บทคัดย่อ

การศึกษาการเจริญพันธุ์และเพาะขยายพันธุ์ในปลาสวาย (*Pangasianodon hypophthalmus*) และปลาเทโพ (*Pangasius larnaudii*) พบว่า พ่อปลาสวายและแม่ปลาเทโพสามารถผลิตปลาหนังลูกผสมได้จำนวนมาก โดยปลาหนังลูกผสม (ปลาเทโพ x ปลาสวาย) มีอัตราการผสม อัตราการฟัก และอัตรารอดสูงสุด ส่วนปลาหนังลูกผสมแบบสลับเพศ (ปลาสวาย x ปลาเทโพ) มีอัตราการรอดที่ดีกว่าปลาสวายอีกด้วย ส่วนการเลี้ยงปลาหนังลูกผสม (ปลาสวาย x ปลาเทโพ) ในกระชังเป็นเวลา 4 เดือน พบว่า มีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าปลาสวาย สำหรับการแปลงเพศปลาหนังลูกผสมหลังจากการอนุบาลในกระชังเป็นระยะเวลา 2 เดือน พบว่า การเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของลูกปลาแปลงเพศเมียและเพศผู้สูงกว่าลูกปลาปกติ ผลจากการผลิตปลาหนังลูกผสมได้จำนวนมากจึงเหมาะสมในการพัฒนาให้เป็นปลาเศรษฐกิจตัวใหม่ ได้ทำการเพิ่มมูลค่าเศษเหลือการแปรรูปอุตสาหกรรมประมงน้ำจืด โดยนำก้อนไขมันมาสกัดเป็นน้ำมันปลาน้ำจืดที่มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวมีค่าใกล้เคียงกับน้ำมันปลาทะเล โดยมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวในกลุ่มโอเมก้า 9 ที่สูงกว่าน้ำมันปลาจากปลาทะเล 2-3 เท่า จากนั้นนำน้ำมันปลาที่สกัดได้ไปศึกษาฤทธิ์ชีวภาพในสัตว์ทดลอง โดยทำการศึกษาผลการเจริญเติบโตของปลาหนังที่ได้รับอาหารเม็ดเสริมน้ำมันปลาน้ำจืดเป็นเวลา 5 เดือน พบว่าปลาหนังในหน่วยการทดลองที่ให้อาหารผสมน้ำมันปลาฯ ในระดับ 1.5% มีการเจริญเติบโตดีที่สุด และยังช่วยเพิ่มปริมาณไขมันโอเมก้า 3, 6 และ 9 ในเนื้อปลาได้อีกด้วย ส่วนการศึกษาในหนูที่มีภาวะเบาหวานด้วยการให้น้ำมันปลาน้ำจืดในปริมาณ 1 กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า สามารถลดระดับน้ำตาลกลูโคส ไขมันคอเลสเตอรอล และไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดของหนูที่มีภาวะเบาหวานได้ โดยกลไกการออกฤทธิ์ช่วยเพิ่มความไวในการตอบสนองต่ออินซูลิน เพิ่มระดับของฮอร์โมนอะดิโพเน็กทินและลดระดับของฮอร์โมนเลปทินในเลือด นอกจากนี้ยังช่วยลดการเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชั่นอีกด้วย ในการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและกลไกที่เกี่ยวข้องต่อโปรตีนขนส่งยาที่มีมากที่ตับ พบว่า น้ำมันปลาน้ำจืดปริมาณ 0.25 และ 0.5% สามารถป้องกันการเพิ่มขึ้นของระดับสารอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นภายในเซลล์มะเร็งตับที่ถูกเหนี่ยวนำให้เกิดภาวะเครียดออกซิเดชั่นโดยการใช้สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ได้ และผลที่ได้ใกล้เคียงกับผลของวิตามินอี และเมื่อเพิ่มปริมาณเป็น 1% สามารถฟื้นการทำงานของโปรตีนขนส่งยาชนิด organic cation transporter 1 (OCT1) ในเซลล์มะเร็งตับของมนุษย์ จึงน่าจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่งยาในโรคตับที่มีภาวะเครียดออกซิเดชั่นได้ นอกจากนี้ได้นำเศษเหลือการแปรสภาพปลาหนังลูกผสมที่มาเพิ่มมูลค่าเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ชนิดอาหารขบเคี้ยว โดยนำไปทดสอบกับสุนัขและสอบถามความพึงพอใจของเจ้าของสัตว์เลี้ยง ผลจากการวิจัยดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า สามารถพัฒนาสายพันธุ์ปลาเศรษฐกิจตัวใหม่และเพิ่มมูลค่าให้กับเศษเหลือจากการแปรรูปอุตสาหกรรมประมงน้ำจืดได้เป็นอย่างดี โดยได้จัดอบรมการเพาะเลี้ยงปลาลูกผสมและการเพิ่มมูลค่าให้กับเกษตรกร ผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้รับการอบรมต่อการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ พบว่า อยู่ในเกณฑ์ระดับดีและดีมาก (34 และ 63% ตามลำดับ)

คำสำคัญ: การสร้างมูลค่าเพิ่ม ปลาหนังลูกผสม น้ำมันปลาน้ำจืด วัสดุเศษเหลือ ฤทธิ์ชีวภาพ ผลิตภัณฑ์สัตว์เลี้ยง อาหารปลา

Abstract

The maturation and breeding of the broodstock male *Pangasianodon hypophthalmus* (Ph) and female *Pangasius larnaudii* (Pl) gave the highest in term of fingerling number. It was found that both of hybrid catfish (Pl × Ph) showed the best fertilization, hatching, and survival rate. Moreover, the reciprocal (Pl × Ph) provided better survival rate than Ph. The hybrid (Ph × Pl) had better growth than the Ph when it was cultured in cages for 4 months. The sex reversal was applied to the hybrid and it found that growth and survival rate of male and female fingerlings were better than normal sex during nursed in cages for 2 months. The finding of new hybrid strain has capabilities to produce more fingerlings for new economic strain. By-product from freshwater fisheries industry was value added. The adipose tissue was extracted to freshwater fish oil (FFO). The FFO contained amount of saturated fatty acid which similar to marine fish oil (MFO). Interestingly, FFO exhibited the quantity of the monounsaturated fatty acid, omega- 9 which is higher than 2-3 times from the MFO. The FFO was evaluated on biological activity in animal. The growth performances in hybrid catfish received FFO for 5 months were studied. Results revealed that catfish treated with 1.5% FFO supplemented feed increased growth significantly highest than other treatments (p<0.05). It also increased the amount of omega 3, 6 and 9 in flesh. Feeding with FFO from hybrid catfish at a dose of 1000 mg/kg BW for 12 weeks to diabetic rats (DM rat) significantly lowered the plasma glucose levels as well as total cholesterol and triglyceride levels. The mechanism of action enhanced of insulin sensitivity, increased plasma adiponectin levels, decreased plasma leptin levels and lipid peroxidation in DM rat. The antioxidant properties of FFO and its mechanism on a major liver drug transporter were investigated in liver cell. The result showed that FFO at 0.25 and 0.5% was able to protect reactive oxygen species (ROS) production after induced oxidative stress by hydrogen peroxide. This result was similar to that of vitamin E treatment. Moreover, fish oil from hybrid catfish at 1% improved organic cation transporter 1 (OCT1) function. Thus, these findings suggest that it may improve therapeutic efficacy of drugs transport in oxidative stress related liver diseases. In addition, the remainder of hybrid catfish processing, carcass was added value as a kind of snack food products for pet. These snacks were tested in dogs and queried satisfaction from pet owners. All the above findings lead to the conclusion that new economic fish species was developed as well as value added of by-product from industry of freshwater fisheries processing. The technology transfer has been performed in the workshop training course. The evaluation from trainees showed the satisfaction of utility of these knowledge at the level of good and very good (34 and 63%), respectively.

Key words: by-products, biological activity, fish feed, freshwater fish oil, hybrid catfish, pets product, value added

สารบัญเรื่อง

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
สารบัญเรื่อง	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ซ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย	ฑ
บทนำรวม	1
ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
วัตถุประสงค์	3
ความเชื่อมโยงของโครงการวิจัย	4
สรุปผลการวิจัย	4
ประโยชน์ที่ได้รับ	6
โครงการย่อยที่ 1 การพัฒนาสายพันธุ์ปลาหนังลูกผสม (ปลาเทโพ × ปลาสวาย) เพื่อเพิ่มมูลค่าและความสามารถในการแข่งขัน	1-1
โครงการย่อยที่ 2 การสกัดน้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสม (ปลาเทโพ x ปลาสวาย) เพื่อเพิ่มมูลค่าและการใช้ประโยชน์เป็นอาหารปลา	2-1
โครงการย่อยที่ 3 ผลของน้ำมันปลาต่อฤทธิ์ลดระดับน้ำตาลในเลือดและต้านอนุมูลอิสระในหนูเบาหวานชนิดที่ 2	3-1
โครงการย่อยที่ 4 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันปลาต่อภาวะเครียดออกซิเดชั่นในเซลล์มะเร็ง	4-1
โครงการย่อยที่ 5 การเพิ่มมูลค่าเศษเหลือจากปลาหนังลูกผสมเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับสัตว์เลี้ยง	5-1
คณะผู้วิจัย	6-1

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1-1	ปริมาณและเปอร์เซ็นต์การมีไข่และน้ำเชื้อของพ่อแม่พันธุ์ปลาแต่ละชนิด	1-10
1-2	ประสิทธิภาพการผสมพันธุ์ของปลาหนังลูกผสมสวายเทโพ (*P. hypophthalmus* x *P. larnaudii*) ปลาสวาย (*P. hypophthalmus*) ปลาหนังลูกผสมเทโพสวาย *(P. larnaudii* x *P. hypophthalmus)* และปลาเทโพ *(P. larnaudii*)	1-11
1-3	น้ำหนัก ความยาว และอัตรารอดตาย ของปลาสวาย ปลาเทโพ ปลาหนังลูกผสมสวายเทโพ (ปลาสวาย x ปลาเทโพ) และปลาหนังลูกผสมเทโพสวาย (ปลาเทโพ x ปลาสวาย) ที่เลี้ยงในตู้กระจก	1-12
1-4	อัตราการเจริญเติบโตของปลาสวาย และหนังลูกผสมสวายเทโพที่เลี้ยงในกระชัง (อายุ 120 วัน)	1-13
1-5	ความแตกต่างลักษณะภายนอกของปลาสวายและปลาหนังลูกผสมสวายเทโพ (ปลาสวาย x ปลาเทโพ)	1-15
1-6	สรุปความแตกต่างลักษณะภายนอกของปลาสวายและปลาหนังลูกผสมสวายเทโพ (ปลาสวาย x ปลาเทโพ)	1-17
1-7	อัตราการเจริญเติบโตของปลาหนังลูกผสมสวายเทโพ และปลาสวาย ที่เลี้ยงในกระชัง	1-18
1-8	น้ำหนัก ความยาว และอัตราการรอดตายของปลาหนังลูกผสม (ปลาหนังลูกผสม x ปลาสวาย) ทั้ง 3 ชุดการทดลองที่อนุบาลในตู้กระจก	1-19
1-9	น้ำหนักและความยาวเริ่มต้นของปลาหนังลูกผสม (ปลาหนังลูกผสม x ปลาสวาย) ที่เลี้ยงในกระชังขนาด 1.2x1.2x1.2 เมตร (อายุ 2 เดือน) 20 ก.ย. 2557	1-21
1-10	น้ำหนักและความยาวเริ่มต้นของปลาหนังลูกผสม (ปลาเทโพ x ปลาสวาย) ที่เลี้ยงในตู้กระจกขนาด 50x50x34 เซนติเมตร (อายุ 21 วัน) 22 ก.ย. 2557	1-22
1-11	อัตราการผสม อัตราการฟัก และอัตราการรอดตายในปลาหนังลูกผสมที่เหนี่ยวนำโครโมโซม	1-23
1-12	น้ำหนักและความยาวในปลาหนังลูกผสมที่เหนี่ยวนำโครโมโซม	1-24
1-13	อัตราการผสม อัตราการฟัก และอัตราการรอดตาย ในปลาหนังลูกผสมที่เหนี่ยวนำโครโมโซม	1-25
1-14	อัตราการเจริญเติบโตของปลาหนังลูกผสมที่อนุบาลในตู้กระจก (อายุ 20 วัน)	1-25

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	ชนิดและปริมาณของกรดไขมันใน crude oil จากปลาหนังลูกผสม (ปลาเทโพ x ปลาสวาย)	2-5
2-2	การเปรียบเทียบปริมาณโคเลสเตอรอล และกรดไขมันโอเมก้า 3 ชนิด DHA และ EPA จากเนื้อปลา	2-6
2-3	ชนิดและปริมาณกรดไขมันในน้ำมันปลา	2-15
2-4	การเปรียบเทียบชนิดและปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัวจากน้ำมันปลาหนังหลายชนิด	2-17
2-5	ค่าความหนืดของน้ำมันปลา	2-18
2-6	ค่ากรดของตัวอย่างน้ำมันปลาชนิดต่างๆ	2-18
2-7	ค่าเปอร์ออกไซด์ของตัวอย่างน้ำมันปลาชนิดต่างๆ	2-19
2-8	ค่าไอโอดีนของน้ำมันปลาแต่ละชนิด	2-20
2-9	ผลการวิเคราะห์ปริมาณ free fatty acid (FFA)	2-21
2-10	ค่าไอโอดีนของน้ำมันปลา	2-22
2-11	องค์ประกอบกรดไขมันในน้ำมันปลา (% peak area)	2-24
2-12	สูตรอาหารปลาผสมน้ำมันปลา	2-26
2-13	การเปรียบเทียบระดับโปรตีนในอาหารปลา 4 สูตร เป็นเวลา 4 เดือน	2-27
2-14	การเปรียบเทียบระดับไขมันในอาหารปลา 4 สูตร เป็นเวลา 4 เดือน	2-27
3-1	ชนิดของไขมัน (fatty acid) ชนิดต่างๆ ที่พบในน้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสม และน้ำมันปลาที่จำหน่ายในท้องตลาด	3-10
3-2	ลักษณะของหนูปกติและหนูเบาหวานชนิดที่ 2 เมื่อเริ่มการทดลอง	3-12
3-3	ผลของน้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสมต่อน้ำหนักตัวและน้ำหนักของไขมันในช่องท้องเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	3-13
3-4	ผลของน้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสมต่อระดับ plasma biochemical parameters	3-14
3-5	ผลของน้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสมต่อระดับ plasma MDA	3-18
3-6	ผลของน้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสมต่อระดับ tissue triglyceride	3-18
3-7	ค่าพื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากการทดสอบความทนทานต่อกลูโคสในหนูเบาหวานชนิดที่ 2	3-20

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4-1	จำนวนและอัตราการตายของประชากร ด้วยสาเหตุจากโรคที่เกี่ยวกับตับ ระหว่างปี พ.ศ. 2549 – 2553	4-7
4-2	Specific primers ที่ใช้ในการศึกษา	4-20
5-1	ข้อมูลด้านการประมงและจำนวนการขึ้นทะเบียนเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของจังหวัดเชียงใหม่	5-6
5-2	การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ซากของปลาลูกผสม ปลาบึก ปลาสวาย	5-8
5-3	องค์ประกอบทางโภชนาการในเนื้อปลาลูกผสม ปลาบึก และปลาสวาย	5-8
5-4	คุณภาพซากที่ได้จากการชำแหละปลาหนังลูกผสมเพื่อการจำหน่าย	5-9
5-5	คุณค่าทางโภชนะของเนื้อปลาหนังลูกผสม	5-10
5-6	ผลตอบแทนจากการจำหน่ายเนื้อปลาในรูปแบบแบ่งเป็นชิ้นส่วนต่างๆ	5-10
5-7	สูตรอาหารสุนัขโตเต็มวัย ขนาดน้ำหนัก 20 กิโลกรัม	5-15
5-8	สูตรขนมสำหรับสุนัข	5-18
5-9	ต้นทุนค่าวัตถุดิบในการผลิตขนมสุนัข	5-23
5-10	การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะขนมขี้เลื่อยเนื้อโค (ประเภทขบเคี้ยว)	5-23

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1-1	การชั่งน้ำหนัก และวัดความยาวของปลาหนังลูกผสมเทโพสวาย และปลาหนังลูกผสมสวายเทโพ	1-12
1-2	การรีดไข่ของปลาเทโพ และการอนุบาลในตู้กระจก	1-14
1-3	การอนุบาลในกระชัง การวัดความยาวเริ่มต้น และการวัดความยาวปลาอายุ 4 เดือน	1-14
1-4	การจัดกลุ่มของปลาสวายและปลาหนังลูกผสมสวายเทโพ(ปลาสวาย x ปลาเทโพ) ด้วยวิธี Canonical analysis มีความถูกต้อง 100 %	1-16
1-5	ลักษณะภายนอกที่ต่างกัน, รูปร่างลำตัว, ส่วนหัว, จุดดำที่ครีบหู และครีบหาง	1-16
1-6	ลักษณะจุดดำบริเวณครีบหูของปลาหนังลูกผสมสวายเทโพ	1-19
1-7	การชั่งน้ำหนัก และวัดความยาวของปลาหนังลูกผสม	1-20
1-8	น้ำหนัก และความยาวของปลาหนังลูกผสม (ปลาหนังลูกผสม x ปลาสวาย)	1-19
1-9	การชั่งน้ำหนัก และวัดความยาวของปลาหนังลูกผสม (ปลาเทโพ x ปลาสวาย)	1-20
1-10	ไข่ที่ผสมเหนี่ยวนำนาน 25 นาที ด้วยอุณหภูมิน้ำ 7 องศาเซลเซียสและทดสอบอัตราการผสม	1-23
1-11	ปลาหนังลูกผสมที่ถูกเหนี่ยวนำโครโมโซม และโครโมโซมปลาหนังลูกผสมที่ถูกเหนี่ยวนำ	1-24
1-12	ชั่งน้ำหนักปลาหนังลูกผสม และวัดความยาวของปลาหนังลูกผสม	1-26
1-13	ผลงานการตีพิมพ์ของปลาสวาย และปลาหนังลูกผสม (ปลาสวาย x ปลาเทโพ)	1-33
2-1	ปลาหนังลูกผสม (ปลาเทโพ x ปลาสวาย) จากบริษัทไทยปังก้าฟาร์ม จ. กาฬสินธุ์	2-10
2-2	ก้อนไขมันเศษเหลือจากการแปรรูป	2-10
2-3	การสกัดน้ำมันปลาเพื่อการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ	2-10
2-4	น้ำมันปลาที่สกัดได้ก้อนไขมันปลาหนังลูกผสม	2-14
2-5	กระชังเลี้ยงปลา ณ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้	2-25
2-6	ลูกปลาหนังลูกผสมอายุ 1 เดือน	2-26

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2-7	ผลของการเสริมน้ำมันปลาต่อน้ำหนักตัว (body weight) ของปลาหนังลูกผสม	2-28
2-8	ผลของการเสริมน้ำมันปลาต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัว (weight gain) ของปลาหนังลูกผสม	2-29
2-9	ผลของการเสริมน้ำมันปลาต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัวต่อวัน (ADG) ของปลาหนังลูกผสม	2-29
2-10	ผลของการเสริมน้ำมันปลาต่อการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ในปลาหนังลูกผสม	2-30
2-11	การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาหนังลูกผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างกันที่อายุ 5 เดือน	2-30
2-12	ผลของการเสริมน้ำมันปลาต่อลิปิดเปอร์ออกซิเดชั่นในพลาสมาของปลาหนังลูกผสม	2-31
2-13	ปริมาณกรดไขมันในเนื้อปลาหนังลูกผสม	2-32
2-14	ผลงานอาหารปลาได้รับรางวัลในการประกวดนวัตกรรมระดับนานาชาติ	2-37
2-15	ผลงานอาหารปลาได้รับรางวัลในการประกวดนวัตกรรมระดับนานาชาติ	2-38
2-16	ผลงานการตีพิมพ์งานวิจัยน้ำมันปลาในระดับนานาชาติ	2-38
3-1	ผลของน้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสมที่ความเข้มข้นต่างๆต่อการนำน้ำตาลกลูโคสเข้าสู่กล้ามเนื้อลายในภาวะ basal (A), insulin-stimulated (B) และ delta (C) glucose uptake ในกล้ามเนื้อกระบังลมของหนูขาวปกติ	3-11
3-2	ผลของน้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสมต่อการทดสอบความทนทานต่อกลูโคสในหนูเบาหวานชนิดที่ 2	3-20
3-3	ผลของน้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสมต่อการนำน้ำตาลกลูโคสเข้าสู่กล้ามเนื้อลายในภาวะ basal (A), insulin-stimulated (B) และ delta (C) glucose uptake) ในกล้ามเนื้อกระบังลมของหนูปกติและหนูเบาหวานชนิดที่ 2	3-22
3-4	ผลของน้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสมต่อ Akt protein expression และ phosphorylation Akt (Ser473) ในกล้าม soleus ของหนูปกติและหนูเบาหวานชนิดที่ 2	3-23

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
3-5	ผลของน้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสมต่อ PKCζ protein expression และ PKCζ phosphorylation (Thr410/403) ในกล้าม soleus ของหนูปกติและหนูเบาหวานชนิดที่ 2	3-25
3-6	ผลของน้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสมต่อ Membrane GLUT4 expression ในกล้าม soleus ของหนูปกติและหนูเบาหวานชนิดที่ 2	3-26
3-7	proposed mechanisms ที่อาจเกี่ยวข้องกับผลลดระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด (anti-hyperglycemia) และภาวะเครียดออกซิเดชั่น (oxidative stress) ของน้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสมในหนูเบาหวานชนิดที่ 2	3-30
4-1	ตำแหน่งของโปรตีนขนส่งยาประจุบวกชนิดที่ 1 และ 3 ในเซลล์ตับมนุษย์	4-8
4-2	แสดงแนวคิดกระบวนการศึกษาฤทธิ์ของน้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสม (ปลาเทโพ x ปลาสวาย)	4-10
4-3	แผนภาพการศึกษาผลของน้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสมต่อการมีชีวิตรอดของเซลล์ HepG2	4-13
4-4	แผนภาพการศึกษาผลของ H_2O_2 ต่อการมีชีวิตรอดของเซลล์ HepG2	4-14
4-5	แผนภาพการศึกษาผลของน้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสม ต่อการป้องกันภาวะ oxidative stress ในเซลล์ HepG2	4-15
4-6	แผนภาพการศึกษาผลของน้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสมต่อการทำงานของโปรตีนขนส่งยา OCT1 ในเซลล์ HepG2 ในภาวะปกติ	4-16
4-7	แผนภาพการศึกษาผลของน้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสมต่อการทำงานของโปรตีนขนส่งยา OCT1 ในเซลล์ HepG2 ภายหลังการเหนี่ยวนำให้เกิด ภาวะ oxidative stress	4-17
4-8	ลักษณะการเจริญเติบโตของเซลล์ Human hepatocarcinoma (HepG2 cells)	4-22
4-9	ลักษณะการขนส่งสารติดแถบรังสีประจุบวก 1-methyl-4-phenyl-pyridinium (MPP^+) ผ่านเข้าสู่เซลล์ human hepatocarcinoma (HepG2 cells)	4-23
4-10	ลักษณะการขนส่งสาร fluorescence ประจุบวก 4-(4-(dimethylamino)-styryl)-N-methyl pyridinium iodide (ASP^+) ผ่านเข้าสู่เซลล์ human hepatocarcinoma (HepG2 cells)	4-24

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
4-11	ผลของตัวทำละลายโพรไพลีนไกลคอล (Propylene glycol, PG) เพื่อใช้ในการละลายน้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสมต่อการมีชีวิตรอดของเซลล์ HepG2 ภายหลังจากการเลี้ยงเซลล์ด้วย 0.1% PG เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับเซลล์ HepG2 ที่เลี้ยงด้วยน้ำยาเพาะเลี้ยงเซลล์ปกติ	4-26
4-12	ผลของตัวทำละลายโพรไพลีนไกลคอล (Propylene glycol, PG) เพื่อใช้ในการละลายน้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสมต่อการขนส่งสารอินทรีย์ประจุบวกชนิด fluorescence ASP^{+} เข้าสู่เซลล์ HepG2 ภายหลังจากการเลี้ยงเซลล์ด้วย 0.1% PG เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับ เซลล์ HepG2 ที่เลี้ยงด้วยน้ำยาเพาะเลี้ยงเซลล์ปกติ	4-27
4-13	ผลของน้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสมต่อการมีชีวิตรอดของเซลล์ HepG2 ภายหลังจากการเลี้ยงเซลล์ด้วยน้ำยาเพาะเลี้ยงเซลล์ที่มีน้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสม (Fish oil from hybrid catfish, Fish oil) ณ ความเข้มข้น 0.25%, 0.5% และ 1% เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับเซลล์ HepG2 ที่เลี้ยงด้วยน้ำยาเพาะเลี้ยงเซลล์ที่มีน้ำมันปลาจากท้องตลาด	4-28
4-14	ผลของน้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสม (fish oil) ต่อระดับสารอนุมูลอิสระภายหลังการเลี้ยงเซลล์ในน้ำยาเพาะเลี้ยงเซลล์ที่มีความเข้มข้นของน้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสมแตกต่างกัน เป็นเวลา 48 ชั่วโมงเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับน้ำมันปลาจากท้องตลาดและวิตามินอี	4-29
4-15	ผลของน้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสมต่อการทำงานของโปรตีนขนส่งยา OCT1 ในเซลล์ HepG2 ภายหลังการให้น้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสม (fish oil) เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ณ ความเข้มข้น 0.25%, 0.5% และ 1% เปรียบเทียบกับน้ำมันปลาจากท้องตลาด	4-30
4-16	ผลของน้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสมต่อการมีชีวิตรอดของเซลล์ HepG2 (cell viability) ภายหลังการเหนี่ยวนำภาวะเครียดออกซิเดชั่น โดยให้ H_2O_2 ความเข้มข้น 500 uM เป็นเวลา 30 นาที	4-31
4-17	ผลของน้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสมที่ความเข้มข้นต่างๆ ต่อระดับสารอนุมูลอิสระภายหลังการเหนี่ยวนำด้วย H_2O_2 ในเซลล์ HepG2 เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ถูกเหนี่ยวนำด้วย H_2O_2,	4-32

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
4-18	ผลของน้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสมต่อการทำงานของโปรตีนขนส่งยา OCT1 ภายหลังการเหนี่ยวนำภาวะเครียดออกซิเดชัน จากการเหนี่ยวนำด้วย H_2O_2 ความเข้มข้น 500 uM เป็นเวลา 30 นาที ภายหลังการให้น้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสมเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ณ ความเข้มข้น 0.25%, 0.5% และ 1% (n=3)	4-33
4-19	การศึกษาผลการสังเคราะห์ปริมาณการแสดงออกของยีนต้านอนุมูลอิสระ catalase, CAT (A), glutathione peroxidase, GPx (B) และ superoxide dismutase, SOD (C) ในเซลล์ HepG2	4-34
4-20	ผลของน้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสม (Fish oil) ณ ความเข้มข้น 0.25, 0.5 และ 1% เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ในเซลล์ HepG2 ต่อการศึกษาปริมาณการแสดงออกของยีนต้านอนุมูลอิสระ catalase (A), glutathione peroxidase (B), superoxide dismutase 1 (C) ในเซลล์ HepG2 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม	4-35
4-21	การศึกษาผลของน้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสม ณ ความเข้มข้นต่างๆ ต่อปริมาณการแสดงออกของโปรตีน Nrf2 ที่ไซโตพลาสซึม (A) และ นิวเคลียส (B) ของเซลล์ HepG2 เป็นเวลา 48 ชั่วโมงเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม	4-37
4-22	การศึกษาผลของน้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสม ณ ความเข้มข้นต่างๆ ต่อปริมาณการแสดงออกของโปรตีน NFκB ที่ไซโตพลาสซึม (A) และ นิวเคลียส (B) ของเซลล์ HepG2 เป็นเวลา 48 ชั่วโมงเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม	4-38
4-23	การศึกษาจำนวนรอบที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยา semi-quantitative Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction (RT-PCR) ของยีนของโปรตีนขนส่งยา OCT1 ในเซลล์ HepG2	4-39
4-24	การศึกษาจำนวนรอบที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยา semi-quantitative Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction (RT-PCR) ของยีนของโปรตีนขนส่งยา OCT3 ในเซลล์ HepG2	4-40
4-25	ผลของน้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสม (Fish oil) ณ ความเข้มข้น 0.25, 0.5 และ 1% เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ในเซลล์ HepG2 ต่อปริมาณการแสดงออกของยีนของโปรตีนขนส่งยา OCT1 (A) และ OCT3 (B) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม	4-41

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
4-26	ผลของน้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสม (Fish oil) ณ ความเข้มข้น 0.25%, 0.5% และ 1% เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ในเซลล์ HepG2 ต่อปริมาณการแสดงออกของโปรตีนขนส่งยา OCT1 ที่เยื่อหุ้มเซลล์ (A) ในภาวะที่ไม่ถูกเหนี่ยวนำ และ (B) ภายหลังถูกเหนี่ยวนำให้เกิดภาวะ oxidative stress ด้วยสาร H_2O_2	4-42
4-27	แสดงสมมติฐานผลและกลไกการออกฤทธิ์ของน้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสม (ปลาเทโพ x ปลาสวาย) ในการป้องกันภาวะเครียดออกซิเดชั่นผ่านโปรตีนตัวกลางและโปรตีนขนส่งยา OCT1	4-48
5-1	การแปรสภาพกระดูกปลาหนังลูกผสม	5-18
5-2	การแปรรูปเศษเหลือจากปลาหนังลูกผสมเป็นผลิตภัณฑ์สัตว์เลี้ยงอย่างง่าย	5-19
5-3	ผลิตภัณฑ์สัตว์เลี้ยงจากปลาหนังลูกผสม	5-20
5-4	ผลิตภัณฑ์สำหรับสัตว์เลี้ยงที่ผลิตได้เองอย่างง่าย	5-28

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

%	Percentage
°C	Degree of celsius
ABTS	2, 2’-azino-bis 3-ethylbenzthiazoline -6-sulfonic acid
ADG	อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน
AFH	ความสูงครีบก้น
AFL	ความยาวครีบก้น
ALA	Alpha-linolenic acid
ANOVA	Analysis of variance
ASP+	4- (4-(dimethylamino)styryl)-N-methylpyridinium
AV	Acidity value
AUC	Area under curve
BW	Body weight
CAT	Catalase
cc	Cubiccentimeter
cm	Centimeter
CRD	Completely Randomized Design
DCF	Fluorescence 2’,7’-dichlorofluo rescein
DFL	ความยาวครีบหลัง
DHA	Docosahexaenoic acid
DMSO	Dimethyl sulfoxide
DM-rat	Diabetic rats
DPBS	Dulbecco’s phosphate buffered saline
DTT	Dithiothreitol
EPA	Eicosapentaenoic acid
FCE	ส่วนค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ
FCR	อัตราการแลกเนื้อ
FFA	Free fatty acid
FFO	Freshwater fish oil

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

FO	Fish oil from hybrid catfish
g	Gram
GAPDH	Glyceraldehyde 3-phosphate dehydrogenase
GSH	Glutathione
GSH-Px	Glutathione peroxidase
H_2DCFDA	2', 7'-dichlorodihydrofluorescein diacetate
HL	Head length
H_2O_2	Hydrogen peroxide
HepG2	human hepatocarcinoma cell
HNF-4α	Hepatocyte nuclear factor-4α
IN	Iodine number
IV	Iodine value
kg	Kilogram
LPO	Lipid peroxidase
MB	Maxillary barbel
mg	Milligram
mg/ml	Milligram per milliliter
MDA	Malondialdehyde
MATE1	Multidrug and toxic compound extrusion1
MFO	Marine fish oil
MDR1	Multidrug resistance protein1
MTT	3- (4,5-dimethylthiazol-2-yl) -2,5-diphenyl-tetrazolium bromide
MPP^+	1-methyl-4-phenylpyridinium
MUFA	Monounsaturated Fatty Acid
N	Normal
NFκB	Nuclear factor kappa-light-chain-enhancer of activated B cells
ng	Nano gram
Nrf2	Nuclear receptor factor2
OCT1	Organic Cation Transporter 1

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

OCT3	Organic Cation Transporter 3
PG	Propylene glycol
Ph	*Pangasianodon hypophthalmus*
PKA	Protein kinase A
Pl	*Pangasius Larnaudii*
PPAR	Peroxisome proliferator agonist receptor
PV	Peroxide value
PVDF	Polyvinylidene difluoride membranes
PUFA	Polyunsaturated Fatty Acid
ROS	Reactive oxygen species
RT-PCR	Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction
SD	Standard deviation
SDS-PAGE	Sodium dodecyl sulfate polyacylamide gel electrophoresis
SL	Standard length
SOD1	Superoxide dismutase 1
STD FO	Standard fish oil
STZ	Streptozotozin
TBHQ	Tertiary butyl hydroquinone
TBARS	Thiobarbituric acid reactive substances
TG	Triglyceride
TPeA	Tetrapentyl ammonium
U/ml	Unit per milliliter
ug/ml	Microgram per milliliter
ul/well	Micro liter per well
Vit E	Vitamin E