



รายงานผลงานวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง การศึกษาผลของปัจจัยบางประการต่อการเลี้ยงปลาบึกในกระชังเชิงพาณิชย์
STUDY ON THE INFLUENCE OF SOME FACTORS AFFECTING ON
ENHANCING THE POTENTIAL OF MAEKONG GIANT CATFISH
(*Pangasianodon gigas*) COMMERCIAL REARING IN CAGES

โครงการย่อยภายใต้ชุดโครงการ : ระบบพัฒนาที่ยั่งยืนสำหรับการเพาะเลี้ยงปลาบึก

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2550 - 2551

จำนวน 407,602 บาท

หัวหน้าโครงการ นางทิพสุคนธ์ พิมพ์พิมล

ผู้ร่วมโครงการ นายชนกันต์ จิตมนัส

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

วันที่ 1 มีนาคม 2552

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และ
สภาวิจัยแห่งชาติที่ให้การสนับสนุนในการจัดสรรงบประมาณวิจัยประจำปี 2550 - 2551 จำนวน
เงิน 407,602 บาท (รหัสโครงการ) สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการ
ประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการวิจัยและได้ให้ความ
เกื้อหนุนทำให้การวิจัยในครั้งนี้เสร็จสิ้นอย่างสมบูรณ์



สารบัญเรื่อง

	หน้า
สารบัญตาราง	(ก)
สารบัญภาพ	(ข)
บทคัดย่อ	1
ABSTRACT	3
คำนำ	5
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	14
วัน เวลา และสถานที่ทำการวิจัย	14
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	15
ผลการวิจัย	23
วิจารณ์ผลการวิจัย	39
สรุปผลการวิจัย	49
เอกสารอ้างอิง	51

(ก)

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1. พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบของสารอาหาร	16
2. พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ	16
3. สูตรอาหารเม็ดสำหรับเลี้ยงปลาบึกโปรตีนไม่ต่ำกว่า 25%	21
4. สูตรอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองที่ใช้ทดลอง	21
5. Proximate composition (% Mean $\pm$ Std. Deviation) ของสูตรอาหารที่ใช้ในการทดลองที่ 1	23
6. ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและต้นทุนของการเลี้ยงปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกันเป็นเวลา 213 วัน	24
7. องค์ประกอบเลือดของการเลี้ยงปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกันเป็นเวลา 213 วัน	29
8. คุณภาพน้ำในกระชังเลี้ยงปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน	31
9. Proximate composition (% Mean $\pm$ Std. Deviation) ของสูตรอาหารที่ใช้ในการทดลองที่ 2	32
10. ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและต้นทุนของการเลี้ยงปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองเป็นเวลา 130 วัน	33
11. คุณภาพน้ำในคอกเลี้ยงปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง	38

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1. น้ำหนักสิ้นสุดของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน	25
2. น้ำหนักที่เพิ่มของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน	25
3. อัตราการแลกเนื้อของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน	26
4. ผลผลิตของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน	26
5. ความยาวสิ้นสุดของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน	27
6. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน	27
7. ต้นทุนการผลิตของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน	28
8. อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) ของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน	28
9. ค่าอีมาโตคริตของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน	30
10. ปริมาณเม็ดเลือดแดงทั้งหมดของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน	30
11. ค่าซีรุ่มกลูโคสของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน	31
12. น้ำหนักสิ้นสุดของปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง	34
13. อัตราการแลกเนื้อของปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง	34
14. ผลผลิตของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง	35
15. น้ำหนักที่เพิ่มของปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง	35
16. ความยาวสิ้นสุดของปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง	36
17. ความยาวที่เพิ่มของปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง	36
18. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง	37
19. ต้นทุนการผลิตของปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง	37
20. อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) ของปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง	38

การศึกษาผลของปัจจัยบางประการต่อการเลี้ยงปลานก
ในกระชังเชิงพาณิชย์

STUDY ON THE INFLUENCE OF SOME FACTORS AFFECTING ON
ENHANCING THE POTENTIAL OF MAEKONG GIANT CATFISH
(*Pangasianodon gigas*) COMMERCIAL REARING IN CAGES

ทิพสุคนธ์ พิมพ์พิมล
TIPSUKHON PIMPIMOL

ชนกันต์ จิตมนัส
CHANAGUN CHITMANAT

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของปัจจัยบางประการต่อการเลี้ยงปลานกในกระชังเชิงพาณิชย์ โดยแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของอาหารเสริมวิตามินซี (0, 250, 500 และ 750 มก. ต่ออาหาร 1 กก.) ต่อการเจริญเติบโต อัตรารอด และการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันโรคของปลานกขนาด 60 ± 0.01 กรัม ในกระชังขนาด $2.4 \times 3 \times 1.5$ เมตร (กว้าง $\times$ ยาว $\times$ ลึก) วางในบ่อดิน เป็นระยะเวลา 213 วัน พบว่าการเสริมวิตามินซีให้ผลการเจริญเติบโตทั้งน้ำหนักสิ้นสุดและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) อัตราการแลกเนื้อ (FCR) และผลผลิตที่ได้รับดีกว่ากลุ่มปลาที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่การเสริมวิตามินซี 250 มก. ต่ออาหาร 1 กก. มีต้นทุนต่ำกว่าจึงมีอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) สูงกว่าระดับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้การเสริมวิตามินซี 500 และ 750 มก. ต่ออาหาร 1 กก. ทำให้ค่าฮีมาโตคริต เซลล์เม็ดเลือดแดง ซีรัมไลโซไซม์ ซีรัมโปรตีน และ ซีรัมกลูโคส เพิ่มขึ้นจากกลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่การเสริมวิตามินซีที่ 750 มก. ต่ออาหาร 1 กก. ทำให้ต้นทุนเพิ่ม และผลที่ได้ไม่แตกต่างกันกับการเสริมวิตามินซีที่ 250 และ 500 มก. ต่ออาหาร 1 กก.

การทดลองที่ 2 ศึกษาการทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง (0, 15, 30 และ 45%) ในสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงปลานกขนาด 550 ± 0.01 กรัม เป็นระยะเวลา 130 วัน พบว่า ปลานกกลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 15 และ 45% มีน้ำหนักสิ้นสุด อัตราการ

แลกเนื้อ (FCR) และผลผลิต (Total Biomass) ดีกว่าปลากลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 30% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับกลุ่มที่ได้รับอาหารไม่ผสมถั่วเหลือง และกลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 45% มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่า จึงมีอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) สูงกว่ากลุ่มทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองปริมาณอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับกลุ่มที่ได้รับอาหารไม่ผสมถั่วเหลือง

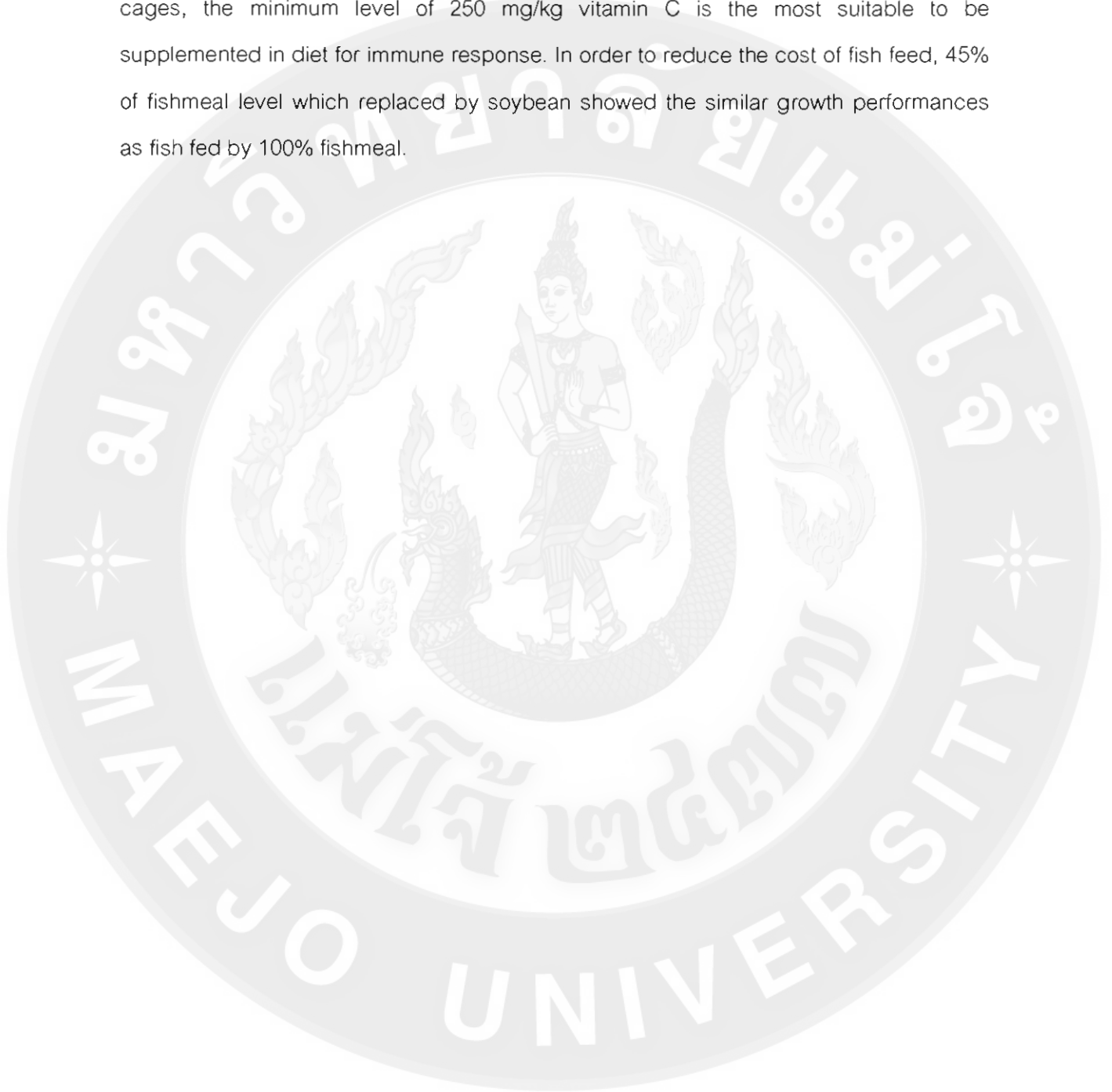
ดังนั้นการเลี้ยงปลาบึกในกระชังเชิงพาณิชย์ควรเสริมวิตามินซีในปริมาณ 250 มก. ต่ออาหาร 1 กก. ลงในอาหารเม็ดสำเร็จรูปเพื่อเพิ่มการตอบสนองต่อระบบภูมิคุ้มกันให้อยู่ในเกณฑ์ดีสำหรับการผลิตอาหารเม็ดขึ้นเองสำหรับการเลี้ยงปลาบึก สามารถทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองได้ถึง 45% ซึ่งเป็นการช่วยลดต้นทุนการผลิตและให้ผลการเจริญเติบโตอยู่ในเกณฑ์ที่ดี นอกจากนี้การลดการใช้ปลาป่นยังเป็นแนวทางที่สอดคล้องกับการอนุรักษ์ทรัพยากรปลาวัยอ่อนที่ถูกจับก่อนวัยเจริญพันธุ์ได้ด้วย

ABSTRACT

Study on the influence of some factors affecting on enhancing the potential of Maekong Giant Catfish (*Pangasianodon gigas*) commercial rearing in cages. Two experiments. Experiment 1, The purpose of this research was to test the efficacy of vitamin C levels (0, 250, 500 and 750 mg/kg) on growth, survival rate and immune response of the Maekong giant catfish (*Pangasianodon gigas*, Chevey). Catfish with an initial average of 60 ± 0.01 g were raised cages with density of $2.4 \times 3 \times 1.5$ m in earthen pond. After 213 days, the Maekong giant catfish fed a basal diet supplemented with vitamin C showed the better weight, specific growth rate, feed conversion ratio, and final production. There was a significant difference between fish fed a basal diet without vitamin C supplementation ($P < 0.05$). The catfish received 250 mg/kg vitamin C supplementary diets showed the lower cost and higher B/C Ratio. The catfish received 500 and 750 mg/kg vitamin C supplementary diets showed the best hematocrit, red blood cell count, serum lysozyme, serum protein and serum glucose. There was a significant difference between fish fed a basal diet without vitamin C supplementation ($P < 0.05$). But basal diet supplemented with 750 mg/kg vitamin C feeding increased the cost.

Experiment 2, The effects of feeds containing various levels of soybean (0, 15, 30 และ 45%) as a replacement for fishmeal of Maekong giant catfish (*Pangasianodon gigas*, Chevey). Catfish with an initial average of 550 ± 0.01 g. After 130 days, the Maekong giant catfish fed with replacement for fishmeal of 15 and 45% soybean diets showed the best final weight, specific growth rate, feed conversion ratio, and final production. There were significant difference between fish fed with replacement for fishmeal of 30% soybean diets ($P < 0.05$). But there was no significant difference between fish fed a basal diet without soybean ($P > 0.05$). The catfish fed with replacement for fishmeal of 45% soybean diets showed the lowest cost and highest B/C Ratio. There was a no significant difference between fish fed a basal diet without soybean ($P > 0.05$).

It was concluded that for the commercial rearing of Maekong Giant Catfish in cages, the minimum level of 250 mg/kg vitamin C is the most suitable to be supplemented in diet for immune response. In order to reduce the cost of fish feed, 45% of fishmeal level which replaced by soybean showed the similar growth performances as fish fed by 100% fishmeal.



คำนำ

ปลาน้ำจืดขนาดใหญ่ที่สุดในโลกที่ได้มีการเพาะพันธุ์ประสบผลสำเร็จเป็นครั้งแรกในประเทศไทยโดยวิธีการผสมเทียมเมื่อ ปี พ.ศ. 2526 ซึ่งหลังจากนั้นนักวิชาการจึงได้มีโอกาสศึกษาชีวประวัติ รวมทั้งทดลองเลี้ยงปลาน้ำจืดในหลายพื้นที่ด้วยกันมาจนบัดนี้ จากการติดตามผลการเลี้ยงพบว่าปลาน้ำจืดสามารถเลี้ยงได้ในบ่อและในคอก โดยมีอัตราการเจริญเติบโตปีละประมาณ 3 – 5 กิโลกรัม (เสนห์ และภานุ, 2541) ส่วนปลาน้ำจืดที่ปล่อยลงในอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่สามารถเจริญเติบโตได้ปีละประมาณ 10 – 12 กิโลกรัม

ในธรรมชาติพบว่าปลาน้ำจืด (*Pangasianodon gigas* Chevey) เป็นปลาที่มีนิสัยการกินอาหารจำพวกตะไคร่น้ำและพืชน้ำเท่านั้น ในขณะที่วัยอ่อนตั้งแต่แรกเกิดจนถึงอายุ 1 – 2 เดือนจะกินไรน้ำ (*Moina* sp.) (เสนห์ และภานุ, 2541) เมื่อมีการนำปลาน้ำจืดมาเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ในบ่อหรือในคอกซึ่งมีสภาพแวดล้อมต่างจากแหล่งน้ำธรรมชาติที่ปลาน้ำจืดเคยอยู่ จึงได้มีการพยายามสร้างสูตรอาหารเพื่อเลี้ยงปลาน้ำจืดให้มีการเจริญเติบโตขึ้นมา ดังเช่นการผลิตอาหารเม็ดซึ่งปรากฏว่าปลาน้ำจืดสามารถปรับตัวกินอาหารเม็ดได้ โดยองค์ประกอบของอาหารเม็ดได้แก่ รำละเอียด 30% ปลาข้าว 14% ปลาป่น 20% สาหร่ายแห้ง 15% ถั่วเหลือง 20% เกลือ 0.5% และวิตามินรวม 0.5% (วินัส และอำนาจ, 2512)

อย่างไรก็ตามพบว่าอัตราการเจริญเติบโตของปลาน้ำจืดในบ่อยังอยู่ในอัตราที่ไม่สูงนัก (3 – 5 กิโลกรัม/ปี) (เสนห์ และภานุ, 2541) ดังนั้นปัจจัยอื่นที่อาจจะช่วยส่งเสริมศักยภาพการผลิตเพื่อให้ปลาน้ำจืดมีเพียงพอต่อความต้องการบริโภคของประชาชนที่มีในระดับสูง จึงได้นำมาพิจารณาทดลองและวิจัย ได้แก่ การหาค่าองค์ประกอบของอาหารที่เหมาะสมหรือช่วยให้เกิดการเจริญเติบโต อัตราการรอดตายที่ดีขึ้น หรือลดต้นทุนการผลิตอาหาร โดยการใช้ถั่วเหลืองทดแทนปลาป่นบางส่วน นอกจากนี้การนำวิตามินซีมาใช้เสริมในการผลิตอาหารก็น่าจะให้ผลดีในด้านช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตาย รวมถึงการทนต่อการเกิดโรคได้ อย่างไรก็ตามวิตามินซีไม่ค่อยเสถียรสามารถสลายตัวได้ง่ายมาก ปัจจุบันจึงมีการพัฒนารูปแบบของวิตามินซีในรูปแบบต่างๆ เพื่อให้เกิดการสลายตัวช้า ดังนั้นการวิจัยเพื่อหาปริมาณวิตามินซีที่เหมาะสมมาใช้ผสมในอาหารเลี้ยงปลาน้ำจืด น่าจะเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ช่วยเพิ่มศักยภาพการผลิตปลาน้ำจืดเพื่อการพาณิชย์ของเกษตรกรได้

นวลใย และคณะ (2528) ศึกษาการเจริญเติบโตของปลาน้ำจืดในบ่อดินขนาด 25 × 65 เมตร โดยปล่อยปลาน้ำจืดขนาดความยาวเฉลี่ย 20.4 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 73.5 กรัม ในอัตรา

ความหนาแน่น 6 ตารางเมตร/ตัว ให้รำละเอียดเป็นอาหารในเดือนแรก จากนั้นเปลี่ยนเป็นอาหารสำเร็จรูปและอาหารต้มที่มีปริมาณโปรตีนประมาณ 20% ตามความต้องการของปลา เลี้ยงเป็นเวลา 1 ปี พบว่า ปลาบึกเจริญเติบโตมีความยาวเฉลี่ย 64.0 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 2,590 กรัม

นภาพร (2529) ทดลองเลี้ยงลูกปลาบึกขนาดความยาวเฉลี่ย 12.82 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 16.92 กรัม ในอัตราความหนาแน่น 2 ตารางเมตร/ตัว ด้วยอาหาร 3 ชนิด โดยชุดที่ 1 เลี้ยงด้วยอาหารซึ่งประกอบด้วย มันสำปะหลังเส้น 17% รำละเอียด 3% และหัวอาหารสุก 80% ราคาประมาณกิโลกรัมละ 6.40 บาท ชุดที่ 2 เลี้ยงด้วยอาหารซึ่งประกอบด้วย รำละเอียด 30% ปลาขี้ขาว 15% ปลาป่นอัดน้ำมัน 16% กากถั่วเหลืองป่น 38% วิตามินและแร่ธาตุ 1% ราคาประมาณกิโลกรัมละ 7.16 บาท ให้อาหารในอัตรา 5% ของน้ำหนักตัวปลา ทั้งสองชุดการทดลอง ชุดที่ 3 เลี้ยงในบ่อซึ่งปุ๋ยมูลสุกรแห้งในอัตรา 150 กิโลกรัม/ไร่/เดือน เป็นเวลา 4 เดือน โดยชั่งวัดขนาดทุกเดือน พบว่าปลาทดลองมีขนาดความยาวเฉลี่ย 40.4, 38.5 และ 31.0 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ย 623.25, 523.63 และ 278.25 กรัม ตามลำดับ

เสนห์ และภานุ (2541) ศึกษาระดับโปรตีนในอาหารที่เหมาะสมของปลาบึกที่เลี้ยงในคอก โดยการทดลองเลี้ยงปลาบึกขนาดความยาวเฉลี่ย 21.12 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 83.28 กรัม ทดลองเลี้ยงในคอกเนื้อที่ประมาณ ¼ ไร่ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนละ 200 ตารางเมตร ทดลองให้อาหารที่มีระดับโปรตีนต่างๆ คือ 20, 25 และ 35% ระยะเวลาในการทดลองรวมทั้งสิ้น 8 เดือน (240 วัน) ระหว่างเดือนมกราคม 2533 ถึงเดือน สิงหาคม 2533 ณ อ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น สรุปผลได้ดังนี้

1. การเจริญเติบโตเฉลี่ยเท่ากับ 530.88, 757.00 และ 1,003.75 กรัม ตามลำดับ
2. อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยเท่ากับ 1.87, 2.81 และ 3.84 กรัม/วัน ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
3. อัตราการแลกเนื้อ (FCR) มีค่าเท่ากับ 5.89, 5.99 และ 5.43 ตามลำดับ
4. อัตราการรอดตายเท่ากับ 73.38, 60.13 และ 57.63% ตามลำดับ
5. ต้นทุนในการผลิตเนื้อปลาบึกต่อหนึ่งกิโลกรัม (คิดค่าใช้จ่ายเฉพาะอาหารที่ให้อย่างเดียว) เป็นเงิน 51.30, 59.90 และ 69.40 บาท ตามลำดับ
6. การเลี้ยงปลาบึกด้วยอาหารระดับโปรตีน 20% เหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีต้นทุนต่ำสุด คือมีต้นทุน 51.30 บาท/กิโลกรัม แม้ว่าการเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตของปลาที่เลี้ยงด้วยระบบโปรตีน 35% จะสูงที่สุดคือ 1,003.75 กรัม และ

3.84 กรัม/วัน และจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า ระดับโปรตีนที่แตกต่างกันในอาหารที่ใช้ทดลองในครั้งนี้ให้ผลต่อการเจริญเติบโตของปลานิลไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ดังนั้นระดับโปรตีนในอาหารเพียง 20% เพียงพอสำหรับการเลี้ยงปลานิล

การเลี้ยงปลานิลในคอกนั้นไม่มีปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพน้ำ และคุณภาพของเนื้อปลานิลจะไม่มีกลิ่น (off - flavors) ปลานิลที่เลี้ยงเจริญเติบโตได้ดี ดังนั้นการเลี้ยงปลานิลในกระชังในแหล่งน้ำขนาดใหญ่ที่มีน้ำไหลผ่านตลอดจึงน่าจะให้ผลดีเช่นเดียวกัน

การเลี้ยงปลาสวายในกระชังนั้น เป็นการเลี้ยงที่ให้ผลผลิตสูงกว่าการเลี้ยงในบ่อดินเป็นการเลี้ยงที่ได้รับความนิยมอย่างมาก จากเกษตรกรที่อาศัยเรือนแพในแม่น้ำ ลำคลอง แถบภาคกลาง เช่น จังหวัดนครสวรรค์ อุทัยธานี พระนครศรีอยุธยา ฯลฯ หลักเกณฑ์การเลี้ยงปลาสวายในกระชังมีดังนี้

1. ที่ตั้งของกระชัง ควรตั้งในแหล่งน้ำจืดที่มีน้ำไหลถ่ายเทได้ เช่น แม่น้ำ ลำคลอง หากจะเลี้ยงในอ่างเก็บน้ำควรตั้งกระชังให้อยู่ในบริเวณตอนบนของอ่าง ซึ่งมีกระแสน้ำพอที่จะช่วยถ่ายเทของเสียจากกระชังได้บ้างก็จะเป็นการดี
2. วัสดุที่ใช้สร้างกระชังส่วนใหญ่นิยมทำด้วยไม้เนื้อแข็ง และจะมีอยู่บ้างที่ยังใช้ไม้ไผ่สานทำเป็นกระชังนอกจากนั้นก็มีการใช้เนื้อวนโพลีเอทิลีน แต่ยังไม่มีแพร่หลายมากนัก ในการใช้วัสดุพุงกระชังให้ลอยน้ำนั้นนิยม ใช้ไม้ไผ่มัดเป็นแพลูกบวบ
3. ขนาดของกระชัง ส่วนใหญ่ถ้าเป็นกระชังไม้หรือวนจะมีขนาด 8 – 15 ตารางเมตร ลึก 1.25 – 1.50 เมตร และถ้าเป็นไม้ไผ่สานจะมีขนาด 2 × 5 × 1.5 เมตร
4. อัตราการปล่อย ปลาที่ปล่อยเลี้ยงในกระชังขนาด 7 – 12 ซม. ปล่อยในอัตรา 100 – 200 ตัว/ตารางเมตร
5. อาหารและการให้อาหาร ใช้อาหารและส่วนประกอบของอาหารที่เลี้ยงในบ่อแต่มีข้อสังเกตบางประการเกี่ยวกับการให้อาหารปลาที่เลี้ยงในกระชังนั้น อาหารอาจจะฟุ้งกระจายขณะที่ปลาสวายแย่งกันกินอาหาร จะมีส่วนสูญเสียอยู่จำนวนหนึ่งอาจแก้ไขได้โดยใส่สารเหนียวผสมในอาหารที่ให้อาจจะให้อาหาร 1 ครั้ง ในปริมาณ 3 – 5% ของน้ำหนักตัว
6. การเจริญเติบโต ขึ้นอยู่กับปริมาณ และคุณภาพของอาหารที่ให้อาหารเป็นกระชังขนาดประมาณ 10 ตารางเมตร ใช้เวลาเลี้ยง 1.25 เมตร ปล่อยปลา 150 – 200 ตัว/ตารางเมตร ใช้เวลาเลี้ยงประมาณ 1 ปี จะให้ผลผลิตประมาณ 1,500 กิโลกรัม/กระชัง

7. การจับและลำเลียงส่งตลาด การจับปลาสดที่เลี้ยงในกระชังทำง่าย ๆ แบบใช้อวน ล้อมจับในกระชังซึ่งง่ายกว่าการจับในบ่อมาก การลำเลียงทางบกเพื่อให้ได้ปลามีชีวิต ไปขายในตลาด ทำได้ง่ายๆ โดยรถยนต์โดยเฉพาะรถกระบะ ใช้ถังสี่เหลี่ยมขนาน้ำ ประมาณเพียงเพื่อให้ท่วมตัวปลา แล้วใช้อวนปิดถัง การลำเลียงแบบนี้ควรทำตอน เช้ามืดหรือ กลางวันซึ่งมีอากาศเย็นจะได้ผลดีมาก

แหล่งวัตถุดิบปลาป่นที่ใช้ในการเลี้ยงปลา, อนุบาลลูกปลาน้ำจืด โดยทั่วไปใช้ปลาป่นไทย เป็นแหล่งโปรตีน คุณภาพของปลาป่นไทยมักผันแปร และถ้าผลิตจากปลาที่ไม่สดก็อาจมีสาร peroxide ซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของปลา (Hardy and Dong, 1995) แชนโรฟิลด์ซึ่งเป็น carotenoid ในโปรตีนข้าวโพดมีคุณสมบัติเป็นสารป้องกันการ oxidation ของโครงสร้างโปรตีนซึ่ง เกิดจากการกระทำของ peroxide (Henckin, 1992) ดังนั้นการใช้โปรตีนข้าวโพดเป็นส่วนผสมใน อาหารลูกปลาจึงทำให้ลูกปลามีการเจริญเติบโตดีกว่าปลาที่ไม่ได้รับโปรตีนข้าวโพด (วิมล และ คณะ, 2539)

วิตามินซีในอาหารสัตว์น้ำ

สัตว์น้ำส่วนใหญ่ไม่สามารถสังเคราะห์วิตามินซีได้เอง ต้องอาศัยได้จากการกินอาหาร เข้าไปเป็นหลักเนื่องจากสัตว์น้ำเหล่านี้ไม่มีเอนไซม์ L-gulonolactone oxidase (GLO) ที่ใช้ในการ เปลี่ยน L-gulonolactone (อนุพันธ์ของน้ำตาลกลูโคสที่มีอยู่ในอาหาร) ให้เป็น 2-keto-L-gulonate ซึ่งจะถูกเปลี่ยนเป็น L-ascorbic acid โดยขบวนการ spontaneous isomerization (Yamamoto *et al.*, 1978) ดังนั้นสัตว์น้ำจึงจำเป็นต้องจะได้รับวิตามินซีจากอาหารที่บริโภคเข้าไปเท่านั้น ในการผลิตอาหารสัตว์น้ำนั้นจะมีการใช้วัตถุดิบอาหารที่มีวิตามินซีต่ำ เช่น ปลาป่น กาก ถั่วเหลือง รำ ปลาขี้ขาว และแป้งมันสำปะหลัง เป็นต้น อีกทั้งวิตามินซียังเป็นสารที่สามารถถูก ออกซิไดส์ได้ง่ายเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีออกซิเจน ความชื้น ความร้อน ความเป็นด่าง แสงสว่าง ไขมันและมีโลหะหนักบางตัว เช่น อีออนของเหล็ก ทองแดง (Moser and Bendich, 1990; วีรพงศ์ , 2536) นอกจากนี้ยังพบว่า มีการสูญเสียวิตามินซีเนื่องมาจากขบวนการออกซิเดชัน ในระหว่าง กระบวนการผลิตและการเก็บรักษาอาหารโดยวิตามินซีในรูป L-ascorbic acid จะมีการสูญเสีย ไปในกระบวนการผลิตอาหารถึง 40 เปอร์เซ็นต์ และถ้าเก็บไว้ภายใต้สภาวะที่สามารถถูก ออกซิไดส์ได้ง่ายจะเหลือเพียง 10 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น

ดังนั้นความต้องการวิตามินซีที่มีความคงสภาพจึงเป็นสิ่งสำคัญต่อธุรกิจการเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นผลทำให้มีการพัฒนาการผลิตวิตามินซีรูปแบบต่าง ๆ เพื่อใช้ในด้านอาหารสัตว์น้ำมากขึ้น เช่น วิตามินซีเคลือบ (coated vitamin C) ซึ่งจะมีการเคลือบด้วย ethyl cellulose, silicone, gelatin,

glyceride และไขมัน เป็นต้น (Akiyama *et al.*, 1991) กลุ่มวิตามินซีเคลือบที่มีการรายงานการใช้ในอาหารสัตว์น้ำ ได้แก่ วิตามินซีเคลือบไขมัน (เศวต, 2535; พรศักดิ์, 2543), วิตามินซีเคลือบซิลิโคน (สโรชา, 2540; ัญพร, 2541) อย่างไรก็ตามวิตามินซีที่เคลือบไขมันก็ยังถูกทำลายได้ง่ายภายใต้กระบวนการอัดเม็ดและกระบวนการผลิตที่มีความชื้นและใช้อุณหภูมิสูงโดยไขมันที่เคลือบจะเริ่มละลายที่อุณหภูมิประมาณ 65 องศาเซลเซียส

ดังนั้นจึงมีการพัฒนารูปแบบของวิตามินซีเป็นวิตามินซีอนุพันธ์ (vitamin C derivative) โดยการนำสารหรือแร่ธาตุบางชนิดที่เหมาะสมมาทำปฏิกิริยากับคาร์บอนอะตอมที่ 2 ในโครงสร้างของวิตามินซีเพื่อให้ได้วิตามินซีในรูปแบบที่มีความคงสภาพมากขึ้นและเหมาะสมที่จะใช้ในกระบวนการผลิตอาหารสัตว์น้ำ เช่น L-ascorbyl-2-polyphosphate (Patented) ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของวิตามินซีฟอร์มหนึ่งที่ยึดกับหมู่ phosphate group จะจับคาร์บอนตรงตำแหน่งที่ 2 โดยการเกิดปฏิกิริยา esterification ทำให้ไม่ถูกออกซิไดส์ได้ง่าย (Mustin and Lovell, 1992), ascorbyl-2-sulfate โดยหมู่ sulfate จะแทนที่หมู่ hydroxyl ที่คาร์บอนอะตอมตำแหน่งที่ 2 โดยกระบวนการ esterification เช่นเดียวกัน (Benitez and Halver, 1982) กลุ่มวิตามินซีอนุพันธ์ที่มีการรายงานการใช้ในอาหารสัตว์น้ำ ได้แก่ L-ascorbyl-2-polyphosphate (Gouillou-Coustans *et al.*, 1998), L-ascorbyl-2-monophosphate (Hsu and shiau, 1998; Shiau and Hsu, 1999 และพรศักดิ์, 2543), L-ascorbyl-2-sulfate (สโรชา, 2540; ัญพร, 2541), L-ascorbyl dipotassium-2-sulfate dehydrate (สมศักดิ์, 2540 และธัญญา, 2543), ascorbate vitamin C-glucose (Khajorn and Khajarn, 1997) และ ascorbyl-palmitate (Merchie *et al.*, 1997) เป็นต้น

Anadu *et al.* (1990) ได้ศึกษาผลของวิตามินซีต่ออัตราการเจริญเติบโตของปลา *Tilapia zillii* โดยทดลองเลี้ยงปลาด้วยอาหาร 3 สูตร คือ เสริมวิตามินซี เสริม Cobalt chloride และชุดควบคุมไม่เสริมวิตามินซี เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีจะมีอัตราการเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อ ประสิทธิภาพการให้โปรตีนในอาหาร (PER) ดีกว่าปลาที่ได้รับอาหารที่เสริม Cobalt chloride และปลาที่ได้รับอาหารที่ไม่เสริมวิตามินซี โดยปลาที่ได้รับอาหารที่เสริม Cobalt chloride จะมีอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพของการให้โปรตีนในอาหารสูงกว่าปลาในกลุ่มควบคุม ($P < 0.05$)

Chavez de Martinex (1990) ได้ตรวจสอบระดับความต้องการวิตามินซีในอาหารปลา *Cichlasoma urophthalmus* พบว่า ปลาในกลุ่มที่ไม่ได้รับวิตามินซีจะมีอัตราการตายสูงและมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่าในกลุ่มที่ได้รับวิตามินซีอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) และแนะนำ

ว่าระดับวิตามินซีต่ำที่สุดที่มีความต้องการในการเจริญเติบโตโดยทั่วไป คือ 40 มก. ต่ออาหาร 1 กก. และวิตามินซีระดับต่ำที่สุดที่ทำให้ปลา มีสุขภาพดี คือ 110 มก. ต่ออาหาร 1 กก.

Shiau and Hsu (1999) ได้ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณวิตามินซีที่ต้องการในปลานิล hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. ระยะ juvenile ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมวิตามินซีรูปแบบ L-ascorbyl-2-monophosphate-Na (AMP-Na) และ L-ascorbyl-2-monophosphate-Mg (AMP-Mg) ที่ระดับ 0, 40, 50, 70, 90, และ 120 มก. ต่ออาหาร 1 กก. เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ปริมาณวิตามินซีที่สะสมในตัวของปลาจะเพิ่มขึ้นแปรผันตามปริมาณวิตามินซีที่ได้รับ ปริมาณวิตามินซีที่พอเพียงต่อการเจริญเติบโตของปลานิลมีค่าเท่ากับ 63.4 มก. ต่ออาหาร 1 กก. (มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 15.98 มก. ต่ออาหาร 1 กก.) และ 40.5 มก. ต่ออาหาร 1 กก.

Shiau and Hsu (1995) ได้ศึกษาการใช้วิตามินซีในรูป L-ascorbyl-2-sulfate (A2S) และ L-ascorbyl-2-monophosphate (AMP) เสริมในอาหารปลานิล hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* X *O. aureus*) ที่มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 1.53 ± 0.17 กรัม ในระดับ 0, 30, 50, 70, 90 และ 120 มก. ต่ออาหาร 1 กก. เป็นเวลา 10 สัปดาห์ พบว่า ปลาในกลุ่มที่ไม่ได้รับวิตามินซีจะมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่าปลาในกลุ่มที่ได้รับวิตามินซี และปลาในกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีการเสริมวิตามินซีจะมีระดับวิตามินซีในตับ กล้ามเนื้อ และในพลาสมาสูงกว่าปลาในกลุ่มที่ไม่ได้รับวิตามินซี โดยระดับวิตามินซีในเนื้อเยื่อจะเพิ่มขึ้นแปรผันตามระดับวิตามินซีที่ได้รับ ปริมาณ vertebral collagen ในปลากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี AA, A2S และ AMP จะมีค่าเท่ากับ 7.68, 40.51 และ 37.28% ตามลำดับ ระดับวิตามินซีที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลานิลจะมีค่าประมาณ 41 – 48 มก. ต่ออาหาร 1 กก. (มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 19 – 23 มก. ต่ออาหาร 1 กก.) และ 37 – 42 มก. ต่ออาหาร 1 กก. (มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 17 – 20 มก. ต่ออาหาร 1 กก.)

มะลิ และคณะ (2533) ได้ศึกษาความต้องการวิตามินซีของปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*) วัยอ่อนที่เลี้ยงในน้ำเค็มพบว่า ลูกปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารที่ไม่เสริมวิตามินซีจะมีการเจริญเติบโตช้าลง ปลา มีลำตัวดำ เชื่องซึม ตกเลือดบริเวณเหงือก เส้นเลือดเปราะ กระพุ้งแก้มปิดเปิดเร็วและสั้น จะงอยปากสั้น เสียการทรงตัว ครีบกางกร่อน ตาโปนและบางตัวเกิดอาการคดงอของกระดูกสันหลังและพบว่าระดับของวิตามินซีในอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต คือ 500 – 700 มก. ต่ออาหาร 1 กก.

ปลาปนนอกจากจะเป็นแหล่งโปรตีนที่ดีในอาหารปลา ยังมีรสชาติเป็นที่ชอบของปลา (Lovell, 1984) ดังนั้นปลาปนจึงเป็นแหล่งโปรตีนหลักในอาหารปลา ความต้องการปลาปนได้เพิ่มขึ้น เนื่องจากความต้องการอาหารโปรตีนของประชากรโลกเพิ่มขึ้น (Barlow, 1989) โดยเฉพาะโปรตีนจากปลาเพราะคนได้หันมาบริโภคปลาแทนไก่และหมูมากขึ้น เนื่องจากปลามีคุณค่าทางโภชนาการที่ดีกว่า โดยเฉพาะไขมันในปลาทะเลจะช่วยลดปัญหาโรคหัวใจและโรคความดันโลหิตสูง (Dyerberg *et al.*, 1978; Herold and Kinsella, 1986; Singer *et al.*, 1983) ขณะที่ความต้องการปลาปนมากขึ้นปริมาณการผลิตก็มีได้มากขึ้น เนื่องจากปลาในทะเลถูกนำมาใช้มากไปจนเจริญเติบโตขยายพันธุ์ไม่ทัน ทำให้ราคาปลาปนมีแนวโน้มสูงขึ้น อีกทั้งคุณภาพและปริมาณยังผันแปรไปตามฤดูกาล เป็นเหตุให้นักวิจัยอาหารสัตว์น้ำหันมาศึกษาหาแหล่งโปรตีนอื่นมาทดแทนปลาปนในอาหารปลาน้ำจืดและน้ำเค็มหลายชนิด โดยโปรตีนจากถั่วเหลืองเป็นหนึ่งในโปรตีนพืชที่มีกรดอะมิโนที่จำเป็นในสัดส่วนที่ดีและมีศักยภาพที่จะผลิตได้มาก (Lim and Dominy, 1989) ดังนั้นถั่วเหลืองจึงเป็นวัสดุอาหารที่น่าจะใช้ในการแทนที่ปลาปนในอาหารปลาได้ดี

ถั่วเหลือง (Soybean, *Glycine max* (L.) Merrill) เป็นพืชเศรษฐกิจที่เหมาะสมสำหรับปลูกสลับกับการปลูกข้าว ได้มีรายงานการปลูกถั่วเหลืองในประเทศจีนเมื่อเกือบ 5,000 ปีมาแล้ว แต่ก็ยังไม่แน่ชัดว่าสวนใดของประเทศจีนเป็นถิ่นกำเนิดที่สันนิษฐานและยอมรับกันโดยทั่วไปคือบริเวณหุบเขาแม่น้ำเหลือง (ประมาณเส้นรุ้งที่ 35 องศาเหนือ) เพราะอารยธรรมของจีนได้ถือกำเนิดที่นั่น และประกอบกับมีการจารึกครั้งแรกเกี่ยวกับถั่วเหลือง เมื่อ 2295 ปีก่อนพุทธกาล ที่หุบเขาแม่น้ำเหลือง จากนั้นถั่วเหลืองได้แพร่กระจายสู่ประเทศเกาหลีและญี่ปุ่น เมื่อ 200 ปีก่อนคริสตกาล แล้วเข้าสู่ยุโรปในช่วงหลัง พ.ศ. 2143 และไปสู่สหรัฐอเมริกาในปี พ.ศ. 2347 จากนั้นกว่า 100 ปีชาวอเมริกันได้ปลูกถั่วเหลืองเพื่อเป็นอาหารสัตว์ใช้เลี้ยงวัวโดยไม่ได้นำเมล็ดมาใช้ประโยชน์อย่างอื่น จนถึงปี พ.ศ. 2473 สหรัฐอเมริกาได้นำพันธุ์ถั่วเหลืองจากจีนเข้าประเทศกว่า 1,000 สายพันธุ์เพื่อการผสมและคัดเลือกพันธุ์ ทำให้ได้เมล็ดพันธุ์ที่มีเมล็ดโต ผลผลิตสูง เหมาะแก่การเพาะปลูกเพื่อผลิตเมล็ดมากขึ้น

ลักษณะทางกายภาพของถั่วเหลือง เป็นเมล็ดพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการเป็นแหล่งที่ดีของไขมันและโปรตีนที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เมล็ดถั่วเหลืองมีหลายขนาดและหลากหลายสี รวมถึงสีดำ สีน้ำตาล สีฟ้า สีเหลืองเปลือกถั่วเหลืองที่แก่แล้วจะแข็งแรงทนต่อน้ำ ถ้าส่วนห่อหุ้มเมล็ดแตก ถั่วเหลืองอาจจะไม่ออก รอยที่คล้ายๆ แผลเป็นสามารถเห็นได้ชัด บนส่วนห่อหุ้มเมล็ดเรียกว่า hilum หรือ แผลเป็นบนเมล็ดพืช และเป็นคล้ายรูเปิดเล็กๆ ที่สามารถดูดซึมน้ำ เข้าไปได้

แต่ที่น่าสังเกต เมล็ดถั่วเหลืองบรรจุโปรตีนไว้มาก และสามารถทำให้แห้งโดยไม่เสียหายและสามารถทำให้ฟื้นกลับมาโดยการใส่น้ำ

ถั่วเหลืองเป็นพืชล้มลุก ลำต้นสูงประมาณ 1-2 เมตร ลำต้นสีเหลืองมปกคลุมด้วยขนสีเทา ขาว ใบเป็นใบประกอบแบบนิ้วมือ ใบประกอบด้วยใบย่อย 3 ใบ รูปร่างคล้ายรูปไข่ปลายแหลมใบค่อนข้างหนา ผิวมันทั้งด้านบนและด้านล่าง ดอกเป็นช่อสีขาวหรือม่วงแดง ออกดอกเมื่ออายุประมาณ 25-30 วันเก็บเกี่ยวอายุประมาณ 90-100 วัน ผักแบนขาวติดเป็นกระจุกที่ข้อของต้น และกิ่งในฝักมีเมล็ด 3-5 เมล็ดรูปไข่ เมล็ดกลม ผิวสีเหลืองมันตาค่อนข้างลึกสีน้ำตาลอ่อน

ส่วนประกอบทางเคมี น้ำมันและโปรตีนมีอยู่ในถั่วเหลืองทั้งคู่ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของถั่วเหลืองโดยน้ำหนัก โปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ น้ำมัน 20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือเป็นคาร์โบไฮเดรต 35 เปอร์เซ็นต์ ความร้อนเสถียรในการเก็บโปรตีนมีส่วนกับโปรตีนถั่วเหลืองส่วนใหญ่ ความร้อนเสถียรนี้ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารจากถั่วเหลืองต้องการความร้อนสูง เช่น เต้าหู้ นมถั่วเหลือง ในการทำ ตั้งแต่คาร์โบไฮเดรตในถั่วเหลืองถูกพบเป็นส่วนใหญ่ในเวย์ หรือ หางนม และถูกทำลายลงระหว่างการเดือดเป็นฟอง เต้าหู้ ซอสถั่วเหลือง จะไม่ทำให้เกิดแก๊สในกระเพาะหรือลำไส้

ส่วนประกอบของถั่วเหลือง ประกอบไปด้วยส่วนประกอบดังต่อไปนี้

โปรตีน 38 %

ไขมัน 18 % (เป็น lecithin 5 %)

ความชื้น 5 %

คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ละลายในน้ำ 15%

คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำ (เช่น sucrose starchyose)

โปรตีน พบว่าเป็นโปรตีนจากพืชเพียงชนิดเดียวที่มีคุณสมบัติเหมือนโปรตีนจากเนื้อสัตว์ มีกรด aminoacid ที่สำคัญ 9 ชนิด

ไขมัน ไขมันจากถั่วเหลืองมีกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย มีวิตามินอีสูงส่วนประกอบของไขมันได้แก่ ไขมันไม่อิ่มตัว (polyunsaturated fat) อยู่ร้อยละ 63 ไขมันอิ่มตัว (saturated fat) ร้อยละ 15 ไขมันไม่อิ่มตัวชนิดเดียว (monounsaturated) 24 % และยังมีกรด linoleic acid ซึ่งเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อมนุษย์

การปลูกถั่วเหลืองในประเทศไทย ไม่มีหลักฐานว่าเริ่มปลูกถั่วเหลืองครั้งแรกเมื่อใด แต่เชื่อกันว่าชาวจีนที่อพยพมาได้นำถั่วเหลืองเข้ามาด้วยเมื่อกว่า 200 ปีที่แล้ว ได้มีการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองอย่างจริงจังตั้งแต่ปี พ.ศ. 2503 ทำให้มีถั่วเหลืองพันธุ์ดีเป็นจำนวนมาก ปัจจุบันการผลิตถั่ว

เหลืองในประเทศยังไม่เพียงพอต่อความต้องการ และทำให้ต้องมีการนำเข้าถั่วเหลืองจากต่างประเทศ การปลูกถั่วเหลืองปัจจุบันมีอยู่ประมาณ 10 พันธุ์ ปรับปรุงโดยกรมวิชาการเกษตร คือ สจ.4 สจ.5 สุโขทัย 1 สุโขทัย 2 สุโขทัย 3 นครสวรรค์ 1 เชียงใหม่ 60 เชียงใหม่ 2 เชียงใหม่ 3 เชียงใหม่ 4 ถั่วเหลืองที่ สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร ได้ดำเนินการพัฒนาและปรับปรุง พันธุ์ถั่วเหลืองขึ้นมาใหม่ คือ “พันธุ์ศรีลำไย 1” ซึ่งให้ผลผลิตสูง มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น ทั้งยังสามารถต้านทานโรคน้ำค้างได้ดี สำหรับพันธุ์ สจ.4 สจ.5 และ เชียงใหม่ 60 เป็นพันธุ์ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด ในประเทศไทยสามารถปลูกถั่วเหลืองได้ทั้งปี ปีละ 3 ฤดู การปลูกอาจต้องปรับสภาพดินให้เหมาะสมก่อน pH ประมาณ 5.5 - 6.5 และเตรียมเมล็ดโดยการคลุกเชื้อไรโซเบียม การคลุกเชื้อไรโซเบียมต้องใช้เชื้อที่ใช้กับถั่วเหลืองเท่านั้น ถั่วเหลืองต้องการน้ำประมาณ 300-400 มิลลิลิตรตลอดฤดูปลูก ช่วงที่สำคัญที่ไม่ควรขาดน้ำคือช่วงการงอกและช่วงออกดอก อายุการเก็บเกี่ยวของถั่วเหลืองจะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ซึ่งอยู่ในช่วงประมาณ 60-110 วัน (อภิพรณ, 2546)

เมล็ดถั่วเหลือง เป็นอาหารแหล่งโปรตีนที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้ดี เพราะมีโปรตีนสูงถึง 34 เปอร์เซ็นต์ และเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพสูงมีกรดอะมิโนจำเป็น (Essential amino acid) หลายชนิด แต่มี Cystine และ Methionine ในระดับต่ำ มีฟอสฟอรัสสูง แต่มีแคลเซียม และวิตามินบีต่ำ การใช้เมล็ดถั่วเหลืองดิบเลี้ยงสัตว์ จะทำให้สัตว์ได้รับประโยชน์จากโปรตีนไม่เต็มที่ มีการเจริญเติบโตช้า หรือชะงักการเจริญเติบโต เพราะเมล็ดถั่วเหลืองดิบมีสารยับยั้งการใช้ประโยชน์จากโปรตีน (Trypsin Inhibitor) นอกจากนี้ ยังมีเอนไซม์ยูรีเอส (Urease enzyme) ซึ่งจะย่อยโปรตีนในเมล็ดถั่วเหลืองให้สลายไปเรื่อยๆ ทำให้ปริมาณ และคุณภาพของโปรตีนลดลงในขณะที่เก็บรักษาไว้ แต่สารทั้ง 2 ชนิดนี้ถูกทำลายได้ง่ายด้วยความร้อน ดังนั้น ในการนำเมล็ดถั่วเหลืองไปเลี้ยงสัตว์ จึงควรนำไปทำให้สุกหรือผ่านความร้อนเสียก่อน เพื่อเป็นการลดปริมาณสาร Trypsin Inhibitor และเอนไซม์ยูรีเอส เมล็ดถั่วเหลืองที่นำมาใช้ผสมในอาหารสัตว์มี 2 ชนิดคือ

1. กากถั่วเหลือง (Soybean meal) เป็นผลิตภัณฑ์ได้จากอุตสาหกรรมน้ำมันพืช โดยปริมาณโปรตีนของกากถั่วเหลืองจะขึ้นอยู่กับวิธีการสกัด น้ำมัน และขนาดของเมล็ด
2. ถั่วเหลืองเอ็กซ์ทรูด หรือถั่วเหลืองไขมันเต็ม (Extruded soybean หรือ Full fat soybean) เป็นถั่วเหลืองที่ได้จากการนำเมล็ดถั่วเหลืองไปทำให้สุก โดยไม่มีการสกัดน้ำมันออก

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของวิตามินซีที่เสริมในอาหารเม็ดในด้านอัตราการเจริญเติบโต อัตรารอด การทนต่อการเกิดโรค เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตอาหารเม็ดที่มีคุณภาพเหมาะสมสำหรับเลี้ยงปลานิลเชิงพาณิชย์
2. เพื่อศึกษาผลของการทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองต่อการเจริญเติบโตของลูกปลานิลในระยะเริ่มกินอาหารเม็ดได้และในปลานิลอายุ 1 ปีขึ้นไป เพื่อเป็นแนวทางการลดต้นทุนอาหาร
3. เพื่อศึกษาต้นทุนและผลผลิตในการเลี้ยงปลานิลในประมง

วัน เวลา และสถานที่ทำการวิจัย

1. ระยะเวลาที่ทำการวิจัย ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2549 ถึงเดือนกันยายน 2551 รวมเวลาวิจัย 2 ปี
2. สถานที่ทำการวิจัย คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การทดลองที่ 1 (ปีงบประมาณ 2550) การศึกษาผลของวิตามินซีต่อการเจริญเติบโต อัตรารอด และการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันโรคของปลาปัก

1. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง (Treatment) ตามปริมาณวิตามินซี (L (+)-Ascorbic acid Calcium salt dihydrate, Sigma, USA) ที่เสริมลงในอาหารระดับต่าง ๆ กัน แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ไม่เสริมวิตามินซี (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 เสริมวิตามินซีปริมาณ 250 มก. ต่ออาหาร 1 กก.

ชุดการทดลองที่ 3 เสริมวิตามินซีปริมาณ 500 มก. ต่ออาหาร 1 กก.

ชุดการทดลองที่ 4 เสริมวิตามินซีปริมาณ 750 มก. ต่ออาหาร 1 กก.

ระยะเวลาการทดลอง 213 วัน

2. การเตรียมบ่อและกระชังทดลอง

ใช้บ่อดินขนาดพื้นที่ 1,000 ตารางเมตร ของคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยทำการขึงกระชังอวน PE (Polyethylene) ขนาดตาอวน 2 เซนติเมตร ขนาดกระชัง คือ $2.4 \times 3 \times 1.5$ เมตร (กว้าง $\times$ ยาว $\times$ ลึก) และใช้วัสดุไม้ไผ่เป็นวัสดุผูกกระชัง ให้กันกระชังอยู่เหนือระดับพื้นบ่ออย่างน้อย 0.5 เมตร และรักษาระดับให้ขอบด้านบนของกระชังอยู่เหนือผิวน้ำ 0.4 เมตร เพื่อให้มีส่วนของกระชังแช่อยู่ในน้ำ 1.1 เมตร ตลอดการทดลอง จำนวน 12 กระชัง

3. การเตรียมสัตว์ทดลอง

ปลาปักจากฟาร์มเพาะเลี้ยงเอกชนในจังหวัดเชียงใหม่ ขนาดความยาวประมาณ 20 ± 0.01 ซม. น้ำหนักประมาณ 60 ± 0.01 กรัม (อายุประมาณ 5 เดือน) นำปลาปักมาพักให้ปรับตัวในกระชังเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ทำการชั่งน้ำหนักและวัดขนาดความยาวของปลาปักทั้งหมด ก่อนปล่อยเลี้ยงในกระชังอวน PE (Polyethylene) ขนาด $2.4 \times 3 \times 1.5$ เมตร (กว้าง $\times$ ยาว $\times$ ลึก) โดยปล่อยปลาปักในอัตราความหนาแน่น 3 ตัว/ตารางเมตร กระชังละ 30 ตัว จำนวน 12 กระชัง

4. อาหารและการให้อาหาร

อาหารที่ใช้ในการทดลองเป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูปลอยน้ำสำหรับปลาขนาดกลาง โปรตีนไม่ต่ำกว่า 30% นำมาเสริมวิตามินซี (L (+)-Ascorbic acid calcium salt dihydrate,

Sigma, USA) ลงในอาหารระดับต่าง ๆ กัน คือ 0, 250, 500 และ 750 มก.ต่ออาหาร 1 กก. โดยละลายวิตามินซีปริมาณดังกล่าวในน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร สเปรย์ลงในอาหารผสมให้ทั่ว แล้วเคลือบเม็ดอาหารด้วยแป้งอัลฟา (Alpha starch) 10 กรัม ต่ออาหาร 1 กก. เพื่อป้องกันการละลายน้ำ จากนั้นจึงลมนให้แห้งและเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำอาหารทดลองไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการตามวิธีการมาตรฐานของ AOAC (1984) ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง เวลา 09.00 – 10.00 น. และ 15.00 – 16.00 น. ในอัตรา 3 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวต่อวัน พร้อมปรับปริมาณอาหารให้สอดคล้องกับน้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้นทุก 30 วัน

ตาราง 1 พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์หองค์ประกอบของสารอาหาร

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์/เครื่องมือ
ความชื้น (Moisture)	โดยการอบแห้งที่ 105 °ซ นาน 2 ชม. ตามวิธีการของ AOAC (1984)
เถ้า (Ash)	โดยการเผาใน muffle furnace 550 °ซ นาน 2 ชม.
โปรตีน (Protein)	โดย micro-Kjeldahl
ไขมัน (Lipid)	โดยวิธี dichloromethane extraction ตาม Soxhlet method
เยื่อใย (Fiber)	โดยวิธี fritted glass crucible

5. การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ

วิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำระหว่างการทดลองทุกๆ 30 วัน เพื่อศึกษาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังตาราง 2

ตาราง 2 พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์/เครื่องมือ
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolve Oxygen)	DO meter (YSI model 59)
อุณหภูมิ (Temperature)	DO meter (YSI model 59)
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	pH-meter (HI 9812)
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	วิธีฟีนอล (Phenol Method)
ไนโตรท์-ไนโตรเจน	วิธี Coupling Method

6. การวิเคราะห์ข้อมูลด้านการเจริญเติบโตและต้นทุนการผลิต

ชั่งน้ำหนักและวัดขนาดของปลาบิกทั้งหมดทุก 30 วัน ในแต่ละชุดการทดลอง ตลอดระยะเวลา 7 เดือน โดยชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งหน่วยเป็นกรัม และวัดขนาดความยาวของลำตัว

ด้วยไม้บรรทัดหน่วยเป็นเซนติเมตร เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการคำนวณอัตราการเจริญเติบโตของปลาปิกดังนี้

1. น้ำหนักเพิ่ม (กรัม/ตัว) = น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักปลาเริ่มต้น
2. ความยาวเพิ่ม (ซม./ตัว) = ความยาวปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – ความยาวปลาเริ่มต้น

3. อัตราเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate, SGR ; เปอร์เซ็นต์/วัน)

$$SGR = \frac{\ln \text{ น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{ น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลาเลี้ยง(วัน)}} \times 100$$

4. อัตราการรอดตาย (Survival Rate, เปอร์เซ็นต์)

$$\text{อัตราการรอดตาย} = \frac{\text{จำนวนปลาที่สิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนปลาที่เริ่มต้นการทดลอง}} \times 100$$

5. อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Food Conversion Ratio, FCR)

$$FCR = \frac{\text{จำนวนน้ำหนักอาหารแห้งที่ปลากิน}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}$$

6. ผลผลิต (กิโลกรัม/กระชัง)

$$\text{ผลผลิต} = \text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลองในแต่ละกระชัง (Total Biomass)}$$

7. ต้นทุนผลผลิตต่อปลา 1 กิโลกรัม (บาท)

$$\text{ต้นทุนผลผลิต} = \text{ต้นทุนค่าอาหารปลา} + \text{ต้นทุนค่าวิตามินซี}$$

8. อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost ratio หรือ B/C ratio

$$B/C \text{ ratio} = \frac{\text{มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน}}{\text{มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย}}$$

หรือ

$$B/C \text{ ratio} = \frac{\text{ราคาปลาต่อ กก.}}{\text{ต้นทุนการผลิตปลาต่อ กก.}}$$

อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost ratio หรือ B/C ratio)

เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน กับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายในโครงการ

- ถ้า B/C ratio มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าโครงการให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับที่ลงทุนไป
- แต่ถ้าค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่า ผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการไม่คุ้มกับเงินลงทุนที่เสียไป

7. การเก็บและศึกษาองค์ประกอบเลือด (Fish Hematological Techniques)

สุ่มตัวอย่างปลา 10 เปอร์เซ็นต์ในแต่ละชุดการทดลองมาทดสอบการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันโรค โดยนำปลาปิกมาทำการสลบด้วยยาสลบ Tricaine methanesulfonate (TMS หรือ MS-222, Sigma, USA) เข้มข้นประมาณ 150 มิลลิกรัม/ลิตร ทำการชั่งน้ำหนัก วัดขนาด และเจาะ

เลือดที่ caudal vein ซึ่งอยู่บริเวณโคนหางของปลา โดยใช้หลอดฉีดยาพลาสติกขนาด 1 มิลลิลิตร เข็มเบอร์ 26G เก็บเลือดประมาณ 0.5 มิลลิลิตร นำเลือดที่ได้ไปแยกซีรัมและทำการศึกษารูปประกอบเลือดต่างๆ ดังนี้

1. การศึกษาสัณฐานวิทยาของเม็ดเลือด (Morphology of blood cells)

ใช้เทคนิคการย้อมสีด้วยวิธี Dip Quick ด้วยชุดน้ำยา Wright instant stain set (BIO-MEDICAL LABORATORY, BANGKOK) โดยนำเลือดปลาหยดลงบนสไลด์ และเกลี่ยเลือดให้เป็นฟิล์มบางๆ (blood smear) แล้วทิ้งให้แห้ง จุ่มสไลด์ลงใน Fixative Solution ที่ใส่ใน Coplin jar 5 ครั้งๆ ละ 1 วินาที และจุ่มสไลด์ลงใน Wright stain A 5 ครั้งๆ ละ 1 วินาที แล้วจุ่มสไลด์ลงใน Wright stain B 5 ครั้งๆ ละ 1 วินาที ล้างสไลด์ด้วยน้ำกลั่น ทิ้งไว้ให้แห้ง ทำการศึกษารูปร่างลักษณะและการติดสีของเซลล์เม็ดเลือด เพื่อจำแนกชนิดของเซลล์เม็ดเลือดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยเลือกบริเวณของ blood smear ที่บางที่สุด และหยด mineral oil เพื่อส่องดูด้วยเลนส์วัตถุกำลังขยาย 100 เท่า แล้วถ่ายภาพด้วยชุดกล้องถ่ายภาพจุลทรรศน์แสงสว่าง (Nikon ECLIPSE E100, JAPAN)

2. ค่าฮีมาโตคริต (Hematocrit)

การวัดปริมาตรของเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (Packed red blood cell volume) หรือฮีมาโตคริตในปลา โดยทั่วไปจะใช้วิธี microhematocrit method ซึ่งจะเป็นการบรรจุเลือดปลาเข้าไปในหลอด capillary ขนาดเล็กที่มีการเคลือบสารป้องกันการแข็งตัวของเลือด (heparinised) ไว้ที่ผิวด้านใน ปริมาณ 2/3 ของความยาวหลอด แล้วปิดปลายด้านหนึ่งของหลอดด้วยดินน้ำมัน นำหลอดไปปั่นตกตะกอนที่ความเร็วประมาณ 10,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 5 นาที คำนวณเปอร์เซ็นต์ฮีมาโตคริตโดยวัดสัดส่วนของเม็ดเลือดแดงอัดแน่นต่อปริมาตรของเลือดทั้งหมด

$$\text{Percent hematocrit} = (\text{Packed cell volume} / \text{Total blood volume}) \times 100$$

3. ปริมาณเม็ดเลือดแดงและเม็ดเลือดขาวทั้งหมด (Total erythrocyte/leucocyte count)

การนับปริมาณเม็ดเลือดแดงโดยการเจือจางเลือดปลาในสารป้องกันการแข็งตัวของเลือด 5% EDTA ในอัตราส่วน 1:250 (ใช้เลือดปลาปริมาตร 20 ไมโครลิตร ผสมกับ EDTA ปริมาตร 4,980 ไมโครลิตร) และการนับเม็ดเลือดขาวจะเจือจางเลือดปลาในสารละลายของสีย้อม Dacie's fluid ในอัตราส่วน 1:100 (ใช้เลือดปลาปริมาตร 20 ไมโครลิตร ผสมกับสีย้อมปริมาตร 1,980 ไมโครลิตร) แล้วนับจำนวนโดยใช้สไลด์นับเม็ดเลือด (Neubauer cell counting chamber หรือ Haemocytometer) ปริมาณเม็ดเลือดแดงทั้งหมด จะได้จากการนับปริมาณเม็ดเลือดแดงที่

ปรากฏในช่องสี่เหลี่ยมเล็กทั้งสี่มุมรวมกับช่องตรงกลาง (R) ของช่องสี่เหลี่ยมใหญ่กลางสไลด์นับเม็ดเลือด ส่วนปริมาณเม็ดเลือดขาว จะนับปริมาณของเม็ดเลือดขาวที่ปรากฏในช่องสี่เหลี่ยมใหญ่ (W) ทั้งสี่มุม แล้วคำนวณเทียบกับปริมาตรของเลือดทั้งหมดในสไลด์นับเม็ดเลือด และสัดส่วนการเจือจาง (dilution factor) (นพดล, 2549)

ปริมาณเม็ดเลือดขาวทั้งหมด (เซลล์/มล.) = ค่าเฉลี่ยเม็ดเลือดขาวในช่อง A B C D $\times 10^4$

ปริมาณเม็ดเลือดแดงทั้งหมด (เซลล์/มล.) = ค่าเฉลี่ยเม็ดเลือดแดง 5 ช่อง $\times 1/4 \times 10^6$

4. วิเคราะห์ระดับกลูโคสในน้ำเลือด (Serum glucose)

ใช้วิธีการของ Hyvarinen and Nikkila (1962) โดยเติมซีรัมตัวอย่างปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงในหลอดที่บรรจุ 1 มิลลิลิตร ของ 3% Trichloroacetic acid ผสมให้เข้ากัน วางทิ้งไว้ 2 – 3 นาที นำไปปั่นตกตะกอนที่ความเร็ว 6500 รอบต่อนาที 2 นาที ดูดส่วนใส (supernatant) มา 500 ไมโครลิตร ผสมกับ color reagent 4.5 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 7 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (OD) ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร โดยใช้สารละลาย Trichloroacetic acid 500 ไมโครลิตร ผสมกับ color reagent 4.5 มิลลิลิตร เป็น Blank คำนวณความเข้มข้นของกลูโคสในตัวอย่าง โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของกลูโคส

Serum (mg%) = OD sample / OD standard $\times$ glucose conc. of standard

5. วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในน้ำเลือด (Serum protein)

ใช้วิธี Lowry method (Lowry *et al.*, 1951) โดยเติมซีรัมตัวอย่างปริมาตร 5 ไมโครลิตร ลงในหลอดที่บรรจุน้ำกลั่น 245 ไมโครลิตร (เจือจาง 50 เท่า) ดูดซีรัมตัวอย่าง 100 ไมโครลิตรใส่ในหลอดทดลอง เติม Lowry stock reagent หลอดละ 1 มิลลิลิตร ผสมเข้าให้กันทิ้งไว้ 30 นาที และเติม Folin reagent หลอดละ 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 30 นาที ดูดตัวอย่างละ 250 ไมโครลิตร ใส่ลงในภาชนะขนาดเล็ก (96-well plate) ตัวอย่างละ 2 ขั้ว นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate Reader ทำ Blank โดยเติมสารละลาย 0.1 โมลาร์ Sodium phosphate buffer saline (PBS) ผสมกับ Bovine serum albumin (BSA) ตามสัดส่วนให้ได้ปริมาตร 100 ไมโครลิตร เติมสาร เช่นเดียวกับตัวอย่างเป็น Blank คำนวณความเข้มข้นของโปรตีนในตัวอย่าง โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของโปรตีน (Standard Bovine Serum Albumin)

Serum protein ($\mu\text{g/ml}$) = OD sample / OD standard $\times$ conc. of standard albumin

6. วิเคราะห์ปริมาณไลโซไซม์ในน้ำเลือด (Serum lysozyme)

วิธีการดัดแปลงมาจาก Puangkaew *et al.* (2004) โดยเติมสารละลายแบคทีเรีย *Micrococcus lysodeikticus* (Sigma, USA) ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร (ในสารละลาย PBS 1 โมลาร์ pH 6.7) จำนวน 100 ไมโครลิตร ลงในภาดหลุมขนาดเล็ก (96-well plate) ตามจำนวนตัวอย่าง ๆ ละ 2 ซ้ำพร้อมด้วยชุดควบคุมลบ แล้วเติมซีรัมตัวอย่างละ 25 ไมโครลิตร (ยกเว้นชุดควบคุมให้ใส่น้ำกลั่นแทน) ผสมให้เข้ากัน นำไปวัดความสามารถของไลโซไซม์ในซีรัมในการย่อยสลายเชื้อแบคทีเรีย โดยสังเกตจากความขุ่นของเซลล์แบคทีเรียที่ลดลง ทุก 5 นาที ที่ความยาวคลื่นแสง 450 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate Reader

8. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (One – ways ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey 's New Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ และวิเคราะห์ Correlation หาความสัมพันธ์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for window version 11.5

การทดลองที่ 2 (ปีงบประมาณ 2551) การทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองเพื่อช่วยเร่งการเจริญเติบโตและลดต้นทุนค่าอาหารสำหรับเลี้ยงปลานิล

1. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง (Treatment)

ชุดการทดลองที่ 1 ไม่ผสมถั่วเหลือง (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 ใช้ถั่วเหลืองทดแทนปลาป่น 15%

ชุดการทดลองที่ 3 ใช้ถั่วเหลืองทดแทนปลาป่น 30%

ชุดการทดลองที่ 4 ใช้ถั่วเหลืองทดแทนปลาป่น 45%

ระยะเวลาการทดลอง 130 วัน

2. การเตรียมบ่อทดลอง

ใช้บ่อดินขนาดพื้นที่ประมาณ 1,000 ตารางเมตร ของคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ กันคอกด้วยตาข่าย PVC (สีเขียวตอง) ขนาดพื้นที่คอกละประมาณ 50 ตารางเมตร แบ่งออกเป็น 4 คอกในบ่อดิน 1 บ่อ

3. การเตรียมสัตว์ทดลอง

ปลาบึกจากฟาร์มเพาะเลี้ยงเอกชนในจังหวัดเชียงใหม่ ขนาดความยาวประมาณ 40 ± 0.01 ซม. น้ำหนักประมาณ 550 ± 0.01 กรัม (อายุประมาณ 1 ปี) นำปลาบึกมาพักให้ปรับตัวในกระชังเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ทำการชั่งน้ำหนักและวัดขนาดความยาวของปลาบึกทั้งหมด ก่อนปล่อยเลี้ยงในคอก โดยปล่อยปลาบึก 3 ตัว ต่อ 2 ตารางเมตร ดังนั้นจะปล่อยปลาบึกจำนวน 75 ตัว/คอก จำนวน 4 คอก

4. อาหารและการให้อาหาร

ตาราง 3 สูตรอาหารเม็ดสำหรับเลี้ยงปลาบึกโปรตีนไม่ต่ำกว่า 25% โดยมีสัดส่วนของอาหารดังนี้

วัตถุดิบ	% โปรตีน	สัดส่วนที่ใช้ (%)
ปลาป่น	58	18
ถั่วเหลือง	40	-
กากถั่วเหลือง	44	22
รำข้าว	11	42
ปลายข้าว	7	17
ฟรีมิกซ์	0	1

ตาราง 4 สูตรอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองที่ใช้ทดลองมีสัดส่วนของอาหารดังนี้

วัตถุดิบ	% สัดส่วนที่ใช้			
	สูตร 1 ไม่ผสมถั่วเหลือง	สูตร 2 ถั่วเหลือง 15%	สูตร 3 ถั่วเหลือง 30%	สูตร 4 ถั่วเหลือง 45%
ปลาป่น	18.00	15.30	12.60	9.90
ถั่วเหลือง	0	2.70	5.40	8.10
กากถั่วเหลือง	22.00	22.00	22.00	22.00
รำข้าว	42.00	42.00	42.00	42.00
ปลายข้าว	17.00	17.00	17.00	17.00
ฟรีมิกซ์	1.00	1.00	1.00	1.00
รวม (กก.)	100	100	100	100

นำอาหารทดลองไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการตามวิธีการมาตรฐานของ AOAC (1984) ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง เวลา 09.00 – 10.00 น. และ 15.00 – 16.00 น. ในอัตรา 3 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวต่อวัน พร้อมปรับปริมาณอาหารให้สอดคล้องกับน้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้นทุก 30 วัน

5. การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล

ทุกๆ 30 วัน ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ เพื่อศึกษาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ พร้อมทั้งสุ่มตัวอย่างปลา 50% ของปลาแต่ละคอก ชั่งน้ำหนักและวัดความยาว เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (4 เดือน) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้านการเจริญเติบโตและต้นทุนการผลิตเหมือนการทดลองที่ 1 แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (One – ways ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey 's New Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และวิเคราะห์ Correlation หาความสัมพันธ์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for window version 11.5

ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 (ปีงบประมาณ 2550) การศึกษาผลของวิตามินซีต่อการเจริญเติบโต อัตรารอด และการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันโรคของปลาบึก

ตาราง 5 Proximate composition (% Mean $\pm$ Std. Deviation) ของสูตรอาหารที่ใช้ในการทดลองที่ 1

ระดับ วิตามินซี (มก./กก.)	% ความชื้น	% as dry weight				
		เถ้า	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	คาร์โบไฮเดรต
0	7.54 $\pm$ 0.12	13.78 $\pm$ 0.39	32.02 $\pm$ 0.10	6.36 $\pm$ 0.17	5.96 $\pm$ 0.41	41.88 $\pm$ 0.53
250	17.39 $\pm$ 0.23	13.88 $\pm$ 0.20	29.99 $\pm$ 0.53	6.04 $\pm$ 0.03	5.91 $\pm$ 1.25	44.17 $\pm$ 0.95
500	17.39 $\pm$ 0.25	13.49 $\pm$ 0.08	31.66 $\pm$ 1.68	6.34 $\pm$ 0.06	7.37 $\pm$ 0.32	41.14 $\pm$ 1.33
750	22.38 $\pm$ 0.26	13.54 $\pm$ 0.01	29.96 $\pm$ 1.04	5.40 $\pm$ 0.44	6.19 $\pm$ 0.40	44.91 $\pm$ 1.88

1. ผลวิเคราะห์การเจริญเติบโตและต้นทุนการผลิต

พบว่า ปลาบึกกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 250, 500 และ 750 มก. ต่ออาหาร 1 กก. มีน้ำหนักสิ้นสุด น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการแลกเนื้อ (FCR) และผลผลิต (Total Biomass) ต่ำกว่า ปลาบึกกลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) ระหว่างปลาบึกในกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับความเข้มข้นต่างกัน ส่วนความยาวที่เพิ่มขึ้นของปลาบึกในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) พบว่าปลาบึกกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 500 มก. ต่ออาหาร 1 กก. มีความยาวสิ้นสุดเฉลี่ยมากที่สุด (34.88 ± 1.16 ซม.ต่อตัว) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับปลาบึกกลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี

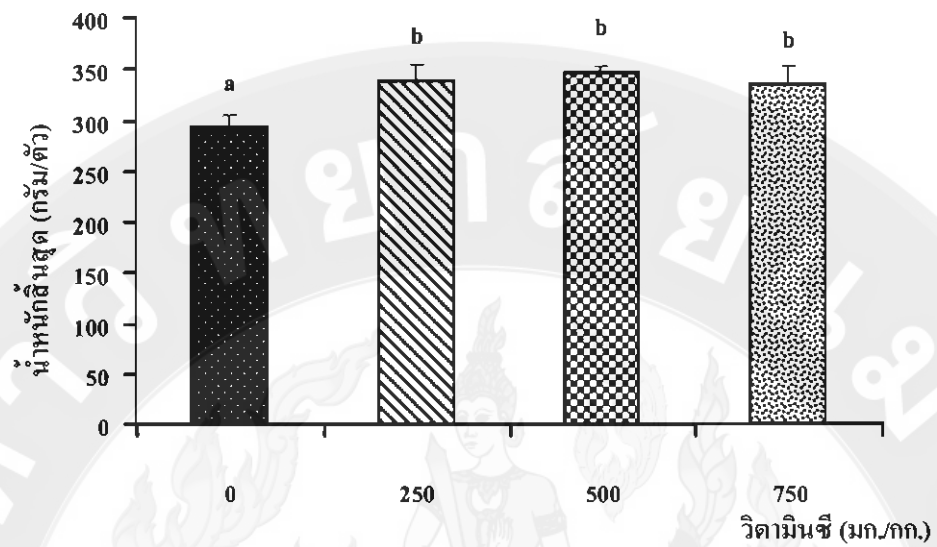
ส่วนอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 250 และ 500 มก. ต่ออาหาร 1 กก. มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับปลาบึกกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 750 มก. ต่ออาหาร 1 กก. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ส่วนอัตราการรอดตาย พบว่าการเสริมวิตามินซีลงในอาหารทดลองไม่มีผลต่ออัตราการรอดตายของปลาบึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 6)

ตาราง 6 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและต้นทุนของการเลี้ยงปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกันเป็นเวลา 213 วัน

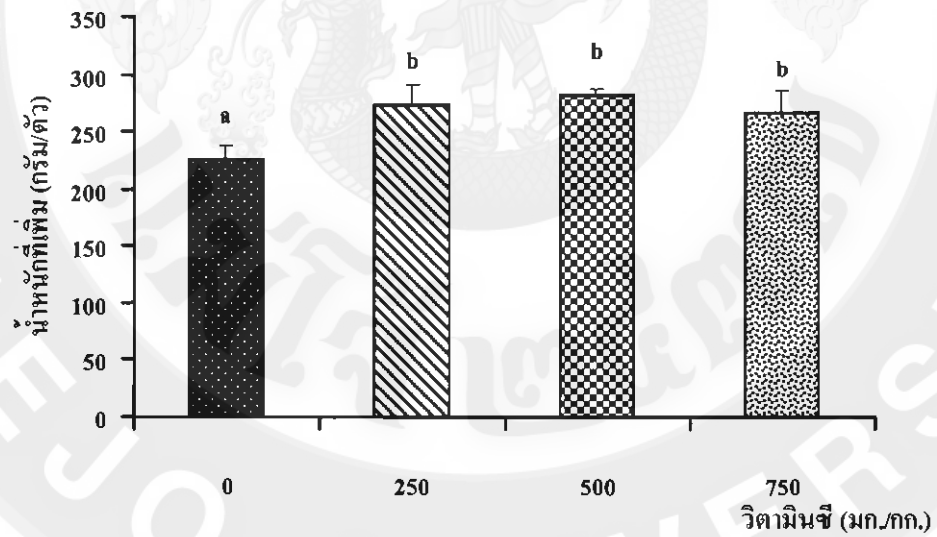
พารามิเตอร์	ระดับวิตามินซีที่เสริมในอาหาร (มก./กก.)				P - value
	0	250	500	750	
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม/ตัว)	68.11 ± 2.11	65.00 ± 2.34	66.56 ± 2.22	67.56 ± 1.02	0.310
น้ำหนักสิ้นสุด (กรัม/ตัว)	294.00 ± 11.46 ^a	337.78 ± 17.53 ^b	347.44 ± 5.54 ^b	334.00 ± 18.10 ^b	0.008
น้ำหนักที่เพิ่ม (กรัม/ตัว)	225.89 ± 11.97 ^a	272.78 ± 18.46 ^b	280.89 ± 5.55 ^b	266.45 ± 19.00 ^b	0.008
ความยาวเริ่มต้น (ซม./ตัว)	22.89 ± 0.54	21.95 ± 1.21	22.06 ± 0.41	22.01 ± 0.84	0.479
ความยาวสิ้นสุด (ซม./ตัว)	32.90 ± 0.34 ^a	33.43 ± 0.44 ^{ab}	34.88 ± 1.16 ^b	34.57 ± 0.44 ^{ab}	0.023
ความยาวที่เพิ่ม (ซม./ตัว)	10.00 ± 0.24	11.48 ± 1.17	12.82 ± 1.51	12.55 ± 1.26	0.061
อัตราการเจริญเติบโต	0.69 ± 0.03 ^a	0.77 ± 0.03 ^b	0.77 ± 0.02 ^b	0.75 ± 0.03 ^{ab}	0.015
จำเพาะ (SGR, %/วัน)					
อัตราการแลกเนื้อ (FCR)	2.36 ± 0.29 ^a	1.58 ± 0.03 ^b	1.71 ± 0.09 ^b	1.69 ± 0.15 ^b	0.002
อัตราการรอดตาย (%)	100.00 ± 0.00	100.00 ± 0.00	100.00 ± 0.00	100.00 ± 0.00	-
ผลผลิต (กก./กระชัง)	8.82 ± 0.34 ^a	10.13 ± 0.53 ^b	10.42 ± 0.17 ^b	10.02 ± 0.54 ^b	0.008
ต้นทุนการผลิต ¹ (บาท/กก.)	53.18 ± 6.39 ^a	51.69 ± 0.91 ^a	73.15 ± 3.58 ^b	89.03 ± 7.79 ^c	0.000
B/C Ratio ²	1.90 ± 0.23 ^a	1.94 ± 0.03 ^a	1.37 ± 0.07 ^b	1.13 ± 0.10 ^b	0.000

หมายเหตุค่าเฉลี่ย ± SD ที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

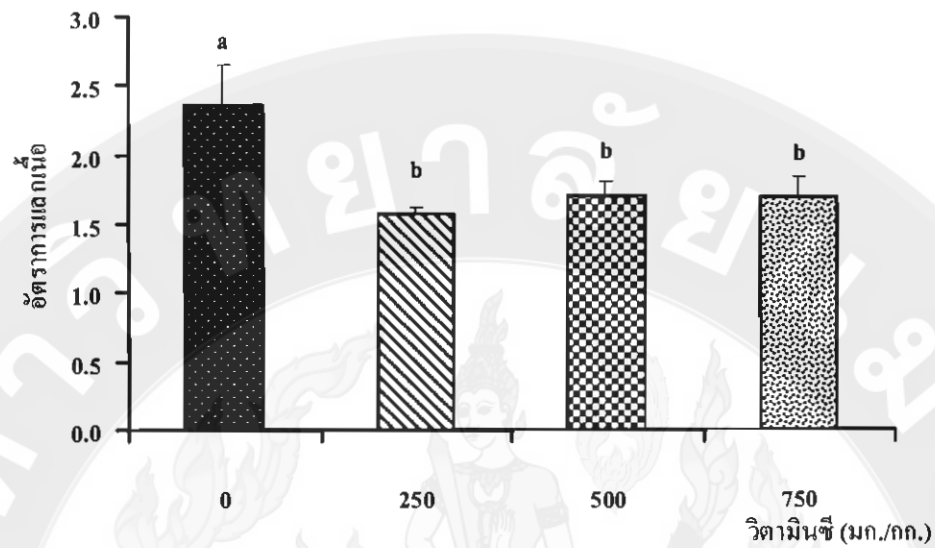
¹ ต้นทุนราคาอาหารปลาคุณภาพสำเร็จรูปขนาดกลาง 22.56 บาท/กิโลกรัม ราคาวิตามินซี (L-ascorbic acid) 40,450 บาท/กิโลกรัม ² อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio)



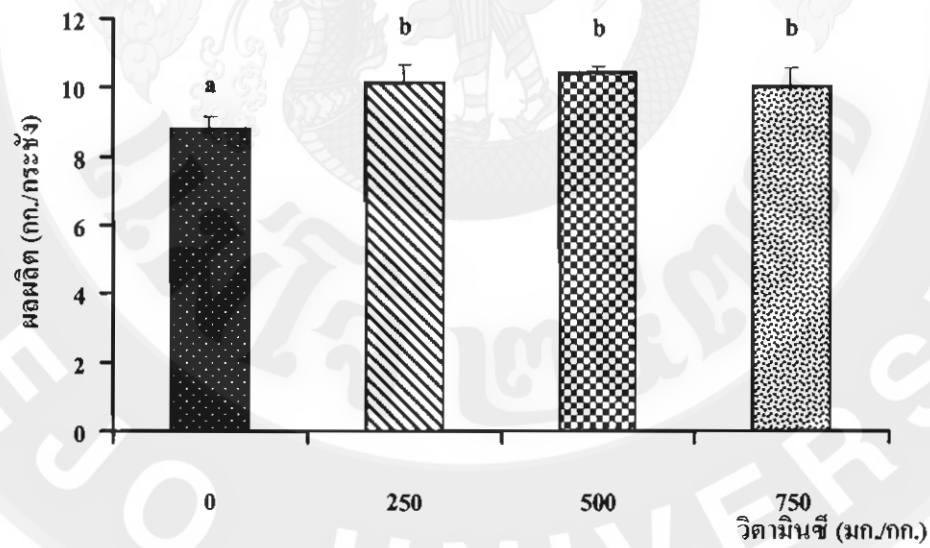
ภาพ 1 น้ำหนักสิ้นสุดของปลาบิกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน



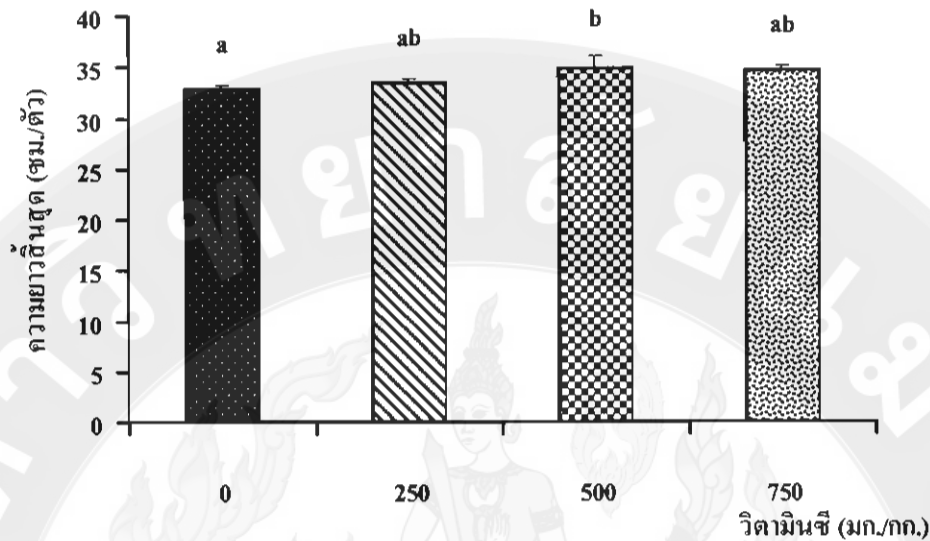
ภาพ 2 น้ำหนักที่เพิ่มของปลาบิกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน



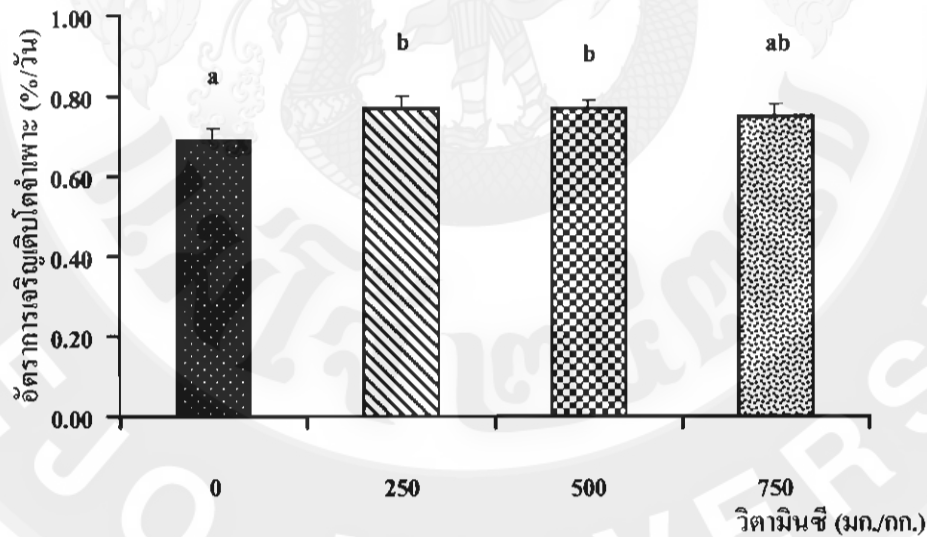
ภาพ 3 อัตราการแลกเนื้อของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน



ภาพ 4 ผลผลิตของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน



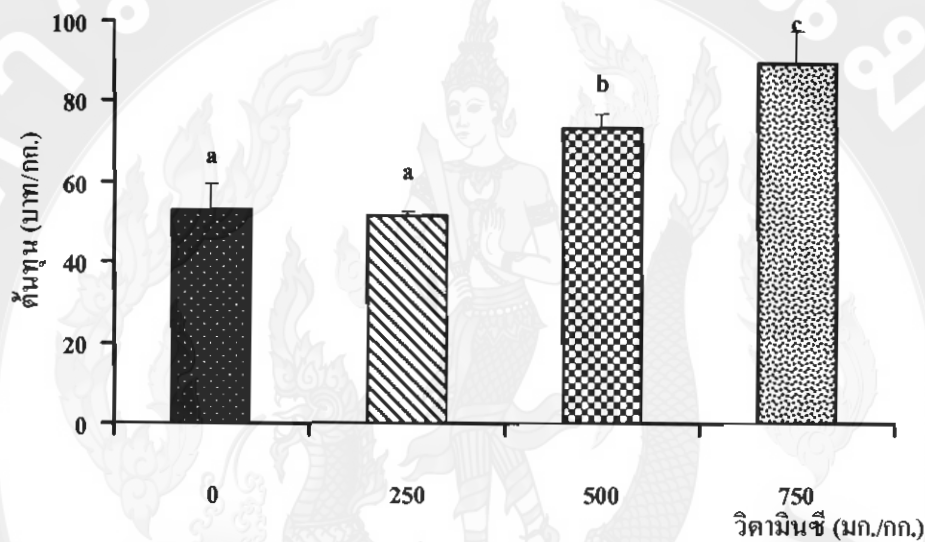
ภาพ 5 ความยาวสิ้นสุดของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน



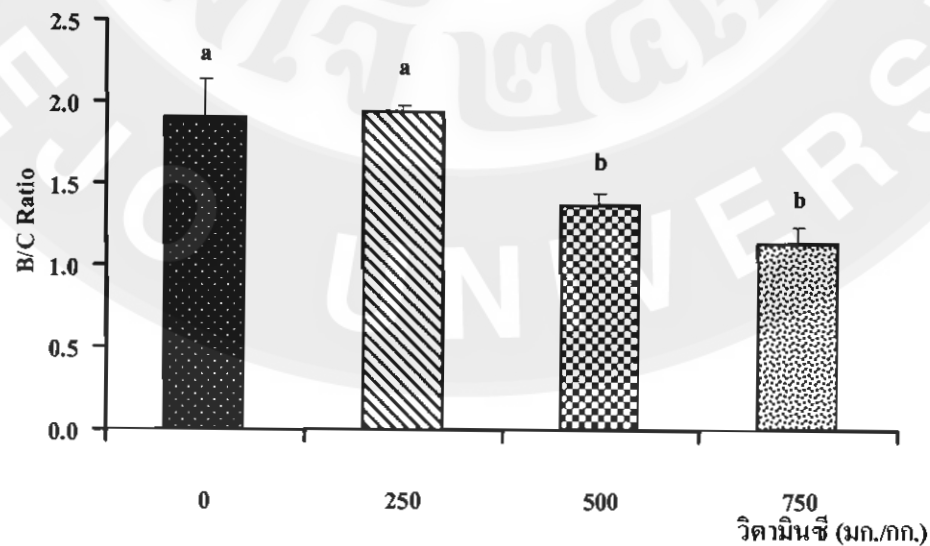
ภาพ 6 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน

ด้านต้นทุนการผลิต พบว่าต้นทุนการผลิตสูงสุด (89.03 ± 7.79 บาทต่อกก.) เมื่อเสริมวิตามินซี 750 มก. ต่ออาหาร 1 กก. แตกต่างจากกลุ่มทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าการเสริมวิตามินซีตั้งแต่ 500 มก. ต่ออาหาร 1 กก. ขึ้นไปทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) พบว่าในปลากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 250 มก. ต่ออาหาร 1 กก. มี

อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนมากที่สุดเท่ากับ 1.94 ± 0.03 แต่ไม่แตกต่างกับปลากลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี (1.90 ± 0.23) โดยมากกว่าปลากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 500 และ 750 มก.ต่ออาหาร 1 กก. (1.37 ± 0.07 และ 1.13 ± 0.10 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตาราง 6)



ภาพ 7 ต้นทุนการผลิตของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน



ภาพ 8 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) ของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน

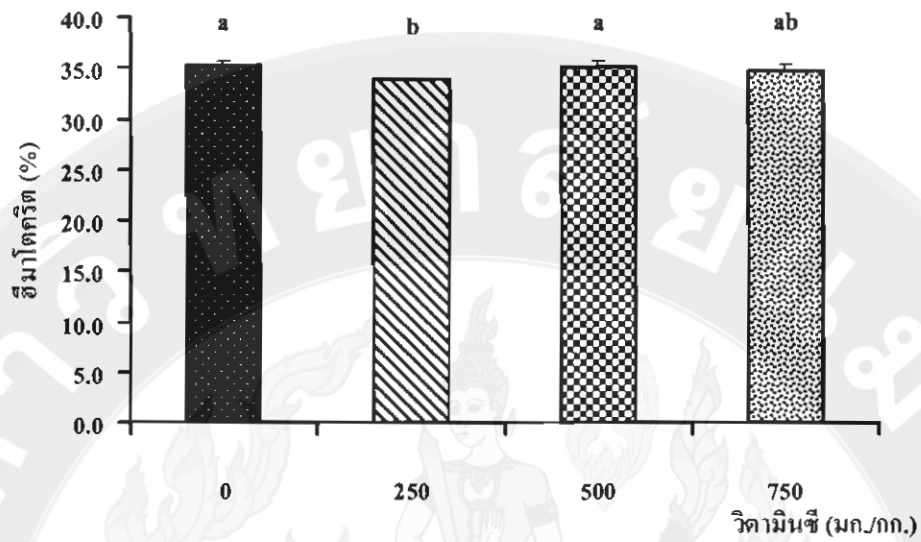
2. ผลวิเคราะห์องค์ประกอบเลือดที่แสดงการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันโรค

พบว่า ปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 250, 500 และ 750 มก. ต่ออาหาร 1 กก. ไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์ค่าฮีมาโตคริตในเลือดปลาบึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ปลากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 750 มก. ต่ออาหาร 1 กก. มีผลทำให้ปริมาณเม็ดเลือดแดงทั้งหมด และค่าซีรั่มกลูโคสในเลือดปลาบึกสูงขึ้นแตกต่างกับกลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าปลากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 250, 500 และ 750 มก. ต่ออาหาร 1 กก. ไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณเซลล์เม็ดเลือดขาว ค่าซีรั่มไลโซไซม์ และค่าซีรั่มโปรตีนในเลือดปลาบึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตาราง 7)

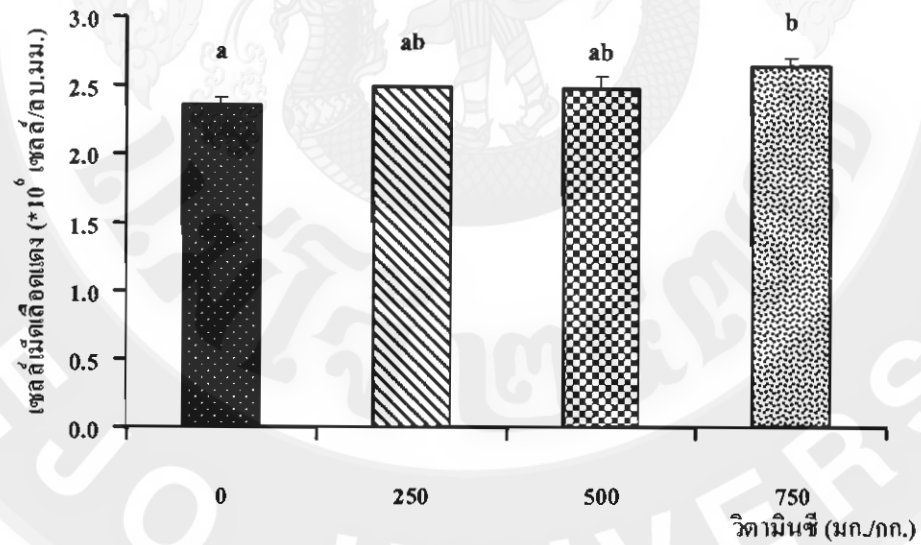
ตาราง 7 องค์ประกอบเลือดของการเลี้ยงปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน เป็นเวลา 213 วัน

พารามิเตอร์	ระดับวิตามินซีที่เสริมในอาหาร (มก./กก.)				P - value
	0	250	500	750	
ฮีมาโตคริต (%)	35.25 ± 0.34 ^a	33.91 ± 0.22 ^b	35.11 ± 0.55 ^a	34.70 ± 0.49 ^{ab}	0.018
เม็ดเลือดแดงทั้งหมด (× 10 ⁶ เซลล์/ลบ.มม.)	2.35 ± 0.06 ^a	2.49 ± 0.00 ^{ab}	2.47 ± 0.09 ^{ab}	2.61 ± 0.06 ^b	0.004
เม็ดเลือดขาวทั้งหมด (× 10 ⁴ เซลล์/ลบ.มม.)	10.17 ± 0.34	9.42 ± 0.36	9.62 ± 0.60	9.70 ± 0.68	0.391
ซีรั่มไลโซไซม์ (ยูนิต/นาที)	2.82 ± 0.73	2.89 ± 0.53	3.28 ± 0.49	3.06 ± 0.36	0.737
ซีรั่มโปรตีน (กรัม/เดซิลิตร)	3.81 ± 0.33	3.89 ± 0.24	3.75 ± 0.45	4.02 ± 0.03	0.653
ซีรั่มกลูโคส (มิลลิกรัม/เดซิลิตร)	0.68 ± 0.03 ^a	0.72 ± 0.02 ^{ab}	0.72 ± 0.03 ^{ab}	0.75 ± 0.03 ^b	0.050

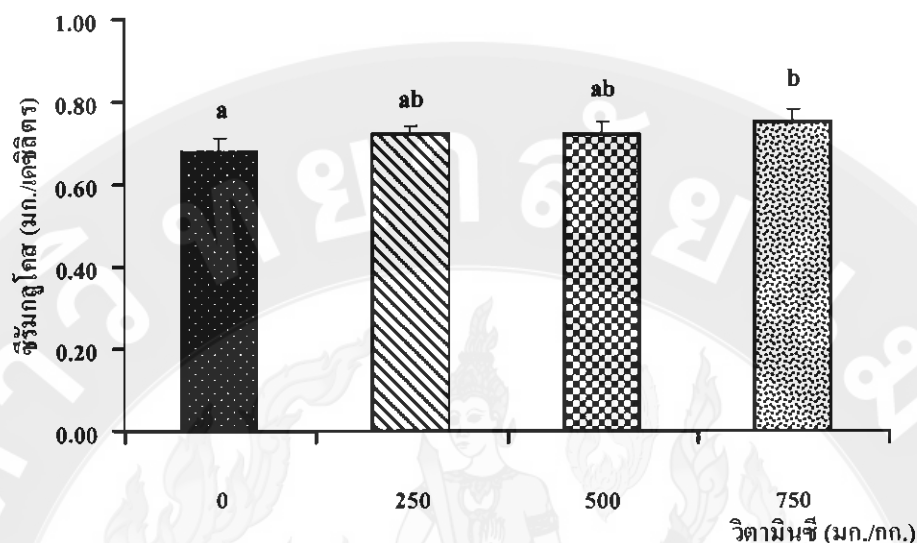
หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพ 9 ค่าสีมาโตคริตของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินอีในระดับที่ต่างกัน



ภาพ 10 ปริมาณเม็ดเลือดแดงทั้งหมดของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินอีในระดับที่ต่างกัน



ภาพ 11 ค่าโปรตีนรวมของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินบี12ในระดับที่ต่างกัน

3. ผลวิเคราะห์คุณภาพของน้ำ

คุณภาพน้ำในกระชังเลี้ยงปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินบี12ในระดับที่ต่างกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีค่าคุณภาพน้ำดังต่อไปนี้ อุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 25.63 – 25.73 องศาเซลเซียส pH ประมาณ 7.2 DO อยู่ในช่วง 4.73 – 4.84 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนียอยู่ในช่วง 0.875 – 1.164 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนโตรทอยู่ในช่วง 0.052 – 0.132 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตาราง 8)

ตาราง 8 คุณภาพน้ำในกระชังเลี้ยงปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินบี12ในระดับที่ต่างกัน

ระดับวิตามินบี12 (มก./กก.)	คุณภาพน้ำ				
	อุณหภูมิ (°C)	pH	DO (มก./ล.)	แอมโมเนีย (มก./ล.)	ไนโตรท (มก./ล.)
0	25.73±0.13	7.22±0.10	4.84±0.06	1.164±0.283	0.132±0.067
250	25.67±0.13	7.20±0.03	4.77±0.15	0.875±0.290	0.052±0.008
500	25.63±0.19	7.18±0.04	4.75±0.12	1.112±0.224	0.053±0.009
750	25.71±0.08	7.19±0.04	4.73±0.18	1.026±0.123	0.078±0.026
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (P - value)	0.775	0.832	0.749	0.511	0.085

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95

การทดลองที่ 2 (ปีงบประมาณ 2551) การทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองเพื่อช่วยเร่งการเจริญเติบโตและลดต้นทุนค่าอาหารสำหรับเลี้ยงปลาบึก

ตาราง 9 Proximate composition (% Mean $\pm$ Std. Deviation) ของสูตรอาหารที่ใช้ในการทดลองที่ 2

%	ถั่วเหลือง	% ความชื้น	% as dry weight			
			ถั่ว	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย
0		4.60 $\pm$ 0.14	7.96 $\pm$ 0.07	26.42 $\pm$ 0.85	6.26 $\pm$ 0.21	3.48 $\pm$ 0.99
15		3.67 $\pm$ 0.12	7.57 $\pm$ 0.14	25.57 $\pm$ 1.40	6.24 $\pm$ 0.19	2.87 $\pm$ 1.03
30		4.16 $\pm$ 0.09	6.94 $\pm$ 0.13	25.32 $\pm$ 1.92	4.23 $\pm$ 2.06	3.34 $\pm$ 1.43
45		4.28 $\pm$ 0.11	5.92 $\pm$ 0.03	25.01 $\pm$ 1.38	4.80 $\pm$ 1.00	3.92 $\pm$ 1.34

1. ผลวิเคราะห์การเจริญเติบโตและต้นทุนการผลิต

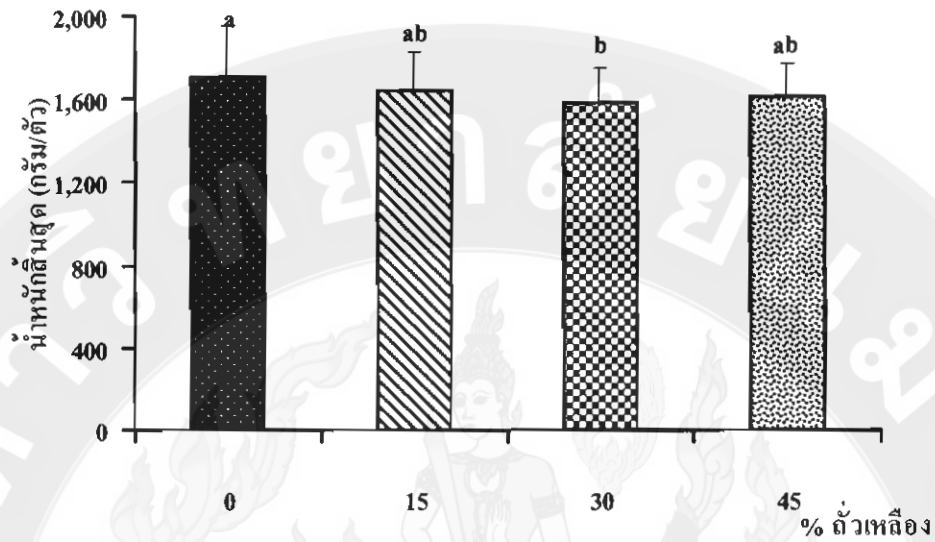
พบว่า ปลาบึกกลุ่มที่ได้รับอาหารไม่ผสมถั่วเหลืองมีน้ำหนักสิ้นสุด อัตราการแลกเนื้อ (FCR) และผลผลิต (Total Biomass) ต่ำกว่าปลาบึกกลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 30% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับกลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองในปริมาณอื่นๆ และปลาบึกกลุ่มที่ได้รับอาหารไม่ผสมถั่วเหลืองยังมีน้ำหนักที่เพิ่ม ความยาวที่เพิ่ม และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองในปริมาณต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนความยาวสิ้นสุดของปลาบึกกลุ่มที่ได้รับอาหารไม่ผสมถั่วเหลืองมีค่ามากกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 30% และ 45% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับกลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 15% และพบว่าทุกชุดการทดลองมีอัตราการรอดตาย 100% เท่ากันไม่แตกต่างทางสถิติ (ตาราง 10)

ตาราง 10 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและต้นทุนของการเลี้ยงปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองเป็นเวลา 130 วัน

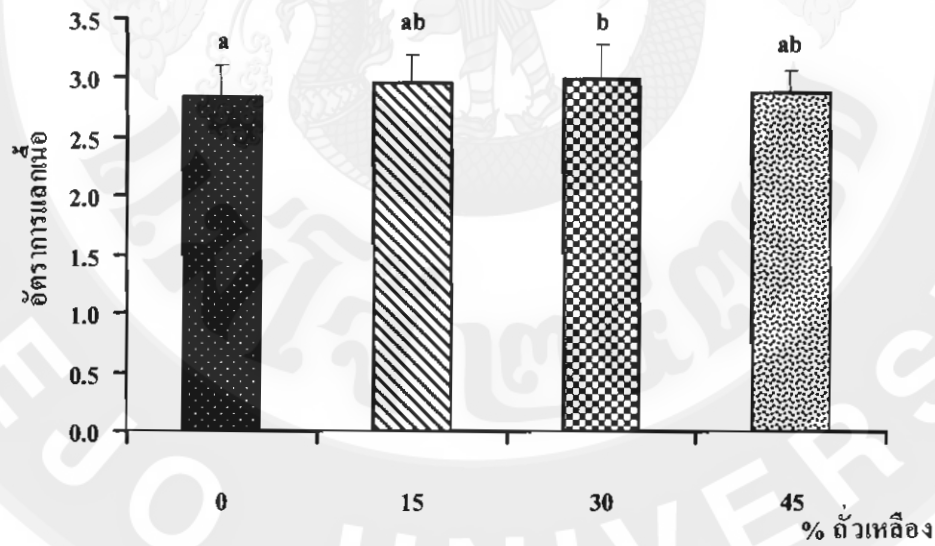
พารามิเตอร์	ระดับการทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองในอาหาร (%)				P - value
	0	15	30	45	
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม/ตัว)	549.50 ± 143.26	557.00 ± 122.16	558.50 ± 110.74	559.50 ± 92.85	0.980
น้ำหนักสิ้นสุด (กรัม/ตัว)	1,709.25 ± 238.23 ^a	1,637.50 ± 186.31 ^{ab}	1,585.00 ± 162.59 ^b	1,610.00 ± 154.92 ^{ab}	0.024
น้ำหนักที่เพิ่ม (กรัม/ตัว)	1,159.75 ± 109.13 ^a	1,080.50 ± 80.92 ^b	1,026.50 ± 70.73 ^c	1,050.50 ± 68.65 ^{bc}	0.000
ความยาวเริ่มต้น (ซม./ตัว)	40.48 ± 3.36	40.93 ± 2.86	41.18 ± 2.54	41.51 ± 2.15	0.394
ความยาวสิ้นสุด (ซม./ตัว)	52.43 ± 2.83 ^a	51.29 ± 2.34 ^{ab}	50.85 ± 2.22 ^b	50.64 ± 2.21 ^b	0.006
ความยาวที่เพิ่ม (ซม./ตัว)	11.95 ± 1.00 ^a	10.37 ± 0.73 ^b	9.68 ± 0.73 ^c	9.13 ± 0.46 ^d	0.000
อัตราการเจริญเติบโต	0.89 ± 0.10 ^a	0.84 ± 0.07 ^b	0.81 ± 0.07 ^b	0.82 ± 0.06 ^b	0.000
จำเพาะ (SGR,%/วัน)					
อัตราการแลกเนื้อ (FCR)	2.83 ± 0.28 ^a	2.96 ± 0.23 ^{ab}	2.99 ± 0.29 ^b	2.87 ± 0.19 ^{ab}	0.012
อัตราการรอดตาย (%)	100.00 ± 0.00	100.00 ± 0.00	100.00 ± 0.00	100.00 ± 0.00	-
ผลผลิต (กก./ตัว)	1.71 ± 0.24 ^a	1.64 ± 0.19 ^{ab}	1.59 ± 0.16 ^b	1.61 ± 0.15 ^{ab}	0.024
ต้นทุนการผลิต ¹ (บาท/กก.)	69.42 ± 6.77 ^{ab}	71.85 ± 5.54 ^b	71.77 ± 7.04 ^b	68.02 ± 4.46 ^a	0.011
B/C Ratio ²	1.46 ± 0.15 ^{ab}	1.40 ± 0.11 ^b	1.41 ± 0.13 ^b	1.48 ± 0.10 ^a	0.011

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

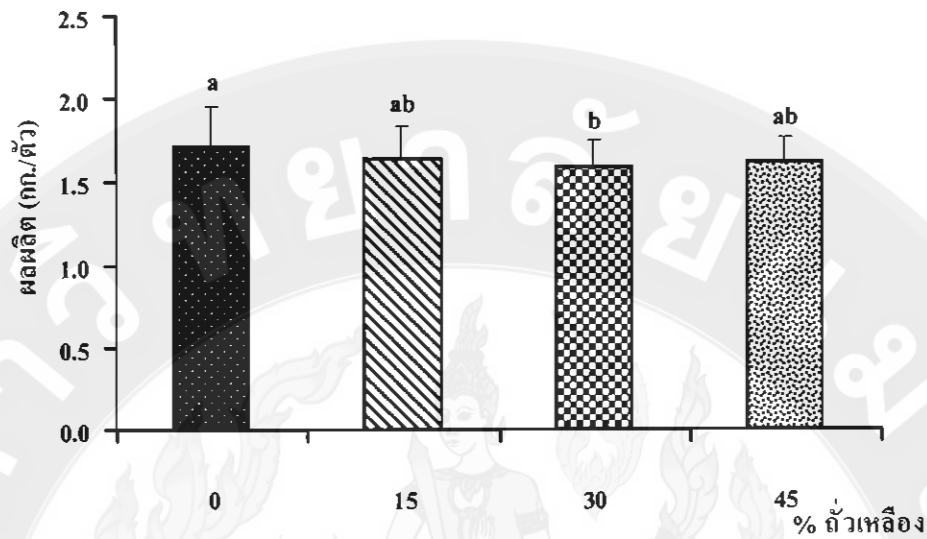
¹ ต้นทุนราคาอาหารสูตรที่ 1-4 เท่ากับ 24.54, 24.27, 24.00 และ 23.73 บาท/กิโลกรัม ตามลำดับ ² อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio)



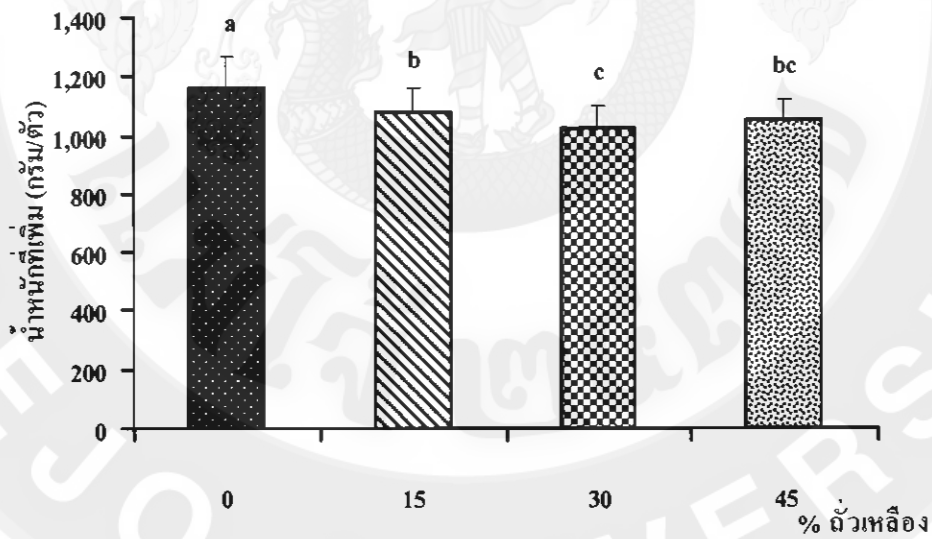
ภาพ 12 น้ำหนักสิ้นสุดของปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง



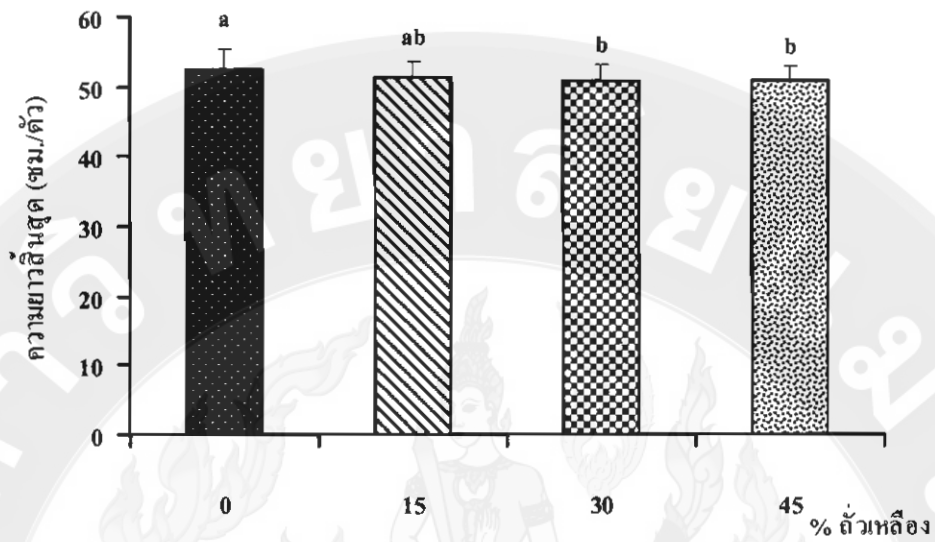
ภาพ 13 อัตราการแลกเนื้อของปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง



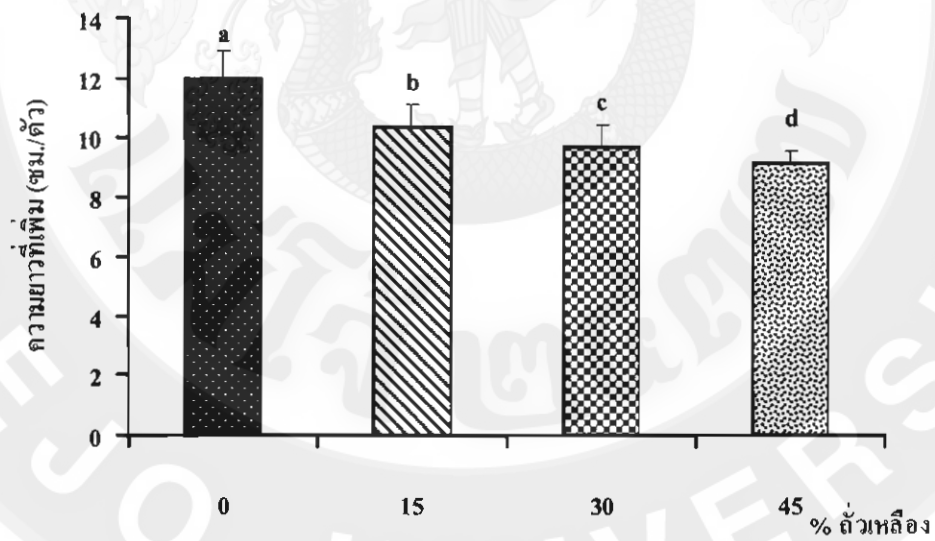
ภาพ 14 ผลผลิตของปลาน้ำจืดที่ได้รับอาหารเสริมทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถัวเหลือง



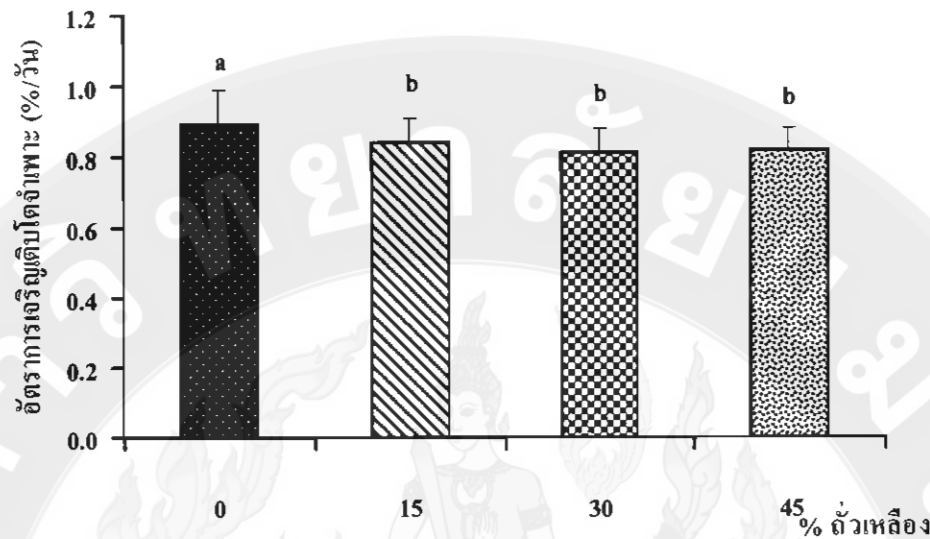
ภาพ 15 น้ำหนักที่เพิ่มของปลาน้ำจืดที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถัวเหลือง



ภาพ 16 ความยาวสิ้นสุดของปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยตัวเหลือง

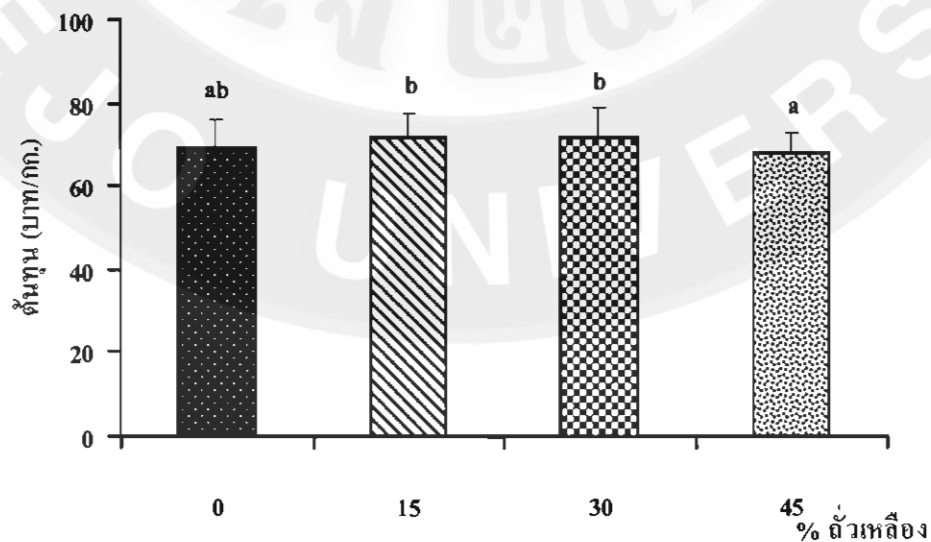


ภาพ 17 ความยาวที่เพิ่มของปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยตัวเหลือง

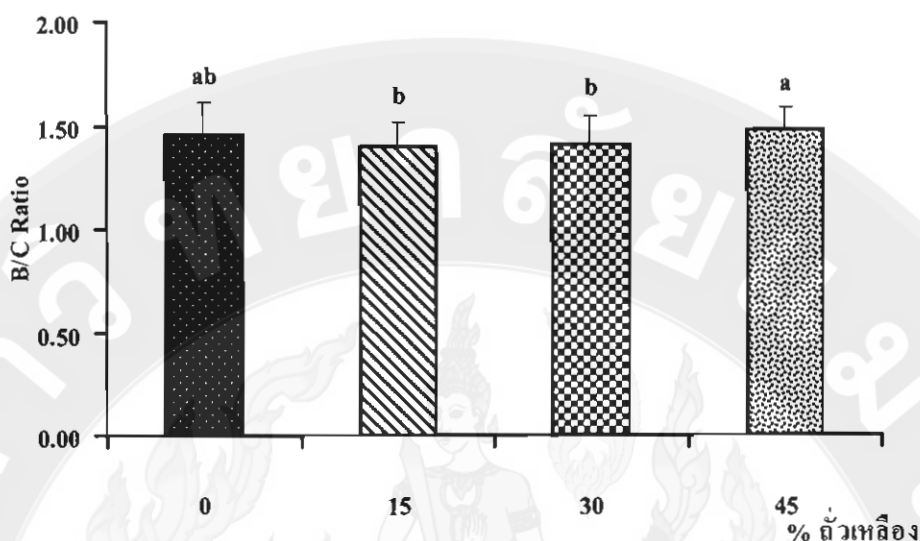


ภาพ 18 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง

นอกจากนี้ยังพบว่าปลาบึกกลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 45% มีต้นทุนการผลิตน้อยสุด (68.02 ± 4.46 บาทต่อกก.) และอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) มากสุด (1.48 ± 0.10) แตกต่างจากกลุ่มทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองปริมาณอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับกลุ่มที่ได้รับอาหารไม่ผสมถั่วเหลือง (ตาราง 10)



ภาพ 19 ต้นทุนการผลิตของปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง



ภาพ 20 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) ของปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง

3. ผลวิเคราะห์คุณภาพของน้ำ

คุณภาพน้ำในกระชังเลี้ยงปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองในปริมาณที่ต่างกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีค่าคุณภาพน้ำดังต่อไปนี้ อุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 25.86 – 25.95 องศาเซลเซียส pH อยู่ในช่วง 6.77 – 6.80 DO อยู่ในช่วง 3.59 – 3.71 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนียอยู่ในช่วง 0.492 – 0.573 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนโตรที่อยู่ในช่วง 0.031 – 0.054 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตาราง 11)

ตาราง 11 คุณภาพน้ำในคอกเลี้ยงปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง

% ถั่วเหลือง	คุณภาพน้ำ				
	อุณหภูมิ (°C)	pH	DO (มก./ล.)	แอมโมเนีย (มก./ล.)	ไนโตรที่ (มก./ล.)
0	25.95±0.12	6.77±0.01	3.69±0.04	0.573±0.005	0.034±0.005
15	25.95±0.05	6.79±0.01	3.60±0.07	0.542±0.103	0.037±0.016
30	25.87±0.04	6.80±0.04	3.71±0.07	0.492±0.015	0.054±0.042
45	25.86±0.09	6.77±0.03	3.59±0.11	0.550±0.114	0.031±0.011
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ					
(P - value)	0.394	0.345	0.217	0.639	0.652

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95

วิจารณ์ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 (ปีงบประมาณ 2550) การศึกษาผลของวิตามินซีต่อการเจริญเติบโต อัตรารอด และการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันโรคของปลานิล

1. ด้านการเจริญเติบโตและต้นทุนการผลิต

จากผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการเสริมวิตามินซีในอาหารปลานิลมีความสำคัญต่อการเร่งการเจริญเติบโต ทำให้ปลาที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี มีน้ำหนักและความยาวที่เพิ่มขึ้นอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) อัตราการแลกเนื้อ (FCR) และผลผลิตที่ได้รับดียิ่งขึ้นในทางตรงข้ามปลาที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีจะมีการเจริญเติบโตต่ำกว่า การทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับการทดลองที่ผ่านมาในปลาหลายชนิด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปลาที่ได้รับอาหารที่ขาดวิตามินซีหรือมีวิตามินซีในอาหารไม่เพียงพอจะส่งผลต่อการเจริญเติบโต เช่น ปลานิล (*Tilapia zillii*) (Anadu et al., 1990) ปลาแซลมอนแอตแลนติก (*Salmo salar* L.) (Thompson et al., 1993) ปลาซีปรีม (*Sparus aurata*) (Henrique et al., 1998) ปลาจวด (*Pseudosciaena crocea*) (Ai et al., 2006) ปลาเกล็ดเหลือง (*Mystus nemurus*) (วุฒิพร, 2539) และกุ้งขาว (*Penaeus vannamei*) (He and Lawrence, 1992) เป็นต้น

NRC (1993) ได้แนะนำให้ใช้วิตามินซี (ascorbic acid) 20 – 50 มก. ต่ออาหาร 1 กก. แต่ความต้องการวิตามินซีจะแตกต่างกันไปตามชนิดของปลา ขนาด สภาพแวดล้อม ความหนาแน่นของปลาที่เลี้ยง Al-Amoudi et al. (1992) รายงานว่า ความต้องการวิตามินซีของปลานิล (*Oreochromis spilurus*) มีสูงถึง 100 – 200 มก. ต่ออาหาร 1 กก. แต่การทดลองครั้งนี้ พบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีที่ 500 มก. ต่ออาหาร 1 กก. จะให้ผลการเจริญเติบโตของปลานิลดีที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มที่เสริมวิตามินซีอื่นๆ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของมะลิ และคณะ (2533) ที่ได้ศึกษาความต้องการวิตามินซีของปลากะพงขาว (*Lates calcarifers*) วัยอ่อนที่เลี้ยงในน้ำเค็มพบว่า ลูกปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารที่ไม่เสริมวิตามินซีจะมีการเจริญเติบโตช้าลง ปลามีลำตัวดำ เชื่องซึม ตกเลือดบริเวณเหงือก เล้นเลือดเปราะ กระพุ้งแก้มปิดเปิดเร็วและสั้น จะงอยปากสั้น เสียการทรงตัว ครีบหางกร่อน ตาโปนและบางตัวเกิดอาการคดงอของกระดูกสันหลังและพบว่าระดับของวิตามินซีในอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต คือ 500 – 700 มก. ต่ออาหาร 1 กก. และ ดนัย และคณะ (2548) ได้ศึกษาผลของวิตามินซี (0, 250, 500 และ 700 มก. ต่ออาหาร 1 กก.) ที่เสริมในอาหารสำเร็จรูปต่ออัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของลูกปลากดเหลือง (*Mystus nemurus*) ขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 3.14 กรัม ความยาว

เฉลี่ย 7.38 เซนติเมตร เป็นเวลา 105 วัน พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 500 มก. ต่ออาหาร 1 กก. เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ พบว่ามีอัตราการเจริญเติบโตและความยาวดีที่สุด ($P < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับปลาที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 750 มก. ต่ออาหาร 1 กก. สำหรับอัตราการรอดตายของปลาทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้นอาหารเสริมวิตามินซีที่ระดับความเข้มข้น 500 มก. ต่ออาหาร 1 กก. เพียงพอต่อการเสริมในอาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงปลากดเหลือง นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ วุฒิพร (2539) ซึ่งได้ทำการศึกษาผลของวิตามินซีระดับต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตราการรอดตายของปลากดเหลือง (*Mystus nemurus*) โดยเลี้ยงในตู้กระจกขนาด 100 ลิตร น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยตัวละ 1.25 กรัม แบ่งการทดลองเป็น 7 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองแบ่งเป็น 3 ซ้ำ ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 7 ระดับ คือ 0, 50, 100, 200, 500, 1,000 และ 2,000 มก. ต่ออาหาร 1 กก. ตามลำดับ ระยะเวลา 10 สัปดาห์ พบว่า ปลากดเหลืองที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีที่ระดับความเข้มข้น 1,000 มก. ต่ออาหาร 1 กก. จะมีการเจริญเติบโตและอัตราการแลกเนื้อดีที่สุด ($P > 0.01$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับปลาที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีที่ระดับความเข้มข้น 500 และ 2,000 มก. ต่ออาหาร 1 กก. สำหรับอัตราการรอดตายของปลาทุกชุดการทดลองอยู่ในช่วง 87 – 97% ดังนั้นอาหารเสริมวิตามินซีที่ระดับความเข้มข้น 500 มก. ต่ออาหาร 1 กก. เพียงพอต่อการเสริมในอาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงปลากดเหลือง ส่วนการทดลองเลี้ยงปลาบึกในบ่อดินครั้งนี้ พบปลาที่มีอัตราการรอดตาย 100% ทุกการทดลอง อาจจะเป็นเพราะว่าได้ปล่อยลูกพันธุ์ปลาขนาดใหญ่และเลี้ยงในอัตราความหนาแน่นต่ำ

เนื่องจากวิตามินซีในรูปแบบปกติคือ Ascorbic Acid (AA) หรือ L- Ascorbic Acid ไม่เสถียรและเสื่อม (oxidize) ได้ง่ายเมื่อโดนแสง ความร้อน ออกซิเจนและน้ำ จึงมีการพัฒนาวิตามินซีรูปแบบอื่นขึ้นมาเรียกว่า “อนุพันธ์วิตามินซี” หรือ Vitamin C Derivatives ซึ่งมีอยู่มากมายหลายตัว คุณสมบัติก็แตกต่างกันด้วยเช่นกัน ในการทดลองครั้งนี้พบว่าระดับวิตามินซีที่ดีที่สุดคือ 500 มก. ต่ออาหาร 1 กก. เป็นวิตามินซีในรูปแบบ L (+)-Ascorbic acid calcium salt dihydrate ถือว่าเป็นระดับที่สูงกว่าที่รายงานได้ในปลานิล โดย Shiao and Hsu (1999) ได้ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณวิตามินซีที่ต้องการในปลานิลลูกผสม (hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) ระยะวัยรุ่น (juvenile) ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมวิตามินซีรูปแบบ L-ascorbyl-2-monophosphate-Na (AMP-Na) และ L-ascorbyl-2-monophosphate-Mg (AMP-Mg) ที่ระดับ 0, 40, 50, 70, 90 และ 120 มก. ต่ออาหาร 1 กก. เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ปริมาณวิตามินซีที่สะสมในตับของปลาจะเพิ่มขึ้นแปรผันตามปริมาณวิตามินซีที่ได้รับ ปริมาณวิตามินซีที่

พอเพียงต่อการเจริญเติบโตของปลานิล คือการใช้วิตามินซีรูปแบบ AMP-Na เท่ากับ 63.4 มก.ต่ออาหาร 1 กก. (มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 15.98 มก.ต่ออาหาร 1 กก.) หรือวิตามินซีรูปแบบ AMP-Mg 40.5 มก.ต่ออาหาร 1 กก. (มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 18.82 มก.ต่ออาหาร 1 กก.) ซึ่งการใช้อนุพันธ์วิตามินซีทั้งสองรูปแบบในการผสมอาหารปลานิลจะประหยัดกว่าการใช้วิตามินซีในรูปแบบดั้งเดิม L- Ascorbic Acid

ทางด้านผลผลิตของปลากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีมี 250, 500 และ 750 มก. ต่ออาหาร 1 กก. มีผลผลิตมากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ทางด้านของต้นทุนการผลิตต่อปลา 1 กก. พบว่าในกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับต่างๆ มีต้นทุนมากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และต้นทุนจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเสริมวิตามินซี ยกเว้นกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีมี 250 มก. ต่ออาหาร 1 กก. ที่มีต้นทุนน้อยกว่าปลากลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้เพราะวิตามินซีมีราคาแพงจึงเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิต ดังนั้นเมื่อพิจารณาด้านอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) จึงพบว่าในปลากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 250 มก. ต่ออาหาร 1 กก. มีอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนมากที่สุดเท่ากับ 1.94 ± 0.03 แต่ไม่แตกต่างกับปลากลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี (1.90 ± 0.23) โดยมากกว่าปลากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 500 และ 750 มก. ต่ออาหาร 1 กก. (1.37 ± 0.07 และ 1.13 ± 0.10 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังนั้นในการเลี้ยงปลาบึกด้วยอาหารเสริมวิตามินซีเพื่อการค้าโดยหวังผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ จึงแนะนำว่าควรเสริมวิตามินซีในปริมาณ 250 มก. ต่ออาหาร 1 กก. ในการเลี้ยงปลาบึกเพื่อให้ปลาบึกมีการเจริญเติบโตอยู่ในเกณฑ์ดี โดยเฉพาะที่ระดับ 250 มก. ต่ออาหาร 1 กก. ซึ่งสามารถให้ผลตอบแทน 1.94 ± 0.03 บาท ต่อเงินลงทุน 1 บาท ซึ่งสูงกว่าการเลี้ยงปลานิลและปลาหับทิมมาก เมื่อเปรียบเทียบกับ การเลี้ยงปลานิลในบ่อร่วมกับไก่อะทิงในจังหวัดเชียงใหม่ ที่มี B/C Ratio อยู่ในช่วง 1.30-1.71 (เทพรัตน์, 2547) และ ประจวบและคณะ (2547) รายงานว่า การเลี้ยงปลานิลและปลาหับทิมในกระชัง ในแม่น้ำปิง จังหวัดเชียงใหม่ ให้อัตราผลตอบแทน (ROI) เท่ากับ 6.44% และ 15.47% ซึ่งเท่ากับ B/C Ratio 0.06 และ 0.15 ตามลำดับ

อย่างไรก็ตามข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบของวิตามินซีที่เหมาะสมเพื่อลดการสูญเสียต้นทุนโดยเปล่าประโยชน์ เพิ่มความคงทนต่อการเสียดสภาพและประสิทธิภาพในการใช้งานของปลาบึก จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติม โดยเฉพาะในปลาขนาดเล็ก ปัจจุบันการให้อาหารผสมวิตามินซีแก่สัตว์น้ำนอกจากให้ผลด้านการเจริญเติบโตและอัตราการรอดแล้ว วิตามินซียังมีผลดีต่อการสร้างและ

กระตุ้นภูมิคุ้มกันอีกด้วย มีนักวิจัยหลายท่านได้ทดลองใช้วิตามินซีร่วมกับวิตามินอี การให้วัคซีนโปรไบโอติก แต่ก็ต้องคำนึงถึงต้นทุนผลตอบแทนในการเสริมวิตามินซีในอาหารด้วย

2. ด้านองค์ประกอบเลือดที่แสดงการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันโรค

จากผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการเสริมวิตามินซีในอาหารปลาบึกในระดับต่างๆ มีส่วนช่วยในการเพิ่มขึ้นของระบบภูมิคุ้มกันให้กับปลาบึกโดยดูจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณค่าองค์ประกอบเลือด (ค่าฮีมาโตคริต ปริมาณเม็ดเลือดแดงทั้งหมด ปริมาณเม็ดเลือดขาวทั้งหมด ซีรัมไลโซไซม์ ซีรัมโปรตีน และซีรัมกลูโคส) พบว่าค่าฮีมาโตคริตของปลากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีมี 250, 500 และ 750 มก. ต่ออาหาร 1 กก. มีค่าแนวโน้มไม่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี สอดคล้องกับการศึกษาของ Lim *et al.* (1999) ที่ศึกษาปฏิกิริยาระหว่างอาหารเสริมวิตามินซีและธาตุเหล็ก (0, 50 และ 3000 มก. ต่ออาหาร 1 กก.) ที่ผสมลงในอาหารเลี้ยงปลากดหรง (*Ictalurus punctatus*) พบว่าค่าฮีมาโตคริตในปลากดหรงไม่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่จากการศึกษาของ Menezes *et al.* (2006) อธิบายว่าปลาช่อนอเมซอนที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมวิตามินซี และอาหารเสริมวิตามินซีผสมกับวิตามินอี แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของปริมาณฮีมาโตคริต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ผลที่ได้นั้นไม่สอดคล้องกับการศึกษาซึ่งอาจเกิดจากอุณหภูมิที่ลดต่ำลงจากระยะเวลาการทดลองในช่วงฤดูหนาว

ด้านปริมาณเม็ดเลือดแดงทั้งหมดที่ได้จากการทดลองครั้งนี้พบว่าปลากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีมี 250, 500 และ 750 มก. ต่ออาหาร 1 กก. พบว่ามีปริมาณมากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของวิตามินซีที่เสริมลงในอาหาร สอดคล้องกับการทดสอบปฏิกิริยาของระดับธาตุเหล็กและวิตามินซี (0, 50 และ 3000 มก. ต่ออาหาร 1 กก.) ที่เสริมในอาหารเลี้ยงปลากดหรง (*I. punctatus*) พบว่าระดับวิตามินซีที่เพิ่มขึ้นนั้น มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณเม็ดเลือดแดงของปลากดหรงด้วย (Lim *et al.*, 1999) และในปลาช่อนอเมซอน (*A. gigas*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมวิตามินซีและวิตามินอี (0, 250, และ 500 มก. ต่ออาหาร 1 กก.) ในกระชัง ก็ยังพบว่าวิตามินซีและวิตามินอีมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณเม็ดเลือดแดงในปลาช่อนอเมซอน ซึ่งเป็นผลมาจากกลไกการป้องกันตัวเองในตัวปลาช่อนอเมซอน (Menezes *et al.*, 2006) ส่วนทางด้านปริมาณเม็ดเลือดขาวทั้งหมดที่ได้จากการทดลองครั้งนี้พบว่าปลากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับต่างๆ มีปริมาณเม็ดเลือดขาวน้อยกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งผลที่ได้ไม่สอดคล้องกับ Menezes *et al.* (2006) ที่ได้ศึกษาอาหารเสริม

วิตามินซีและวิตามินอี (วิตามินซี 800, วิตามินอี 500, และวิตามินซี 800 ผสมวิตามินอี 500 มก. ต่ออาหาร 1 กก.) ในปลาช่อนเมซอน (*A. gigas*) ที่เลี้ยงในกระชัง พบว่า Lymphocytes ในเซลล์เม็ดเลือดขาวมีปริมาณเพิ่มขึ้น และยังพบเซลล์เม็ดเลือดขาวในกลุ่มของ Thrombocytes และ Eosinophils ก็มีปริมาณที่เพิ่มขึ้นเช่นกันในปลากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีและวิตามินอีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และ Andrade *et al.* (2006) ได้ศึกษาผลของอาหารเสริมวิตามินซีในปลาช่อนเมซอน (*A. gigas*) ก็พบว่าปริมาณของ Leucocytes มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยผลที่ได้จากการทดลองครั้งนี้พบว่าปริมาณเซลล์เม็ดเลือดขาวของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับต่างๆ ไม่มีส่วนช่วยให้ปริมาณเม็ดเลือดขาวเพิ่มขึ้นเลย ทั้งนี้อาจเกิดจากความเครียดที่ได้จากการย้ายปลาในกระชังจากการเก็บข้อมูลระหว่างการเลี้ยง และอุณหภูมิของน้ำที่ต่ำลงในช่วงฤดูหนาว ทำให้กระบวนการเมตาบอลิซึมของปลาบึกต่ำลงส่งผลต่อการเพิ่มของปริมาณเซลล์เม็ดเลือดขาว

ส่วนค่าซีรั่มไลโซไซม์ที่ได้จากการทดลองครั้งนี้พบว่าปลากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับต่างๆ มีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับการทดลองของ Ai *et al.* (2006) ที่ศึกษาผลของอาหารเสริมวิตามินซี (0, 12.2, 23.8, 47.6, 89.7, 188.5 และ 489.0 มก. ต่ออาหาร 1 กก.) ในการเลี้ยงปลากะพง (*Lateolabrax japonicus*) เพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโต และการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันในปลากะพง พบว่าวิตามินซีมีส่วนในการกระตุ้นการทำงานของไลโซไซม์ และระบบการขนส่งพลังงานทดแทน ซึ่งระดับวิตามินซีที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ระดับของซีรั่มไลโซไซม์เพิ่มมากขึ้นตาม จากการทดลองของ Ai *et al.* (2006) ที่ศึกษาอาหารเสริมวิตามินซี (0, 12.2, 23.8, 47.6, 89.7, 188.5, และ 489.0 มก. ต่ออาหาร 1 กก.) ในปลา large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) พบว่าการเพิ่มระดับความเข้มข้นของวิตามินซีลงในอาหาร ส่งผลต่อการกระตุ้นซีรั่มไลโซไซม์

ด้านค่าซีรั่มโปรตีนที่ได้จากการทดลองครั้งนี้พบว่าปลากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับต่างๆ มีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับการทดลองของ Andrade *et al.* (2006) ที่รายงานว่าปลาช่อนเมซอน (*A. gigas*) ที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 800 และ 1200 มก. ต่ออาหาร 1 กก. มีปริมาณซีรั่มโปรตีนทั้งหมดสูงกว่าในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และยังพบอีกว่าความเข้มข้นของวิตามินซีและวิตามินอีปริมาณมากสามารถกระตุ้นซีรั่มโปรตีนในตัวปลาเนื่องจากอาหารที่เสริมวิตามินซีที่ความเข้มข้นมากๆ สามารถเพิ่มการสังเคราะห์โปรตีนได้

(Chagas and Val, 2003) และการศึกษาของ Mezenes *et al.* (2006) อธิบายว่าปลาชอนอเมซอน (*A. gigas*) ที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีและวิตามินอีมีผลต่อการเพิ่มปริมาณของซีรั่มโปรตีนเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งระดับของซีรั่มโปรตีนทั้งหมดในตัวปลาสามารถใช้เป็นดัชนีวัดถึงการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะในตัวปลาที่ให้อาหารเสริมวิตามินซีและวิตามินอี ที่ระดับความเข้มข้นมากๆ เนื่องจากอาหารเสริมวิตามินซีและวิตามินอีสามารถที่ไปกระตุ้นโปรตีนในตัวปลาที่เป็นองค์ประกอบของระบบต่างๆ ให้ดีขึ้น (Montero *et al.*, 1999 และ Sahoo and Mukherjee, 2002)

ส่วนผลการทดลองทางด้านซีรั่มกลูโคสที่ได้ครั้งนี้พบว่าปลากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับต่างๆ มีปริมาณซีรั่มกลูโคสมากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งไม่สอดคล้องกับการทดลองอาหารเสริมวิตามินซีและวิตามินอี (0, 250 และ 500 มก. ต่ออาหาร 1 กก.) ในปลาจระเม็ด (*P. mesopotamicus*) พบว่าปริมาณซีรั่มกลูโคสไม่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (Garcai *et al.*, 2007) การเพิ่มขึ้นของซีรั่มกลูโคสในปลานั้นขึ้นอยู่กับสภาพทางสรีรวิทยาของปลา โดยที่ปลาแต่ละชนิดจะมีการเพิ่มขึ้นซีรั่มกลูโคสแตกต่างกันออกไป โดย Andrade *et al.* (2006) พบว่าความเข้มข้นของกลูโคสที่สูงขึ้นในตัวปลาชอนอเมซอน (*A. gigas*) ที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินอีสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี แต่อย่างไรก็ตามได้มีการพิสูจน์ถึงการทำงานร่วมกันของวิตามินซีและวิตามินอีที่มีต่อผลผลิตกลูโคสในตัวปลา ซึ่งเป็นส่วนช่วยในกระบวนการดูดซึมคาร์โบไฮเดรต ในการทดสอบอาหารที่เสริมวิตามินซีและวิตามินอี แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการเพิ่มปริมาณซีรั่มกลูโคสเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งอาหารเสริมวิตามินซีและวิตามินอี จัดว่าเป็นประโยชน์ต่อการรักษาสุขภาพของระบบภูมิคุ้มกันในตัวปลาชอนอเมซอน (*A. gigas*)

3. ด้านคุณภาพของน้ำ

คุณภาพน้ำในกระชังเลี้ยงปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีค่าคุณภาพน้ำดังต่อไปนี้ อุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 25.63 – 25.73 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาในเขตร้อน ที่ควรจะอยู่ในช่วง 25-32 องศาเซลเซียส (ไมตรี, 2530) ค่า pH ของน้ำประมาณ 7.2 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติตามที่ เดชา (2543) กล่าวไว้ว่าค่า pH ระหว่าง 6.5 – 9.0 เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงสัตว์น้ำ ส่วนค่า DO พบว่าอยู่ในช่วง 4.73 – 4.84 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจัดว่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ซึ่งไม่ควรมีค่าออกซิเจนในน้ำต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร

(Swingle, 1966) ทางด้านค่าแอมโมเนียอยู่ในช่วง 0.875 – 1.164 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งถือว่ามีความสูงทั้งนี้เพราะอาหารปลาคุณภาพสำเร็จรูป (30%) มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูง จึงทำให้น้ำในบ่อที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาคุณภาพสำเร็จรูปมีธาตุไนโตรเจนสูงส่งผลทำให้น้ำมีค่าแอมโมเนียสูง ซึ่งมันลิน และไพพรรณ์ (2538) กล่าวว่าในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีการให้อาหารประเภทเนื้อสัตว์ที่มีโปรตีนสูง ของเสียที่เกิดขึ้นจากการขับถ่ายของเสียจากปลา หรืออาหารเหลือจะ ทำให้ปริมาณแอมโมเนียสูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามสัตว์น้ำบางชนิดสามารถปรับตัวให้เคยชินกับสภาวะแอมโมเนียในน้ำสูงได้เช่นในกรณีของการเลี้ยงปลาดุกโดยทั่วไปในน้ำไม่ควรมีแอมโมเนียละลายในน้ำความเข้มข้นเกินกว่า 2.5 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งยังคงมีค่าสูงอาจจะเป็นอันตรายแก่สัตว์น้ำได้ ส่วนค่าไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.052 – 0.132 มิลลิกรัมต่อลิตรโดยในบ่อเลี้ยงปลาควรมีค่าไนโตรเจนไม่เกิน 0.02 มิลลิกรัม/ลิตร และถ้าบ่อเลี้ยงปลาอยู่ในสภาพที่ขาดออกซิเจนไนโตรเจนก็จะสะสมมากขึ้น ในสภาพที่ความเข้มข้นยังไม่ก่อให้เกิดการตาย ไนโตรเจนมีผลทำให้ปลาเป็นโรคติดเชื้อได้ง่าย การเจริญเติบโตลดลง และที่ความเข้มข้นระดับสูงก่อให้เกิดการตายสำหรับปลาน้ำจืดอยู่ในช่วง 0.66 – 200 มิลลิกรัม/ลิตร

การทดลองที่ 2 (ปีงบประมาณ 2551) การทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองเพื่อช่วยเร่งการเจริญเติบโตและลดต้นทุนค่าอาหารสำหรับเลี้ยงปลาน้ำจืด

1. ด้านการเจริญเติบโตและต้นทุนการผลิต

จากผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า ปลาน้ำจืดกลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 15 และ 45% มีน้ำหนักสิ้นสุด อัตราการแลกเนื้อ (FCR) และผลผลิต (Total Biomass) ต่ำกว่าปลากลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 30% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับกลุ่มที่ได้รับอาหารไม่ผสมถั่วเหลือง ซึ่งสอดคล้องกับ มะลิ และคณะ (2539) ที่ได้ทำการศึกษาผลการแทนที่ปลาป่นด้วยถั่วเหลืองชนิดต่างๆ ในอาหารปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*) ต่อการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน โดยการสร้างสูตรอาหาร 5 สูตร ให้มีโปรตีนและพลังงานเท่ากัน อาหารสูตรที่ 1 ประกอบด้วยปลาป่น 40% และไม่มีถั่วเหลือง อาหารสูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 ใส่ถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน 21% ถั่วเหลืองเอ็กซ์ทรา 27% ถั่วเหลืองนึ่ง 28.5% และถั่วเหลืองแช่น้ำ 27.5% ตามลำดับ เพื่อไปแทนที่ 37.5% ของโปรตีนจากปลาป่น หรือ 15% ปลาป่นในอาหารสูตรที่ 1 ขนาดเริ่มต้น 1.26-1.27 กรัม เลี้ยงปลา 3 ชั่วโมง ในตู้กระจกขนาดความจุ 45 ลิตร มีระบบลมและน้ำไหลผ่าน ให้อาหารจนอิ่มวันละ 2 มื้อ เป็นเวลา 10 สัปดาห์ ผลปรากฏว่า ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 1 ไม่ใส่ถั่วเหลืองมีการเจริญเติบโตที่ต่ำกว่าสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ยกเว้นอาหารสูตร 2 ที่ใส่ตัวเหลืองสกัดน้ำมัน ส่วนประสิทธิภาพอาหาร ประสิทธิภาพโปรตีน และ อัตรารอดของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร 1, 2, 3 และ 4 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่ต่างกับสูตร 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร 5 ซึ่งใส่ตัวเหลืองแช่น้ำไม่เพียงแต่มีอัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพอาหาร ประสิทธิภาพโปรตีน และอัตรารอดต่ำ ยังมีความผิดปกติของเซลล์ตับอ่อนและลำไส้ ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนใน แต่น่าจะเกิดจากการกินอาหารที่น้อยกว่าใน 2 สัปดาห์แรก และโปรตีนในตัวของปลามีประสิทธิภาพการย่อยได้สูง (90.4-93.5%) ยกเว้นตัวเหลืองแช่น้ำ (21.4%) จากผลการทดลองแสดงว่าประมาณ 37.5% ของโปรตีนจากปลาป่นหรือ 15% ปลาป่น ในอาหารสามารถถูกแทนที่ได้ด้วยโปรตีนจากตัวเหลืองสกัดน้ำมัน ตัวเหลืองเอกซ์ทรา หรือตัวเหลืองนิ่ง อย่างไรก็ตาม ตัวเหลืองเอกซ์ทรา หรือตัวเหลืองนิ่ง ควรใช้เป็นส่วนผสมอาหารปลากะพงที่มีขนาดโตขึ้นเล็กน้อยคือ 3.5 กรัมขึ้นไป ส่วนตัวเหลืองแช่น้ำ เป็นแหล่งโปรตีนที่ไม่เหมาะจะนำมาใช้เป็นส่วนผสมอาหารปลากะพง เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารต่ำและยังมีสารทริซินอินฮิบิเตอร์ที่ทำให้ตับอ่อนและลำไส้ส่วนต้นผิดปกติ

นอกจากนี้ยังพบว่าปลาบึกมีการเจริญเติบโตลดลงเมื่อที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยตัวเหลืองในปริมาณที่มากขึ้นแต่ ทั้งนี้ น่าจะเป็นผลมาจากปริมาณคาร์โบไฮเดรตใน ตัวเหลืองที่น้อยเกินไป ซึ่งมีปริมาณสูงขึ้นในอาหารสูตรที่มีการแทนที่ปลาป่นบางส่วนด้วยตัวเหลืองที่ระดับ 15, 30 และ 45% ดังกล่าว ตามที่มีการรายงานไว้ว่า สัตว์น้ำจำพวกปลาไม่สามารถใช้คาร์โบไฮเดรตหรือแป้งเป็นแหล่งพลังงานได้ดีเท่าที่ควร ซึ่งสอดคล้องกับ Watanabe and Pongmaneerat (1993) พบว่า สารอาหารจำพวกแป้งในกากตัวเหลืองสามารถถูกย่อยได้เพียง 54% ในปลาเรนโบว์เทรา และถูกย่อยได้เพียง 55% ในปลาเซลโลเทล (Watanabe *et al.*, 1992) และจากการศึกษาของ Mitchell (1950) พบว่าตัวเหลืองมีองค์ประกอบคาร์โบไฮเดรตที่ปลาคาร์ฟไม่สามารถย่อยได้ในปริมาณสูงถึง 30% มีผลให้พลังงานย่อยได้ (digestible energy) ลดต่ำลง และเมื่ออาหารนั้นมีตัวเหลืองเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูง จึงทำให้ประสิทธิภาพของอาหารลดต่ำลงด้วย และการทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยตัวเหลืองในปริมาณต่างๆ ไม่มีผลทำให้อัตราการรอดตายแตกต่างกัน ซึ่งพบว่าชุดการทดลองมีอัตราการรอดตาย 100% เท่ากันไม่แตกต่างทางสถิติ อาจจะเป็นเพราะว่า ได้ปล่อยลูกพันธุ์ปลาขนาดใหญ่และเลี้ยงในอัตราความหนาแน่นต่ำ และจากผลการทดลองครั้งนี้ยังพบว่าปลาบึกกลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยตัวเหลือง 15 และ 45% มีค่าน้ำหนักสิ้นสุด อัตราการแลกเนื้อ (FCR) และผลผลิตที่ดี แต่ไม่แตกต่างกับปลาบึกกลุ่มที่ได้รับอาหารไม่ผสมตัวเหลืองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยจะเห็นได้

ว่าการทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองในปริมาณที่มากขึ้นจะส่งผลทำให้ปลาเจริญเติบโตอยู่ในเกณฑ์ที่ดีได้ ซึ่งสอดคล้องกับ เจษฎา (2549) ที่ได้ทำการทดลองใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงปลาคาร์ฟ ขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 5.02 กรัม และความยาวเฉลี่ย 7.02 เซนติเมตร ในกระชังขนาด $1.5 \times 1.5 \times 1.5$ เมตร ในอัตรา 15 ตัวต่อกระชัง โดยใช้อาหารซึ่งมีโปรตีน 30% เท่ากันทุกสูตร แต่กำหนดสัดส่วนของโปรตีนที่ได้จากปลาป่นต่อกากถั่วเหลืองต่างกัน 6 ระดับ คือ 100 : 0, 80 : 20, 60 : 40, 40 : 60, 20 : 80 และ 0 : 100 ตามลำดับในอัตรา 5 – 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน เป็นเวลา 12 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าอัตราการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$) แต่อัตราการเจริญเติบโตด้านความยาว พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยพบว่าอาหารที่มีสัดส่วนของโปรตีนที่ได้จากปลาป่นต่อกากถั่วเหลือง 0 : 100 จะมีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด ส่วนอัตราการรอดตายตลอดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) สำหรับอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพของอาหาร และประสิทธิภาพของการใช้โปรตีนในอาหารตลอดการทดลอง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$) โดยพบว่าอาหารที่มีสัดส่วนของโปรตีนที่ได้จากปลาป่นต่อกากถั่วเหลือง 0 : 100 จะมีค่าดีที่สุด

ทางด้านต้นทุนและผลตอบแทนพบว่าปลาบึกกลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 45% มีต้นทุนการผลิตน้อยสุด (68.02 ± 4.46 บาท/ตอกก.) จึงทำให้มีอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) มากสุด (1.48 ± 0.10) แตกต่างจากกลุ่มทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองปริมาณอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับกลุ่มที่ได้รับอาหารไม่ผสมถั่วเหลือง ทั้งนี้เพราะในช่วงที่ทำการทดลองถั่วเหลืองมีราคาสูงขึ้นจากเดิม ดังนั้นการทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองจึงไม่เป็นการช่วยลดต้นทุนการผลิต เนื่องจากราคาถั่วเหลือง (32 บาท/กก.) ใกล้เคียงกับราคาปลาป่น (43 บาท/กก.) แต่จากผลที่ได้จะเห็นได้ว่าการทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองในปริมาณที่มากขึ้นก็มีผลทำให้ต้นทุนการผลิตลดลงได้เช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับ เจษฎา (2549) ที่ได้ทำการทดลองใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงปลาคาร์ฟ พบว่าต้นทุนค่าอาหารต่อการเปลี่ยนแปลงอาหารเป็นเนื้อปลา 1 กิโลกรัม ตลอดการทดลองมีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยอาหารที่มีสัดส่วนของโปรตีนที่ได้จากปลาป่นต่อกากถั่วเหลือง 0 : 100 จะให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อปลา 1 กิโลกรัมดีที่สุด และเมื่อพิจารณาข้อมูลโดยรวมแล้วก็พบว่าอาหารที่มีสัดส่วนของโปรตีนที่ได้จากปลาป่นต่อกากถั่วเหลือง 0 : 100 จะให้ผลดีที่สุดในการเลี้ยงปลาคาร์ฟ นอกจากจะเห็นได้ว่าการเลี้ยงปลาบึกในกระชังครั้ง

นี้มีอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) ซึ่งสูงกว่าการเลี้ยงปลานิลและปลาตะเพียนในกระชังในแม่น้ำปิงจังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้อัตรากำไรผลตอบแทน (ROI) เท่ากับ 6.44% และ 15.47% ซึ่งเท่ากับ B/C Ratio 0.06 และ 0.15 ตามลำดับ (ประจวบ และคณะ, 2547) นอกจากนี้การลดการใช้ปลาป่นยังเป็นแนวทางที่สอดคล้องกับการอนุรักษ์ทรัพยากรปลาวัยอ่อนที่ถูกจับก่อนวัยเจริญพันธุ์ได้ด้วย เนื่องจากปลาป่นทำมาจากปลาขนาดเล็กซึ่งได้จากการทำประมง และปลาที่จับได้ส่วนใหญ่เป็นปลาวัยอ่อนที่ยังไม่ถึงวัยเจริญพันธุ์ ที่สำคัญยังเป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ซึ่งการใช้ทรัพยากรปลาวัยอ่อนที่ถูกจับก่อนวัยเจริญพันธุ์มาทำเป็นปลาป่นจึงไม่คุ้มค่าในเชิงเศรษฐกิจ ดังนั้นการใช้ถั่วเหลืองมาทดแทนปลาป่นบางส่วนก็จะช่วยลดการใช้ปลาป่นและประหยัดต้นทุนการผลิตอาหารปลาได้ด้วย

2. ด้านคุณภาพของน้ำ

คุณภาพน้ำในกระชังเลี้ยงปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองในปริมาณที่ต่างกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีค่าคุณภาพน้ำดังต่อไปนี้ อุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 25.86 – 25.95 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาในเขตร้อนที่ควรจะอยู่ในช่วง 25-32 องศาเซลเซียส (ไมตรี, 2530) pH อยู่ในช่วง 6.77 – 6.80 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติตามที่ เดชา (2543) กล่าวไว้ว่าค่า pH ระหว่าง 6.5 – 9.0 เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงสัตว์น้ำ DO อยู่ในช่วง 3.59 – 3.71 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจัดว่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ซึ่งไม่ควรมีค่าออกซิเจนในน้ำต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร (Swingle, 1996) แอมโมเนียอยู่ในช่วง 0.492 – 0.573 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งถือว่ามีค่าสูงทั้งนี้ อาจจะเกิดจากของเสียจากอาหารที่เหลือ จึงทำให้น้ำในบ่อมีค่าแอมโมเนียสูง ซึ่งมันซิน และไพพรณ์ (2538) กล่าวว่าในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีการให้อาหารประเภทเนื้อสัตว์ที่มีโปรตีนสูง ของเสียที่เกิดขึ้นจากการขับถ่ายของเสียจากปลา หรืออาหารที่เหลือจะ ทำให้ปริมาณแอมโมเนียสูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามสัตว์น้ำบางชนิดสามารถปรับตัวให้เคยชินกับสภาวะแอมโมเนียในน้ำสูงได้เช่นในกรณีของการเลี้ยงปลาดุกโดยทั่วไปในน้ำไม่ควรมีแอมโมเนียละลายในน้ำความเข้มข้นเกินกว่า 2.5 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งยังคงมีค่าสูงอาจจะเป็นอันตรายแก่สัตว์น้ำได้ ส่วนไนไตรท์อยู่ในช่วง 0.031 – 0.054 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยในบ่อเลี้ยงปลาควรมีค่าไนไตรท์ไม่เกิน 0.02 มิลลิกรัม/ลิตร และถ้าบ่อเลี้ยงปลาอยู่ในสภาพที่ขาดออกซิเจนไนไตรท์ก็จะสะสมมากขึ้น ในสภาพที่ความเข้มข้นยังไม่ก่อให้เกิดการตาย ไนไตรท์มีผลทำให้ปลาเป็นโรคติดเชื้อได้ง่าย การเจริญเติบโตลดลง และที่ความเข้มข้นระดับสูงก่อให้เกิดการตายสำหรับปลาน้ำจืดอยู่ในช่วง 0.66 – 200 มิลลิกรัม/ลิตร

สรุปผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 (ปีงบประมาณ 2550) การศึกษาผลของวิตามินซีต่อการเจริญเติบโต อัตรารอด และการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันโรคของปลานิล

จากการศึกษาผลของอาหารเสริมวิตามินซี (0, 250, 500 และ 750 มก. ต่ออาหาร 1 กก.) ต่อการเจริญเติบโต อัตรารอด และการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันโรคของปลานิล (อายุ ประมาณ 5 เดือน) เป็นระยะเวลา 213 วัน สรุปได้ว่า กลุ่มปลาที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีให้ผลการเจริญเติบโตทั้งน้ำหนักสิ้นสุดและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) อัตราการแลกเนื้อ (FCR) และผลผลิตที่ได้รับดีกว่ากลุ่มปลาที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยปลาที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 500 มก. ต่ออาหาร 1 กก. จะให้ผลการเจริญเติบโตดีที่สุด แต่ก็ไม่ได้แตกต่างทางสถิติกับปลากลุ่มที่เสริมวิตามินซีปริมาณอื่นๆ ส่วนอัตราการรอดตายเป็น 100% เท่ากัน แต่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 250 มก. ต่ออาหาร 1 กก. มีต้นทุนต่ำกว่า (51.69 ± 0.91 บาทต่อ กก.) จึงมีอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) (1.94 ± 0.03) สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 500 และ 750 มก. ต่ออาหาร 1 กก. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ส่วนผลทางด้านการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันโรค พบว่า วิตามินซีในระดับต่างๆ มีส่วนในการช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะในปลานิล โดยเฉพาะการเสริมวิตามินซี 500 และ 750 มก. ต่ออาหาร 1 กก. ทำให้ค่าฮีมาโตคริต เซลล์เม็ดเลือดแดง ซีรัมไลโซไซม์ ซีรัมโปรตีน และ ซีรัมกลูโคส มีปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้นจากกลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่การเสริมวิตามินซีที่ 750 มก. ต่ออาหาร 1 กก. ทำให้ต้นทุนเพิ่ม และผลที่ได้ไม่แตกต่างกันกับการเสริมวิตามินซีที่ 250 และ 500 มก. ต่ออาหาร 1 กก.

ดังนั้นจึงแนะนำว่าควรเสริมวิตามินซีในปริมาณ 250 มก. ต่ออาหาร 1 กก. ในการเลี้ยงปลานิลเพื่อให้ปลานิลมีการเจริญเติบโตและเพิ่มการตอบสนองต่อระบบภูมิคุ้มกันให้อยู่ในเกณฑ์ดี

การทดลองที่ 2 (ปีงบประมาณ 2551) การทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองเพื่อช่วยเร่งการเจริญเติบโตและลดต้นทุนค่าอาหารสำหรับเลี้ยงปลานิล

จากการศึกษาการทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง (0, 15, 30 และ 45%) เพื่อช่วยเร่งการเจริญเติบโตและลดต้นทุนค่าอาหารสำหรับเลี้ยงปลานิล (อายุประมาณ 1 ปี) เป็นระยะเวลา 130 วัน สรุปได้ว่า ปลานิลกลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 15

และ 45% มีน้ำหนักสิ้นสุด อัตราการแลกเนื้อ (FCR) และผลผลิต (Total Biomass) ดีกว่าปลา
กลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 30% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
($P < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับกลุ่มที่ได้รับอาหารไม่ผสมถั่วเหลือง
และปลาป่นกลุ่มที่ได้รับอาหารไม่ผสมถั่วเหลืองยังมีน้ำหนักที่เพิ่ม ความยาวที่เพิ่ม และอัตราการ
เจริญเติบโตจำเพาะดีกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองในปริมาณ
ต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนความยาวสิ้นสุดของปลาป่นกลุ่มที่ได้รับอาหาร
ไม่ผสมถั่วเหลืองมีค่ามากกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 30% และ
45% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับกลุ่มที่
ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 15% และพบว่าทุกชุดการทดลองมีอัตราการ
รอดตาย 100% เท่ากันไม่แตกต่างทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่าปลาป่นกลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทน
ปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 45% มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่า (68.02 ± 4.46 บาทต่อกก.) จึงมี
อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) (1.48 ± 0.10) สูงกว่ากลุ่มทดแทนปลาป่นบางส่วน
ด้วยถั่วเหลืองปริมาณอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ
($P > 0.05$) กับกลุ่มที่ได้รับอาหารไม่ผสมถั่วเหลือง

ดังนั้นในการผลิตอาหารสำหรับการเลี้ยงปลาป่น สามารถทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่ว
เหลืองได้ถึง 45% เพราะผลการเจริญเติบโตอยู่ในเกณฑ์ที่ดี และช่วยลดต้นทุนการผลิตด้วย
นอกจากนี้การลดการใช้ปลาป่นยังเป็นแนวทางที่สอดคล้องกับการอนุรักษ์ทรัพยากรปลาวัยอ่อนที่
ถูกจับก่อนวัยเจริญพันธุ์ได้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

- เจษฎา อิศหาะ. 2549. การทดลองใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารเม็ดสำเร็จรูป สำหรับเลี้ยงปลาคาร์ฟ ปลาแรด และปลาเป็ดแดง (ปลาจระเม็ดน้ำจืด). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครศรีอยุธยา หันตรา.
- दनัย อุ๋นใจและคณะ. 2548. การศึกษาระดับของวิตามินซีที่เสริมในอาหารสำเร็จรูปต่อการเลี้ยงปลากดเหลือง. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น 5: 89 - 102.
- เดชา นาวานุเคราะห์. 2543. คุณภาพน้ำทางการประมง. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพิษณุโลก. 104 น.
- เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์, สุเทพ ปันธิวงศ์, สมบูรณ์ ใจปิ่นตา, ประจวบ ฉายบุ, สุดปราณี มณีศรี และรุ่งกานต์ อำไพพงษ์. 2545. โครงการแนวทางการจัดการปัญหาการผลิตและการตลาดปลาน้ำจืดจังหวัดเชียงใหม่. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (แม่โจ้). 84 น.
- นภดล ศุกระกาญจน์. 2549. คู่มือปฏิบัติการโรคสัตว์น้ำ (Fish Diseases Laboratory Manual) ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ. 59 - 71.
- นัฏพร ชัยศักดิ์ชาติ. 2541. การเปรียบเทียบผลของวิตามินซีรูปแบบต่าง ๆ ในอาหารกุ้งกุลาดำ วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยมหิดล. 112 น.
- พรรคดี ตั้งรัตนสมบูรณ์. 2543. การเปรียบเทียบผลของวิตามินซีรูปแบบต่าง ๆ ในอาหารปลานิล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- มะลิ บุญยรัตน์ผลิน, นันทิยา อุ๋นประเสริฐ และ จารุวัฒน์ วรรณโกวิธน์. 2533. ระดับวิตามินซีที่เหมาะสมเพื่อเสริมในอาหารเลี้ยงลูกปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*). สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งแห่งชาติ, กรมประมง, สงขลา. 18 น.
- มะลิ บุญยรัตน์ผลิน ประวิทย์ สุรนิรนาถ และอำมรงค์ ต้นภิบาล. 2539. การแทนที่ปลาป่นด้วยผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองชนิดต่าง ๆ ในอาหารปลากะพงขาว. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 29: 30 น.
- มันสิน ตันทุลเวธน์ และไพพรรณ พรประภา. 2539. การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ เล่ม 1 การจัดการคุณภาพน้ำ. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ. 214 น.

- ไมตรี ดวงสวัสดิ์. 2530. เกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อการคุ้มครองทรัพยากรสัตว์น้ำจืด. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง. 38 น.
- วิมล จันทรโรทัย, ทวี วิพุทธานุมาศ และ พิศมัย สมสืบ. 2539. การทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยโปรตีนข้าวโพดช่วยเร่งการเจริญเติบโตและปรับสีผิวและเนื้อของปลาดุกลูกผสม. เอกสารวิชาการฉบับที่ 178, สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด, กรมประมง, กรุงเทพฯ. 12 น.
- วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. 2536. อาหารปลา. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 210 น.
- วุฒิพร พรหมขุนทอง. 2539. ผลของวิตามินซีระดับต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตราการรอดตายของปลากดเหลือง (*Mystus nemurus*). วารสารสงขลานครินทร์ 18(4): 414 – 420.
- เสวต ไชยมงคล. 2535. วิตามินซีในอาหารกุ้งกุลาดำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เสน่ห์ ผลประสิทธิ์ และภานุ เทวรัตน์มณีกุล. 2541. ชีวิตวิทยาและการเพาะเลี้ยงปลานิล. วารสารการประมง 51(1): (ม.ค.-ก.พ.).
- สมศักดิ์ ระย่น. 2540. ผลของวิตามินซีต่อความเครียดและการเจริญเติบโตของลูกกุ้งกุลาดำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สโรชา หรุ่นศิริ. 2540. การเปรียบเทียบผลของวิตามินซีรูปแบบต่าง ๆ ในอาหารปลาดุกลูกผสม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อภิพรณ พุกภักดี. 2546. "ตัวเหลือง: พิษทองของไทย". มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Ai, Q., M. Kangsen, T. Beiping, X. Wei, Z. Wenbing, M. Hongming, and L. Zhiguo. 2006. Effects of dietary vitamin C on survival, growth, and immunity of large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea*. Aquaculture 261: 327 – 336.
- Akiyama, D.M., W.G. Dominy and A.L. Lawrence. 1991. Commercial Considerations for Shrimp Nutrition. The Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop, Bangkok, Thailand, September 19-21. 133 p.
- Al-Amoudi, M.M., A.M.N. El-Nakkadi, and B.M. El-Nouman. 1992. Evaluation of optimum dietary requirement of vitamin C for the growth of *Oreochromis spilurus* fingerlings in water from the Red Sea. Aquaculture 105: 165 – 173.
- Anadu, D.I., O.C. Anozie and A.D. Anthony. 1990. Growth response of *Tillapia zillii* fed

- siets containing various levels of ascorbic acid and cobalt chloride. *Aquaculture* 88: 329 – 339.
- Andrade, J. I. A. D., E. A. Ono, G. C. D. Menezes, E. M. Brasil, R. Ruobach, E. C. Urbinati, M. T. Dias, J. L. Marcon, and E. G. Affonso. 2006. Influence of diets supplemented with vitamins C and E on pirarucu (*Arapaima gigas*) blood parameters. *Comparative Biochemistry and Physiology*.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 14th ed., AOAC, Arlington, Virginia : 1018 p.
- Barlow, S. 1989. Fish meal – world outlook to the year 2000. *Fish Farmer*. Sept/Oct : 40 – 43.
- Benitez, L.V. and J.E. Halver. 1982. Ascorbic acid sulfate sulfohydrolase (C2 sulfatase) : the modulator of cellular levels of ascorbic acid in rainbow trout. *Proc. Nat. Acad. U.S.A.* 70 : 5445-5449.
- Chavez de Martinex, M.C. 1990. Vitamin C requirement of the Mexican native cichlid *Cichlasoma urophthalmus* (Gunther). *Aquaculture* 86 : 409 - 413.
- Dyerberg, J., Bang, H.O., Stoffersen, E., Moncada, S. and Vane, J.R. 1978. Eicosapentaenoic acid and prevention of thrombosis and atherosclerosis. *Lancet*. 2: 117.
- Garcia, F., F. Filarski, E. Onaka, F. Moraes and M. Martins. 2007. Hematology of *Piaractus mesopotamicus* fed diets supplemented with vitamins C and E, challenged by *Aeromonas hydrophila*. *Aquaculture* 217: 39 - 46.
- Gouillou-Coustans, M.-F., P. Bergat and S.J. Kaushik. 1998. Dietary ascorbic acid need of common carp (*Cyprinus carpio*) larvae. *Aquaculture* 161 : 453 – 461.
- He, H. and A.L. Lawrence. 1992. Vitamin C requirements of shrimp *Penaeus vannamei*. *Aquaculture* 114: 305 – 316.
- Henrique, M.M.F., E.F. Gomes, M.F. Gouillou-Coustans, A. Oliva-Teles and S.J. Davies. 1998. Influence of supplementation of practical diets with vitamin C on growth

- and response to hypoxic stress of seabream, *Sparus aurata*. Aquaculture 161(1-4): 415 - 426.
- Herold, P.M. and Kinsella, J.E. 1986. Fish oil consumption and decreased risk of cardiovascular disease: A comparison of finding from animal and human feeding trial. Am. J. Clin. Nutr 43: 556.
- Hsu, T.S. and S.Y. shiau. 1998. Comparison of vitamin C requirement for maximum growth of grass shrimp, *Penaeus monodon*, with L-ascorbyl-2-monophosphate-Na and L-ascorbyl-2-monophosphate-Mg. Aquaculture 163 : 203 - 213.
- Hyvarinen, A. and E. Nikkila. 1962. Specific determination of blood glucose with O-toluidine. Clin. Chem. Acta. 7: 140 - 143.
- Khajoreen, J. and S. Khajareen. 1997. Stability and bioavailability of vitamin C-glucose in *Clarias* hybrid catfish (*Clarias gariepinus* X *Clarias macrocephalus*).
- Lim, C. and Dominy, W. 1989. Utilization of plant proteins by warmwater fish. In: T.H. Applewhite (ed.) Proceedings of the World Congress on Vegetable Protein Utilization in Human Foods and Animal Feedstuffs, J. Am. Oil Chem. Soc., Champaign, Illinois: 245 – 251.
- Lim, C., P.H. Klesius, M. Li and E. H. Robinson. 1999. Interaction between dietary levels of iron and vitamins C on growth, hematology, immune responses and resistant of channel catfish (*Ictalurus punctatus*.fed) to *Edwardsiella ictaluri* challenge. Aquaculture 185: 313 - 327.
- Lowry, O.H., N.J. Rosebrough, A.L. Farr and R.J. Randall. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. J. Biol. Chem. 140: 879 - 85.
- Lovell, R.T.. 1984. Use of soybean product in diets for aquaculture species. Animal Nutrition Bulletin. American Soybean Association, February : 1 - 6.
- Menezes, G. C. D., M. T. Dias, E. A. Ono, J. I. A. D. Andrade, E. M. Brasil, R. Ruobach, E. C. Urbinati, J. L. Marcon and E. G. Affonso. 2006. The influence of dietary vitamin C and E supplementation on the physiological response of pirarucu

- Arapaima gigas*, in net culture. Comparative Biochemistry and Physiology 145: 274 - 279.
- Merchie, G., P. Lavens and P. Sorgeloose. 1997. Optimization of dietary vitamin C in fish and crustacean larvae : a review. Aquaculture 155 : 165-181.
- Mitchell, H.H. 1950. Nutritive factors in soybean meal products. In: K.S. Markley (ed.), soybeans and Soybean Products. Interscience Publishers, New York, INC : 383 – 422.
- Moser, U. and A. Bendich. 1990. Vitamin C, pp. 195-232. In J.M. Lawrence (ed.). Handbook of Vitamins. Marcel Dekker, New York.
- NRC (National Research Council). 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Academy Press, Washington, DC : 114 p..
- Puangkaew J, V. Kiron, T. Somamoto, N. Okamoto, S. Satoh, T. Takeuchi and T. Watanabe. 2004. Nonspecific immune response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) in relation to different status of vitamin E and highly unsaturated fatty acids. Fish & Shellfish Immunology 16: 25 – 39.
- Shiau, S.Y. and T.S. Hsu. 1995. L-ascorbyl-2-sulfate has equal antiscorbutic activity as L-ascorbyl-2-monophosphate for tilapia, (*Oreochromis niloticus* X *O. aureus*). Aquaculture 133 : 147-157.
- Shiau, S.Y. and T.S. Hsu. 1999. Quantification of vitamin C requirement for juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus*, with L-ascorbyl-2-monophosphate-Na and L-ascorbyl-2- monophosphate-Mg. Aquaculture 175: 317 – 326.
- Singer, P. *et al.* 1983. Lipid and blood pressure – lowering effect of mackerel diet in man. Atherosclerosis 49: 99.
- Swingle, H.S. 1969. Methods of Analysis for Water, Organic Matter and Pond Bottom Soils Use in Fisheries Research. Auburn University. 119 p.
- Thompson, I.A., A. White, T.C. Fletcher, D.F. Houlihan and C.J. Secombes. 1993. The effect of stress on the immune response of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed diets containing different amounts of vitamin C. Aquaculture 114: 1 – 18.

Watanabe, T. *et al.* 1992. Utilization of soybean meal as a protein source in newly developed self – dry pellet for yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58: 1761 – 1773.

Watanabe, T. *et al.* 1993. Replacement of fish meal by alternative protein sources in rainbow trout diets. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59: 1573 – 11579.

