บทที่ 4
บทสรุป

สรุปผลการวิจัย

1. ในการศึกษาครั้งนี้ไม่สามารถใช้วิธีการ 3' Rapid amplification cDNA ends โคลนยีน fads 2 ที่สร้างเอ็นไซม์ delta-6 desaturase ในอาร์ทีเมียได้
2. ในการศึกษานี้ได้ใช้ยีน *onifads 2* ที่ได้จากปลานิลซึ่งเป็นปลาน้ำจืด และมีโครงสร้างของยีนตรงกับโครงสร้างของยีน *fads 2* ในปลาต่าง ๆ และมีความคล้ายคลึงของกรดอะมิโนกับปลาอื่น ๆ อยู่ในช่วง 72.6%–80.9%
3. ความคล้ายคลึงของส่วน cytochrome b5 domain ของโปรตีน Onifads 2 กับ โปรตีน fads 2 ในปลาอื่น จะมีความคล้ายคลึงอยู่ในช่วง 76%–93% และความคล้ายคลึงของส่วน fatty acid desaturase domain ของโปรตีน Onifads 2 กับ โปรตีน fads 2 ในปลาอื่น จะมีความคล้ายคลึงอยู่ในช่วง 73%–83%
4. การวิเคราะห์การแสดงออกของรีคอมบีแนนท์ยีสต์ด้วยวิธี Reverse transcription PCR (RT-PCR) พบว่ารีคอมบีแนนท์ยีสต์ (RY) ก่อนที่จะมีการเหนี่ยวนำด้วยน้ำตาลกาแลคโตสไม่มีการผลิต mRNA ของยีน *onifads 2* ในขณะที่ RY ที่ได้รับการเหนี่ยวนำให้แสดงออกด้วยน้ำตาลกาแลคโตสเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง มีการผลิต mRNA ของยีน *onifads 2*
5. รีคอมบีแนนท์ยีสต์ที่เลี้ยงด้วยน้ำตาลกลูโคสหรือน้ำตาลกาแลคโตสมีปริมาณไขมันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยที่ RY ที่เลี้ยงด้วยน้ำตาลกลูโคสมีปริมาณไขมัน เท่ากับ 4.82 ± 0.59 mg g^{-1} และ RY ที่เลี้ยงด้วยน้ำตาลกาแลคโตสมีปริมาณไขมันเท่ากับ 5.63 ± 0.28 mg g^{-1}
6. กรดไขมัน C18:2n6 และ C18:3n3 มีปริมาณต่ำ ทั้งใน RY ที่เลี้ยงด้วยน้ำตาลกลูโคสหรือน้ำตาลกาแลคโตส และกรดไขมัน C18:3n6 ใน RY ที่เลี้ยงด้วยน้ำตาลกลูโคสหรือน้ำตาลกาแลคโตสมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในขณะที่ RY ที่เลี้ยงด้วยน้ำตาล กาแลตโตส มี C18:4n3 สูงกว่า C18:4n3 ใน RY ที่เลี้ยงด้วยน้ำตาลกลูโคส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)
7. อาร์ทีเมียที่เลี้ยงด้วยรีคอมบีแนนท์ยีสต์มีกรดไขมันกลุ่ม n6 ได้แก่ C18:2n6, C18:3n6, C20:3n6 และ C20:4n6 สูงกว่าอาร์ทีเมียกลุ่มควบคุม

8. อาร์ทีเมียที่เลี้ยงด้วยรีคอมบีแนนท์ยีสต์มีกรดไขมันกลุ่ม n3 ได้แก่ C18:3n3, C18:4n3, C20:3n3, C20:5n3 สูงกว่าอาร์ทีเมียกลุ่มควบคุม
9. พบ C22:6n3ในอาร์ทีเมียที่เลี้ยงด้วยรีคอมบีแนนท์ยีสต์
10. สัดส่วนของ C18:3n6 ต่อ C18:2n6 และ สัดส่วนของ C18:4n3 ต่อ C18:3n3 ในอาร์ทีเมียที่เลี้ยงด้วยรีคอมบีแนนท์ยีสต์มีค่าสูงกว่าค่าสัดส่วนดังกล่าวในอาร์ทีเมียที่เลี้ยงด้วยยีสต์ปกติ
11. อาร์ทีเมียที่เลี้ยงด้วยน้ำมันลินินมีปริมาณกรดไขมัน C18:2n6 และ C18:3n3 สูงขึ้นมาก ในขณะที่อาร์ทีเมียที่เลี้ยงด้วยน้ำมันปลามีปริมาณกรดไขมัน C20:5n3 และ C22:6n3 สูงขึ้นมาก
12. อาร์ทีเมียที่เลี้ยงด้วยรีคอมบีแนนท์ยีสต์ร่วมกับน้ำมันลินิน มีกรดไขมัน C18:3n6 และ C18:4n3 สูงกว่ากรดไขมันดังกล่าวในอาร์ทีเมียที่ได้รับยีสต์ปกติ (กลุ่มควบคุม) ร่วมกับน้ำมันลินิน
13. รีคอมบีแนนท์ยีสต์ที่ระดับ 5×10^4 และ 5×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตรมีผลทำให้สัดส่วนของ C18:4n3 ต่อ C18:3n3 และ C18:3n6 ต่อ C18:2n6 ในอาร์ทีเมียที่เลี้ยงด้วยน้ำมันลินินมีค่าสูงขึ้น
14. อาร์ทีเมียที่ได้รับน้ำมันลินินร่วมกับรีคอมบีแนนท์ยีสต์มีกรดไขมัน C20:5n3 สูงกว่าอาร์ทีเมียที่ได้รับยีสต์ปกติร่วมกับน้ำมันลินิน
15. พบปริมาณกรดไขมัน C22:6n3 ในอาร์ทีเมียที่เลี้ยงด้วยรีคอมบีแนนท์ยีสต์ร่วมกับน้ำมันลินิน

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากในปัจจุบันเทคนิคการวิเคราะห์ลำดับเบสในระดับจีโนมสามารถทำได้ในระยะเวลาอันสั้น และมีค่าใช้จ่ายถูกลงอย่างมาก จึงควรมีการศึกษาทางด้านจีโนมของอาร์ทีเมียเพื่อจะนำไปสู่การศึกาโครงสร้างของยีนหลายยีน โดยเฉพาะยีนที่เกี่ยวข้องกระบวนการสังเคราะห์กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูง

บรรณานุกรม

Agaba, M., Tocher, D., Dickson, C.A., Dick, J.R., Teale, A.J. 2004. Zebrafish cDNA encoding multifunctional fatty acid elongase involved ingene in zebrafish. Transgenic Res. 14:159-165.

Alimuddin, Yoshizaki, G., Kiron,V., Satoh, S., Takeuchi, T. 2005. Enhancement of EPA and DHA biosynthesis by over-expression of masu salmon Δ6-desaturase-like

Bell, M.V., Dick, J.R. 1993. The appearance of rods in the eyes of herring and increased didocosaxaenoyl molecular species of phospholipids. J. mar. boil. Ass. UK. 73:679-688.

Bell, M.V., Batty, R., Navarro, J.C., Sargent, J.R. Dick, J.R. 1995. Dietary deficiency of docosahexaenoic acid impairs vision at low light intensities in juvenile herring (*Clupea harengus* L.). Lipids. 30:443-449.

Chakraborty, R.A., Chakraborty, K., Radhakrishnan, E.V. 2007. Variation in fatty acid composition of *Artemia salina* Nauplii enriched with microalgae and Baker's yeast for use in larviculture. J. Agric. Food Chem. 55: 4043-4051.

Cho, H.P., Nakamura, M.T., Clarke, S.D. 1999. Cloning, expression and nutritional regulation of the mammalian Δ6-desaturase. J. Biol. Chem. 274:471-477.

Cho, S.H., Hur, S.B., Jo, J.Y. 2001. Effect of enriched live feeds on survival and growth rates in larval Korean rockfish, *Sebastes schlegeli* Hilgendorf. Aquacult. Res. 32:199-208.

Citarasu, T., Immanuel, G., Peter Marian, M. 1998. Effect of feeding *Artemia* enriched with stressol and cod liver oil on growth and stress resistance in the Indian white shrimp *Penaeus indicus* postlarvae. Asian Fish. Sci. 12:65-75.

Coutteau, P., Mourente, G. 1997. Lipid classes and their content of n-3 highly unsaturated fatty acids (HUFA) in *Artemia franciscana* after hatching, HUFA-enrichment and subsequent starvation. Marine Biol. 130: 81-91.

Deering, M.J., Fielder, D.R., Hewit, D.R. 1997. Growth and fatty acid composition of juvenile leader prawns, *Peneaus monodon*, fed different lipids. Aquaculture. 151:131-141.

Domergue, F., Lerchl, J., Zahringer, U., Heinz, E., 2002. Cloning and functional characterization of *Phaeodactylum tricornutum* front-end desaturases involved in eicosapentaenoic acid and biosynthesis.Eur. J. Biochem. 269, 4105-4113.

Dyer, J.M., Chapital, D.C., Kuan, J-C.W., Shepherd, H.S., Tang, F., Pepperman, A.B. 2004. Production of linolenic acid in yeast cells expressing an omega-3 desaturase from tung (*Aleurites fordii*). Journal of the American Oil Chemists' Society 81: 647-651.

Estevez, A., McEvoy, L.A., Bell, J.G., Sargent, J.R. 1998. Effects of temperature and starvation time on the pattern and rate of loss of essential fatty acids in *Artemia* nauplii previously enriched using arachiconic acid and eicosapentaenoic acid-rich emulsion. Aquaculture 165: 295-311.

Folch, J., Lees, M., Stanley, G.H.S., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem. 226, 497-509.

Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO), 2013. Culture aquatic species information programme: *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). Available at http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/en

González-Rovira, A., Mourente, G., Zheng, X., Tocher, D.R., Pendón, C., 2009. Molecular and functional characterization and expression analysis of a Δ6 fatty acyl desaturase cDNA of European Sea Bass *Dicentrarchus labrax* L.). Aquaculture 298. 90-100.

Han, K., Geurden, I., Sorgeloos, P. 2000. Enrichment strategies for *Artemia* using emulsions providing different levels of n-3 highly unsaturated fatty acids. Aquaculture 183: 335-347.

Hartvigsen, K., Lund, P., Hansen, L.F., Holmer, G. 2000. Dynamic headshape gas chromatography/mass spectrometry characterization of volatiles produced in fish oil enriched mayonase during storage. J. Agric. Food Chem. 48:4858-4867.

Hastings, N., Agaba, M., Tocher, D.R., Leaver, M.J., Dick, J.R., Sargent, J.R., Teale. A.J. 2001. A vertebrate fatty acid desaturase with Δ5 and Δ6 acitivities. Proc. Natl. Acad. Sci. 98(25):14304-14309.

Heydari, M., Akbary, P. 2011. Enrichment of *Artemia* nauplii with essential fatty acids and vitamin C: Effect on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) larvae performance. The 2nd International Conference on Agricultural and animal Science IPCBEE 22: 45-49.

Horrobin, F.D. 1993. Fatty acid metabolism in health and disease: the role of Δ-6-desaturase. American Society for Clinical Nutrition 57:732-737.

Hsiao, T.Y., Holmes, B., Blanch, H.W., 2007. Identification and functional analysis of a delta-6 desaturase from the marine microalgae *Glossomastix chrysoplasta*. Mar. Biotechnol. 9, 154-165.

Immanuel, G., Palavesam, A., Peter Marian, M. 2001. Effects of feeding lipid enriched *Artemia* nauplii on survival,growth, stress resistance of postlarvae *Penaeus indicus*. Asian Fish. Sci. 14:377-388.

Immanuel, G., Palavesam, A., Sivaram, V., Michael Babu, M. Peter Marian, M. 2004. Feeding trashfish *Odonus niger* lipid enriched *Artemia* nauplii on growth, stress resistance and HUFA requirements of *Penaeus monodon* postlarvae. Aquaculture. 237:301-313.

Immanuel, G., Citarasu, T., Sivaram, V., Michael Babu, M. Palavesam, A. 2007. Delivery of HUFA, probionts and biomedicine through bioencapsulated *Artemia* as a means to enhance the growth and survival and reduce the pathogenesity in shrimp *Penaeus monodon* postlarvae.. Aquacult. Int. 15:137-152.

Kajiwara, S., Shirai, A., Fujii, T., Toguri, T., Nakamura, K., Ohtaguchi, K. 1996. Polyunsaturated fatty acid biosynthesis in Saccharomyces cerevisiae: expression of ethanol tolerance and the FAD2 gene from Arabidopsis thaliana. Appl. Environ. Microbiol. 62: 4309-4313.

Kim, S.H., Kim, J.B., Kim, S.Y., Roh, K.H., Kim, H.U., Lee, K.-R., Jang, Y.S., Kwon, M., Park, J.S., 2011. Functional characterization of a delta 6-desaturase gene from the black seabream (*Acanthopagrus schlegeli*). Biotechnol Lett. 33, 1185-1193.

Kraul, S., Ako, H., Brittain, K., Cantrell, R., Naga, T. 1993. Nutritional factors affecting stress resistance in the larval Mahimahi, *Coryphaena hipparus.* J. World Aquac. Soc. 24:184-193.

Laoteng, K., Mannontarat, R., Tanticharoen, M., Cheevadhanarak, S., 2000. Δ^6-desaturase of *Mucor rouxii* with high similarity to plant Δ^6-desaturase and its heterologous expression in *Saccharomyces cerevisiae*. Biochem. Biophys. Res. Commun. 279, 17-22.

Leger, P., Bengston, D.A., Sorgeloos, P. 1987. The nutritional value of *Artemia. Artemia .Research and its application*, 24, 521-623.

Lim, E.H., Lam, T.J., ding, J.L. 2005. Single-cell protein diet of a novel recombinant vitellogenin yeast enhances growth and survival of first-feeding tilapia (*Oreochromis mossambicus*) larvae. The Journal of Nutrition 513-518.

Lu, H., Li, J.N., Chai, Y.R., Zhang, X.K., 2009. Identification and characterization of a novel Δ6-fatty acid desaturase gene from *Rhizopus nigricans*. Mol. Biol. Rep. 36, 2291-2297.

Martins, T.G., Cavalli, R.O., Martino, R.C., Rezende, C.E.M. Wasielesky, W. 2006. Larviculture output and stress tolerance of *Farfantepenaeus paulensis* postlarvae fed *Artemia* containing different fatty acids. Aquaculture. 252:525-533.

Martins, J.G. 2009. EPA but not DHA appears to be responsible for the efficacy of omega-3 long chain polyunsaturated fatty acid supplementation in depression: evidence from a meta-analysis of randomized controlled trials. J. Am. Coll. Nutr. 28: 525-542.

McEvoy, L.A., Navarro, J.C., Hontoria, F., Amat, F., Sargent, J.R. 1996. Two novel *Artemia* enrichment diets containing polar lipd. Aquaculture. 144:339-352.

Meyer, A., Kirsch, H., Domergue, F., Abbadi, A., Sperling, P., Bauer, J., Cirpus, P., Zank, T.K., Moreau, H., Roscoe, T.J. Zähringer, U., Heinzl, E. 2004. Novel fatty acid elongases and their use for the reconstitution of docosahexaenoic acid biosynthesis. J. Lipid Res. 45: 1899-1909.

Mohd-Yusof, N.Y., Monroig, O., Mohd-Adnan, A., Wan, K.L., Tocher D.R., 2010. Investigation of highly unsaturated fatty acid metabolism in the Asian sea bass, *Lates calcarifer*. Fish Physiol. Biochem. 36, 827-843.

Monroig, Ó., Zheng, X., Morais, S., Leaver, M.J., Taggar, J.B., Tocher, D.R., 2010. Multiple genes for functional Δ6 fatty acyl desaturases (Fad) in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): Gene and cDNA characterization, functional expression, tissue distribution and nutritional regulation. Biochim. Biophys. Acta 1801, 1072-1081.

Morais, S., Mourente, G., Ortega, A., Tocher, J.A., Tocher, D. R (2011). Expression of fatty acyl Desaturase and elongase genes, and evolution of DHA:EPA ratio during development of unfed larvae of Atlantic bluefin tuna (Thunnus thynnus L.). Aquaculture 313 129–139.

Nakamura, M.T., Cho, H.P., Clarke, S.D. 2000. Regulation of hepatic delta-6 desaturase expression and its role in the polyunsaturated fatty acid inhibition of fatty acid synthase gene expression in mice. J. Nutr. 130: 1561-1565.

Napier, J.A., Hey, S.J., Lacey, D.J., Shewry, P.R. 1998. Identification of a *Caenorhabditis elegans* Δ6-fatty-acid-desaturase by heterologous expression in *Saccharomyces cerevisiae*. Biochem. J. 330, 611- 614.

Na-Ranong, S., Laoteng, K., Kittakoop, P., Tanticharoen, M., Cheevadhanarak, S., 2006. Targeted mutagenesis of a fatty acid Δ^6-desaturase from *Mucor rouxii*: Role of amino acid residues adjacent to histidine-rich motif II. Biochem. Biophs. Res. Commun. 339, 1029-1034.

Navarro, J.C., Amat, F., Sargent, J.R. 1992. Fatty acid composition of coastal and inland *Artemia sp.* Populations from Spain. Aquaculture, Amsterdam. 102:219-230.

Navarro, J.C., Henderson, R.J., McEvoy, L.A., Bell., M.V., Amat, F. 1999. Lipic conversions during enrichment of *Artemia*. Aquaculture. 174:155-166.

Ortuno, J., Cuesta, A., Rodriguez, A., Esteban, M.A., Meseguer, J. 2002. Oral administration of yeast, *Saccharomyces serevisiae*, enhances the cellular innate immune response of gilthead seagream (*Sparus aurata* L.) Veterinary Immunology and Immunopathology 85: 41-50.

Pereira, S.L. Leonard, A.E., Mukerji, P. 2003. Recent advances in the study of fatty acid desaturases from animals and lower eukaryotes. Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids. 68:97-106.

Qiu, X., Hong, H., Datla, N., MacKenzie, L.S. Taylor, C.D. and Thomas, L.T. 2002. Expression of borange delta 6 desaturase in *Sacharomyces cerevisiae* and oilseed crops. Canadian Journal of Botany 80: 42-49.

Rees, J.F., Cure, K., Piyatiratitivarakul, S., Sorgeloos, P. Menesveta, P. 1994. Highly unsaturated fatty acid requirements of *Penaeus monodon* postlarvae; and experimental approach based on *Artemia* enrichment. Aquaculture. 122:193-207.

Sargent, J.R., McEvoy, L.A., Bell, J.G. 1997. Requirements, presentation and sources of polyunsaturated fatty acids in marine fish larval feeds. Aquaculture, Amsterdam. 155:117-127.

Sato, M., Adan, Y., Shibata, K., Shoji, Y., Sato, H., Imaizumi, K. 2001. Cloning of rat Δ6-desaturase and its regulation by dietary eicosapentaenoic or docosahexaenoic acid. World Rev. Nutr. Diet. 88:196-199.

Sayanova, O., Shewry, P.R., Napier, J.A., 1999. Histidine-41 of the cytochrome b_5 domain of the borage Δ^6 fatty acid desaturase is essential for enzyme activity. Plant Physiol. 121, 614-646.

Sayanova, O., Haslam, R., Venegas-Caleron, M., Napier, J.A. 2006. Identification of primula "front-end" desaturases with distinct *n*-6 or *n*-3 substrate preferences. Planta 224, 1269-1277.

Seiliez, I., Panserat, S., Kaushik, S., Bergot, P., 2001. Cloning, tissue distribution and nutritional regulation of a Δ6-desaturase-like enzyme in rainbow trout. Comp. Biochem. Phys. B 130, 83-93.

Seiliez, I., Panserat, S., Corraze, G., Kaushik, S., Bergot, P., 2003. Cloning and nutritional regulation of a Δ6-desaturase-like enzyme in the marine teleost gilthead seabream (*Sparus aurata*). Comp. Biochem. Phys. B 135, 449-460.

Shanklin, J., Whittle, E., Fox, B.G., 1994. Eight histidine residues are catalytically essential in a membrane-associated iron enzyme, stearoyl-CoA desaturase, and are conserved in alkane hydroxylase and xylene monooxygenase. Biochemistry 33, 12787-94.

Shields, R.J., Bell, J.G., Lizi, F.S., Gara, B., Bromage, N.R., Sargent, J.R. 1999. Natural copepods are superior to enriched *Artemia* nauplii as feed for halibut larvae (*Hippoglossus hippoglossus*) in terms of survival, pigmentation and retinal morphology: relation to dietary essential fatty acids. The Journal of Nutrition 1186-1194.

Southgate, P.C., Lou, D.C. 1995. Improving the n-3 HUFA composition of *Artemia* using microcapsules containing marine oils. Aquaculture. 134:91-99.

Sprecher, H., 2000. Metabolism of highly unsaturated n-3 and n-6 fatty acids. Biochim. Biophys. Acta 1486: 219-231.

Tanomman, S., Ketudat-Cairns, K., Jangprai, A., Boonanuntanasarn, S. 2013. Characterization of fatty acid delta-6 desaturase gene in Nile tilapia and heterogenous expression in *Saccharomyces cerevisiae.* Comparative Biochemistry and Physiology, Part B. 166: 148-156.

Tocher, D.R., Zheng, X., Schlechtriem, C., Hastings N., Dick, J.R., Teale, A.J., 2006. Highly unsaturated fatty acid synthesis in marine fish: cloning, functional characterization and nutritional

regulation of fatty acyl Δ6 desaturase of Atlantic Cod (*Gadus morhua* L.). Lipids 41, 1003-1016.

Tocher, D.R., 2003. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. Reviews in Fisheries Science 11,107-184.

Tocher, D.R., Bell, J.G., Dick, J.R., Henderson, R.J., McGhee, F., Michell, D., Morris, P.C., 2000. Polyunsaturated fatty acid metabolism in Atlantic salmon (*Salmo salar*) undergoing parr-smolt transformation and the effects of dietary linseed and rapeseed oils. Fish Physiol. Biochem. 23, 59-73.

Vazhappilly, R., Chen, F. 1998. Heterotrophic production potential of omega-3 polyunsaturated fatty acids by microalgae and algae-like microorganisms. Bot. Mar. 40:553-558.

Volkman, J.K., Jeffrey, S.W., Nichols, P.D., Rogers, G.I., Garland, C.D. 1989.Fatty acid and lipid composition of 10 species of microalgae used in mariculture. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 128:219-240.

Watanabe, T. 1993. Importance of docosahexaenoic acid in marine larval fish. J. World Aquac. Soc. 24(2):152-161.

Watanabe, T., Kiron, V. 1994. Prospects in larval fish dietetics. Aquaculture. 124:223-251.

Xu, S.L., Ji, W.J., Castell, J.D., Odor, R.K. 1993. The nutritional value of dietary n-3 and n-6 fatty acids for the Chinese prawn (*Penaeus chinensis*). Aquaculture. 118:277-285.

Yazawa, K. 1996. Production of eicosapentaenoic acid from marine bacteria. Lipids 31, S297-S300.

Zank, T.K., Zähringer, U., Beckmann, C., Pohnert, G., Boland, W., Holtorf, H., Reski, R., Lerchl, J., Heinz, E. 2002. Cloning and functional characterisation of an enzyme involved in the elongation of Δ6-polyunsaturated fatty acids from the moss Physcomitrella patens. The Plant Journal, 31: 255–268.

Zheng, X., Seiliez, I., Hastings, N., Tocher, D.R., Panserat, S., Dickson, C.A, Bergot, P., Teale, A.J. 2004. Characterization and comparison of fatty acyl D6 desaturase cDNAs from freshwater and marine teleost fish species. Comp. Biochem. Physiol. Part B 139: 269 – 279.

Zheng, X., Seiliez I., Hasting, N. , Tocher, D. R., Panserat, S., Dickson, C.A., Bergot, P., Teale, A.J. 2005. Characterization and comparison of fatty acyl D6 desaturase cDNAs from freshwater and marine teleost fish species. Comparative Biochemistry and Physiology, Part B 139: 269–279.

Zheng, X., Ding, Z., Xu, Y., Monroig, O. Morais, S. and Tocher, R.D. 2009. Physiological roles of fatty acyl desaturases and elongases in marine fish: Characterisation of cDNAs of fatty acyl

delta 6 desaturase and *elovl5* elongase of cobia (*Rachycentron canadum*). Aquaculture 290:122-131.