.05 df= 16 MSE= 1.148148

Number of Means	2	3	4	5	6	7	8	9
Critical Range	1.852	1.943	2.006	2.041	2.068	2.088	2.104	2.116

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping			Mean	N	TRT
	A		13.667	3	3
	A				
B	A		13.000	3	2
B	A				
B	A	C	12.333	3	5
B	A	C			
B	A	C	12.000	3	8
B	A	C			
B	A	C	11.667	3	6
B		C			
B		C	11.000	3	9
		C			
		C	10.667	3	1
		C			
		C	10.333	3	4
	D		8.000	3	7

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ซ

ตารางที่ 9. คุณภาพน้ำที่สัตว์น้ำสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างปกติ

ค่าคุณภาพน้ำ	ช่วงที่เหมาะสม	แหล่งที่มา	หมายเหตุ
อุณหภูมิ (°C)	25-30	Boyd and Turker (1992)	สำหรับกุ้ง
	25-30	กรมประมง (2536)	สำหรับกุ้ง
ความเค็ม (ppt)	23-25	Cheng and Laio (1986)	สำหรับกุ้ง
	15-25	กรมประมง (2536)	สำหรับกุ้ง
	15-30	Boyd and Turker (1992)	สำหรับกุ้ง
ความเป็นกรดเป็นด่าง	7-9	Boyd and Turker (1992)	สำหรับกุ้ง
	7.5-8.5	ชลอ ลิ้มสุวรรณ (2534)	สำหรับกุ้ง
	7.5-8.5	กรมประมง (2536)	สำหรับกุ้ง
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (ppm)	≥ 3.5-อิ่มตัว	Boyd and Turker (1992)	สำหรับกุ้ง
	5-7.5	กรมประมง (2536)	สำหรับกุ้ง
แอมโมเนีย (mg/l)	0.4-2.0	Boyd and Turker (1992)	สำหรับกุ้ง
	0.4-2.0	กรมประมง (2536)	สำหรับกุ้ง
ไนเตรท (ppm)	ไม่เป็นพิษ	Wetzel (1975)	ในน้ำธรรมชาติอยู่ในช่วง 0.01-0.5 ppm

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์อาหารแบบ proximate analysis

1. การวิเคราะห์ปริมาณไขมันรวม (crude fat)

ดัดแปลงจาก AOAC 7.062

<u>หลักการ</u>

อีเทอร์จะถูกระเหยเป็นไอติดต่อกันหลังจากนั้นไอของอีเทอร์กระทบความเย็นจากเครื่องควบแน่นแล้วกลั่นตัวกลับเป็นของเหลวและไหลผ่านตัวอย่างอาหารสัตว์ พร้อมทั้งสกัดสารที่สามารถละลายได้ในอีเทอร์ออกมาด้วยจนกระทั่งขบวนการเสร็จสิ้น อีเทอร์จะถูกระเหยหรือทำให้แห้งไปจนหมดสิ่งที่เหลืออยู่คือไขมัน (crude fat) หรือที่เรียกว่า ether extract

<u>อุปกรณ์</u>

1. เครื่องสกัดไขมัน (soxtherm automatic) รุ่น S-11 ของบริษัทกรัมerhardt ประเทศเยอรมันนี ประกอบด้วย cooler, oil bate โดยมี silicone oil เป็นตัวถ่ายเทความร้อน, pressure control pump และ condenser
2. thimble ชนิด double layer ขนาด 28 x 80 มิลลิเมตร
3. ขวดสกัดไขมัน (extraction beaker)
4. กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1
5. โถดูดความชื้น (dessicator)

<u>สารเคมี</u>

1. petroleum ether (ARกรัมrade)

<u>วิธีการ</u>

1. อบขวดสกัดไขมันใน oven ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นใน dessicator ชั่งน้ำหนักอย่างละเอียดของขวดสกัดไขมัน
2. ชั่งตัวอย่างอาหารประมาณ 2 กรัม (อย่างละเอียด) ห่อด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1
3. ใส่ตัวอย่างที่ห่อแล้วลงใน thimble แล้วใส่ thimble ลงในขวดสกัดไขมัน เติม petroleum ether ประมาณ 75 มิลลิลิตร ลงไปในขวดสกัดไขมัน (ระวังอย่าให้ thimble แช่อยู่ใน petroleum ether)

4. นำขวดสกัดไขมันจากข้อ (3) ไปประกอบกับเครื่อง (soxtherm automatic) โดยเปิดเครื่องสกัดไขมัน เปิดสวิทช์ของ oil bate ตั้งอุณหภูมิที่ 150 องศาเซลเซียส เปิดสวิทช์ของ pressure control pump เปิด cooler ให้น้ำไหลเวียนเข้า condenser ของเครื่อง soxtherm automatic

5. เลื่อนคันโยกที่เครื่อง soxtherm automatic มายังตำแหน่งที่จะให้เกิดการ reflex กลับของ petroleum ether ปล่อยให้เกิดการสกัดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง

6. หลังจากนั้นทำการระเหย petroleum ether ออกจากไขมันที่สกัดได้ แล้วอบขวดสกัดไขมันใน oven ที่ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นใน dessicator

7. เมื่อขวดสกัดไขมันเย็นแล้วนำไปชั่งน้ำหนักละเอียดเพื่อคำนวณหาเปอร์เซนต์ไขมันในอาหารสัตว์

<u>การคำนวณ</u>

$$\% \text{ ไขมัน} = \frac{(b - a) \times 100}{c}$$

เมื่อ a = น้ำหนัก beaker ก่อนการสกัดไขมัน (กรัม)

b = น้ำหนัก beaker และไขมัน หลังการสกัดไขมัน (กรัม)

c = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ (กรัม)

2. การวิเคราะห์โปรตีนรวม (Crude protein)

ดัดแปลงจาก AOAC 7.024

<u>หลักการ</u>

วิธีหาปริมาณไนโตรเจนที่เป็นส่วนประกอบของโปรตีนซึ่งโดยทั่วไปโปรตีนประกอบด้วยไนโตรเจนประมาณ 16 เปอร์เซนต์ ดังนั้นเมื่อทราบปริมาณไนโตรเจนแล้วนำมาคูณกับแฟคเตอร์ 6.25 ผลที่ได้คือ โปรตีนทั้งหมด (crude protein) ในอาหารสัตว์ ขั้นตอนในการวิเคราะห์มี 3 ขบวนการที่สำคัญคือ 1. ขบวนการย่อย 2. ขบวนการกลั่น 3. การไตเตรต

<u>อุปกรณ์</u>

1.กรัมerhardt kjeldatherm digestion unit

2.กรัมerhardt vapodast 1

3. ชุดไตเตรต

สารเคมี

1. สารละลายกรด H_2SO_4 เข้มข้น

2. สารละลายกรด H_2SO_4 เข้มข้น 0.1 N

3. สารละลาย NaOH เข้มข้น 50 %

4. สารละลายกรด Boric เข้มข้น 4 %

5. catalyst ชนิดเม็ด (kjel-tab) ประกอบด้วย 3.5 กรัม K_2SO_4 และ 0.0035 กรัม Se, ผลิตภัณฑ์จากประเทศสวีเดน

6. indicator ประกอบด้วย 0.625 กรัม methyl red และ 0.480 กรัม methylene blue ละลายใน ethyl alcohol (50 มิลลิลิตร, 95 % v/v)

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างอาหารแห้งมา 2 กรัม ใส่ลงในหลอดย่อย และเติม catalyst 2 เม็ด

2. เติมสารละลายกรด H_2SO_4 เข้มข้น 25 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดย่อย

3. นำหลอดย่อยไปใส่ในเครื่อง kjeldatherm พร้อมทั้งประกอบท่อดูดควันระบบสูญญากาศทิ้ง ให้เกิดการย่อยจนได้สารประกอบสีดำ โดยครั้งแรกใช้ไฟอ่อน ๆ ประมาณ 250 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วจึงเร่งไฟให้มีความร้อนสูงขึ้นถึง 380 องศาเซลเซียส ปล่อยให้เกิดการย่อยอย่างสมบูรณ์ จนได้สารละลายในหลอดเป็นสีเหลืองอ่อนใส ๆ (โดยปรับอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ทุก ๆ 15 นาที จนได้อุณหภูมิ 380 องศาเซลเซียส)

4. เมื่อย่อยจนได้สารสีเหลืองอ่อนใส ๆ แล้วให้ย่อยต่อไปอีก 1 ชั่วโมง จากนั้นนำหลอดย่อยนั้นมาทิ้งให้เย็นในอุณหภูมิห้องแล้วเติมน้ำกลั่นประมาณ 40 มิลลิลิตร

5. กลั่นตัวอย่างที่ย่อยแล้วด้วยเครื่อง vapodest 1 โดยใส่สารละลายกรด boric 4 % ซึ่งเติม indicator 5 - 6 หยด ปล่อยให้กลั่นจนสารละลาย boric ในขวดได้ประมาณ 300 มิลลิลิตร (ใช้เวลาประมาณ 30 นาที)

6. ไตเตรตสารละลายที่กลั่นได้ด้วยสาร H_2SO_4 เข้มข้น 0.5 N

การคำนวณ

$$\% \text{ โปรตีน} = \frac{a \times b \times 6.25 \times 1.4}{c}$$

เมื่อ a = normality ของ H_2SO_4 ที่ไตเตรต

b = ปริมาณกรด H_2SO_4 ที่ใช้ไตเตรต (มิลลิลิตร)

c = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

3. **การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (Ash)**

ดัดแปลงจาก AOAC 7.009

<u>หลักการ</u>

เมื่อนำตัวอย่างอาหารสัตว์ไปเผาไหม้ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส พวกสารอินทรีย์ (organic) ทั้งหมดจะถูกเผาไหม้ไป ส่วนที่เหลืออยู่คืออนินทรีย์สาร (inorganic) อนินทรีย์สารทั้งหมดไม่ได้ระเหยไปในอุณหภูมิดังกล่าวเรียกว่าเถ้า (ash) เถ้าคือแร่ธาตุที่มีอยู่ในอาหารนั่นเอง

<u>อุปกรณ์</u>

1. เตาเผาอุณหภูมิความร้อนสูง (muffle furnace)
2. ถ้วยกระเบื้อง (porcelain crucibles)
3. โหลดูดความชื้น (dessicator)
4. ตู้ดูดควัน (fume hood)
5. เตาเผา (hot plate)
6. คีมคีบ (tong)

<u>วิธีการ</u>

1. อบ crucible และฝาที่ 120 องศาเซลเซียส ใน oven เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน dessicator และชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างแห้งใส่ใน crucible ประมาณ 2 กรัม อย่างละเอียด (อาจใช้ตัวอย่างที่หาความชื้นแล้วมาทำเถ้าต่อได้)
3. นำ crucible ไปเผาบน hot plate โดยทำในตู้ควัน ดูดควันให้หมดเสียก่อน (ประมาณ 45 นาที)
4. แล้วนำ crucible จากข้อ 3 เข้าไปเผาในเตาเผาที่ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 600 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 4 - 5 ชั่วโมง เผาจนได้เถ้าเป็นสีขาวหรือสีเทาอ่อน
5. ทิ้งให้เย็นในโหลดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักละเอียด

การคำนวณ

$$\% \text{ เถ้า} = \frac{(b-a) \times 100}{w}$$

เมื่อ a = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้อง (กรัม)

b = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องกับน้ำหนักภายหลังการเผา (กรัม)

w = น้ำหนักของตัวอย่างแห้งที่ใช้ในการวิเคราะห์ (กรัม)

4. การวิเคราะห์หาความชื้นในอาหาร (moisture)

ดัดแปลงจาก AOAC 7.007

หลักการ

ความชื้นของตัวอย่างอาหารสัตว์จะถูกดึงไปโดยวิธีระเหยโดยใช้ความร้อนจนกระทั่งได้น้ำหนักของอาหารที่เหลืออยู่คงที่ น้ำหนักที่สูญหายไปของอาหารก็คือความชื้นของอาหารนั่นเอง

อุปกรณ์

1. ตู้อบแห้ง (hot air oven)
2. โหลดูดความชื้น (dessicator)
3. ถ้วยกระเบื้อง (porcelain crucibles)
4. คีมคีบ (tong)

วิธีการ

1. อบ crucible และฝาที่ 120 องศาเซลเซียส ใน oven เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน dessicator และชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างแห้งใส่ใน crucible ประมาณ 2 กรัม อย่างละเอียด
3. นำ crucible จากข้อ 3 ไปอบใน oven ที่ตั้งอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง
4. นำ crucible ออกจาก oven ทิ้งให้เย็นใน dessicator แล้วชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด
5. นำ crucible กลับเข้าอบใน oven โดยทำเช่นเดียวกับข้อ 3 จนกระทั่งได้น้ำหนักที่คงที่ แสดงว่าน้ำหนักได้ระเหยออกจากตัวอย่างไปหมดแล้ว

การคำนวณ

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{(a-b) \times 100}{w}$$

เมื่อ a = น้ำหนัก crucible และตัวอย่างก่อนการอบ (กรัม)

b = น้ำหนัก crucible และตัวอย่างหลังการอบ (กรัม)

c = น้ำหนักตัวอย่างอาหารที่ใช้ในการวิเคราะห์ (กรัม)

5. การวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใย (Fiber)

ดัดแปลงจาก AOAC 7.073

หลักการ

นำอาหารที่สกัดไขมันออกแล้วไปย่อยด้วยสารละลายกรดเจือจางหลังจากนั้นอาหารจะถูกย่อยต่อไปด้วยสารละลายด่างเจือจางสารที่เหลืออยู่ถูกกรองเก็บไว้ในกระดาษกรองใน crucible แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิประมาณ 600 องศาเซลเซียส น้ำหนักที่สูญหายไปในการเผาคือเยื่อใยทั้งหมดที่มีอยู่ในอาหารนั่นเอง

อุปกรณ์

1. crude fiber digestion apparatus ประกอบด้วย digestion beaker, condensor
2. กระดาษกรองชนิดไม่มีเถ้า (whatman เบอร์ 41)
3. เตาเผาอุณหภูมิความร้อนสูง (muffle furnace)
4. ถ้วยกระเบื้อง (porcelain crucibles)
5. โหลดูดความชื้น (dessicator)
6. กรวยกรอง (funnel)
7. กระดาษลิตมัส

สารเคมี

1. H_2SO_4 เข้มข้น 0.255 N
2. NaOH เข้มข้น 0.313 N
3. 95 % ethyl alcohol

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการ

1. นำตัวอย่างที่สกัดไขมันออกแล้ว (ทราบน้ำหนักอย่างละเอียด) มาใส่ลงใน beaker เติมสารละลายกรด H_2SO_4 เข้มข้น 0.255 N ลงไป 200 มิลลิลิตร ต่อ condensor เข้ากับ beaker เพื่อรักษาระดับความเข้มข้นของกรดให้คงที่เปิด heater ให้ความร้อนกับกรดจนเดือด ปล่อยให้เดือดประมาณ 30 นาที

2. อบกระดาษกรองเบอร์ 41 และถ้วยกระเบื้องทิ้งให้เย็นใน dessicator จนได้น้ำหนักคงที่

3. กรองสารละลายที่ได้จากข้อ 1 ด้วยสารละลายเบอร์ 41 (รู้น้ำหนักอย่างละเอียด) จนหมด (ใช้น้ำกลั่นล้างตะกอนที่เหลือค้างใน beaker) แล้วล้างตะกอนที่ตกค้างอยู่บนกระดาษกรองด้วยน้ำกลั่นจนหมดความเป็นกรด (ทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส)

4. นำส่วนที่เหลือบนกระดาษกรองใส่ลงใน beaker เช่นเดียวกับข้อ 1 แล้วเติมสาร NaOH เข้มข้น 0.313 N ลงไป 200 มิลลิลิตร ใช้สารละลายนี้ล้างตัวอย่างบนกระดาษกรองให้หมด ต้มให้เดือดเป็นเวลา 30 นาที

5. กรองเอาตะกอนจากข้อ 4 ด้วยกระดาษกรองแผ่นเดิมแล้วล้างตัวอย่างจนปราศจากความเป็นกรดเป็นด่างแล้วล้างตะกอนด้วย 95% ethy alcohol นำตัวอย่างที่เหลือบนกระดาษกรองพร้อมกระดาษกรองไปอบให้แห้งใน oven ที่ 120 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน dessicator แล้วชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด

6. นำตะกอนพร้อมกระดาษกรองไปเผาใน muffle furnace ที่ 600 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง เพื่อหาเถ้าโดยใส่ไว้ในถ้วยกระเบื้องที่ทราบน้ำหนักละเอียดแล้ว ทิ้งให้เย็นใน dessicator แล้วนำไปชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด

การคำนวณ

$$\% \text{ เยื่อใย} = \frac{(a+b) - (b-c) \times 100}{d}$$

เมื่อ a = น้ำหนักตะกอน (กรัม)

b = น้ำหนักกระดาษกรอง (กรัม)

c = น้ำหนักเถ้า (กรัม)

d = น้ำหนักตัวอย่างอาหารที่ใช้วิเคราะห์ (กรัม)

6. การวิเคราะห์พลังงานรวมในอาหาร (gross energy)

ดัดแปลงจาก เยาวมาลย์ ค้าเจริญ (2531)

<u>หลักการ</u>

การวิเคราะห์หาพลังงานรวม (gross energy) ในอาหารโดยวิธี bomb calorimeter แบบ ballistic โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน นำไปเผาใน bomb calorimeter ที่มีออกซิเจนอยู่ประมาณ 25-30 บรรยากาศ แล้ววัดความร้อนที่เกิดขึ้นด้วย thermocouple และกรัมalvanometer system แล้วเปรียบเทียบความร้อนที่อ่านได้จากการเผาตัวอย่างมาตรฐาน เช่น benzoic acid ที่ทราบค่าของพลังงานที่เกิดจากการเผาไหม้ด้วยเครื่องนี้

<u>อุปกรณ์</u>

1. bomb calorimeter แบบ ballistic ผลิตจากประเทศอังกฤษ ซึ่งประกอบด้วย bomb bodyและกรัมalvanometer
2. ถังบรรจุกาซออกซิเจนบริสุทธิ์
3. เส้นด้ายฝ้าย (firing cotton)
4. ถ้วยบรรจุตัวอย่างอาหารทำจากสแตนเลส (crucible for bomb calorimeter)
5. โถดูดความชื้น (dessicator)
6. ตู้อบความร้อน (oven)

<u>สารเคมี</u>

1. benzoic acid มาตรฐาน (thermochemical grade)

<u>วิธีการ</u>

1. บดตัวอย่างอาหารที่จะวิเคราะห์ให้ละเอียดแล้วชั่งตัวอย่างอาหารที่บดประมาณ 1 กรัม ใส่ในถ้วยสแตนเลส
2. นำตัวอย่างในข้อ 1 ไปวางบน support pillar ของฐาน bomb
3. ใช้ firing cotton ยาวประมาณ 7 ซม. ผูกเกี่ยวระหว่าง coil ของ firing wire และสัมผัสตรงกลางของเม็ดอาหาร
4. ตรวจดู sealing ring ให้อยู่ในสภาพที่เรียบร้อย แล้วจึงนำ bomb body เข้าสวมและหมุนปิดให้แน่น
5. เสียบ thermocouple wire ตรงรูส่วนบน bomb body

6. ปิด pressure release valve แล้วจึงเปิดออกซิเจนเข้าเครื่อง bomb จนกระทั่งความดันสูงประมาณ 25-30 บรรยากาศ แล้วจึงปิดปุ่มที่นำแกสเข้าเครื่อง bomb

7. ปรับเครื่อง galvanometer ให้อยู่ที่ศูนย์แล้วทิ้งให้อยู่ที่ศูนย์ประมาณ 10 วินาที เพื่อปรับให้อุณหภูมิคงที่ และเมื่อ galvanometer อยู่ที่ศูนย์ แล้วจึงกดปุ่ม firing button

8. อ่านค่าของ galvanometer ที่ชี้บอกค่าสูงสุด (ใช้เวลาประมาณ 10-15 วินาที)

9. ปล่อยออกซิเจนที่เหลือออกจาก bomb แล้วจึงถอด bomb body ออกจากเครื่องแล้วจุ่ม bomb body ในน้ำเย็น เช็ดให้แห้ง โดยเฉพาะรูตรงกลางสำหรับเสียบ thermocouple wire จะต้องแห้งเสมอ

<u>วิธีวิเคราะห์ standard sample</u>

การวิเคราะห์ standard sample นั้นทำทุกอย่างเหมือนกับการวิเคราะห์อาหารเพียงแต่ใช้ benzoic acid ใส่แทนตัวอย่างที่วิเคราะห์เท่านั้นและใช้ benzoic acid ในการวิเคราะห์แต่ละครั้งประมาณ 0.7 กรัม ทำการวิเคราะห์อย่างน้อยที่สุด 5 ซ้ำ เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย

<u>วิธีวิเคราะห์ standardise เครื่องมือ bombcalorimeter</u>

การ standardise เครื่องมือนี้เพื่อแก้ความผิดพลาดของความร้อนที่เกิดขึ้นจาก firing current และ firing cotton วิธีการทำนั้นทำทุกอย่างคล้ายการวิเคราะห์ตัวอย่างเพียงแต่ไม่ใส่ตัวอย่างเท่านั้นให้อ่านค่าของ galvanometer ที่ขึ้นสูงสุดจึงใช้เวลาประมาณ 10 - 15 นาที หลังจากกดปุ่ม firing button แล้ว

<u>การคำนวณ</u>

$$\text{ค่าพลังงานรวมในอาหาร (kcal/g)} = \frac{(b - a)\,k}{w}$$

เมื่อ a = ค่าของกรัมalvanometer ที่อ่านสูงสุดเมื่อไม่มีตัวอย่าง (bomb firing cotton)

b = ค่าของกรัมalvanometer ที่อ่านสูงสุดเมื่อมีตัวอย่าง

k = ค่าพลังงานรวมที่ได้จาก benzoic acid (calibration constant)

w = น้ำหนักของตัวอย่างอาหารที่ใช้ในการวิเคราะห์ (กรัม)

$$k \text{ (kcal/scal)} = \frac{6.32\ wt}{c - a}$$

เมื่อ wt = น้ำหนักของ benzoic acid ที่ใช้ในการวิเคราะห์ (กรัม)

c = ค่าของ galvanometer ที่อ่านสูงสุดเมื่อมี benzoic acid

ค่าพลังงานมาตรฐานของ benzoic acid = 6.32 kcal/g

(ค่า k ควรได้จากการเฉลี่ย 5 ครั้ง)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ : นางสาวเบ็ญจมาศ จันทะภา

วันที่เกิด : 8 มกราคม 2514

สถานที่เกิด : จังหวัดขอนแก่น

การศึกษา : สำเร็จปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต (ประมง) พ.ศ.2536
ภาควิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
เข้าศึกษาปริญญาโท พ.ศ.2537
ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์

ทุนการศึกษา : พ.ศ. 2537 - 2539 ได้รับทุนผู้ช่วยวิจัย
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2539 ได้รับทุนจากโครงการเมธีวิจัยอาวุโส สกว.
"ศ.ดร.เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต" สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย