



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การใช้เทคโนโลยีทางเลือกเพื่อผลิตสัตว์น้ำอย่างปลอดภัยและยั่งยืน

Utilization of Alternative Technology for Producing Safety and
Sustainability Aquatic Animals

โดย

สมสมร แก้วบริสุทธิ์
พีญพรรณ ศรีสกุลเดียว

ภาควิชาประมง

คณะเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ทุนอุดหนุนทั่วไป ปี พ.ศ. 2554

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือการศึกษาข้อมูลด้านความปลอดภัยและคุณภาพ ของปลานิลและกุ้ง ก้ามกรามที่เลี้ยงร่วมกันกับปลานิล ของเกษตรกร 3 ราย เกษตรกรรายที่ 1 เลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งก้ามกราม จำนวน 2 บ่อ เกษตรกรรายที่ 2 เลี้ยงปลานิลเพียงอย่างเดียว และเกษตรกรรายที่ 3 เลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้ง ก้ามกรามจำนวน 1 บ่อ ข้อมูลด้านความปลอดภัยมาจากปริมาณ/การพบแบคทีเรียดัชนีการปนเปื้อนและ แบคทีเรียก่อโรคบางชนิด ได้แก่ Enterobacteriaceae, coliforms, *Escherichia coli*, *Vibrio* spp., *Staphylococcus aureus* และ *Salmonella* spp. สำหรับการศึกษาด้านคุณภาพครอบคลุมการศึกษา ปริมาณ mesophilic bacteria, psychrotrophic bacteria, ปริมาณเนื้อ, ปริมาณหัว, องค์ประกอบทางเคมี (ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า), ค่าสี ('L', 'a' และ 'b'), ค่าเนื้อสัมผัส, ปริมาณ cooking loss, ค่าความ เป็นกรด-ด่าง, ปริมาณต่างที่ระเหยได้, และกลิ่นทางประสาทสัมผัสของเนื้อปลา/กุ้งก้ามกรามสุก

ผลการทดลองพบว่าเนื้อปลา มี Enterobacteriaceae ปริมาณ $1.57 \times 10^1 - 3.12 \times 10^3$ cfu/g, coliforms $< 2.5 - 3.74 \times 10^1$ cfu/g ตรวจไม่พบ *E. coli*, *Vibrio* spp., *S. aureus*, และ *Salmonella* spp. ในปลานิลจากเกษตรกรรายที่ 1 และ 3 แต่ในปลานิลที่สุ่มจากเกษตรกรรายที่ 2 พบเชื้อ *Salmonella choleraesuis* subsp. *arizonae* และ *Shigella* spp. การศึกษาด้านคุณภาพเนื้อปลาพบว่าปริมาณ mesophilic และ psychrotrophic bacteria เท่ากับ $1.22 \times 10^3 - 4.64 \times 10^4$ และ $2.33 \times 10^1 - 7.36 \times 10^2$ cfu/g ตามลำดับ ส่วนองค์ประกอบทางเคมีประกอบด้วยความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า เท่ากับร้อยละ 76.08-77.13, 19.06-19.88, 1.70-3.31, และ 1.18-1.29 ตามลำดับ ไม่พบคาร์โบไฮเดรต เนื้อปลานิลมีค่า สี 'L', 'a' และ 'b' อยู่ระหว่าง 54.31-56.74, -0.69-(-1.13) และ 5.12-6.17 ตามลำดับ เนื้อปลาปริมาณ ร้อยละ 34.5-36.24 หัวมีปริมาณร้อยละ 24.03-26.06 ค่าเนื้อสัมผัสอยู่ระหว่าง 2.53-2.89 Kg.force ส่วนค่า cooking loss, ความเป็นกรด-ด่าง, และปริมาณต่างที่ระเหยได้ทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 8.57-15.68, 6.59-6.85, และ 0.66-0.78 มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัม ตามลำดับ พบกลิ่นโคลนในเนื้อปลาที่สุ่มจากเกษตรกรทุกราย ความเข้มข้นของกลิ่นอยู่ระหว่าง 0.25-2.00 จุด จากเต็มสเกล 15 จุด ส่วนกลิ่นสาหร่ายพบในปลาที่สุ่มจาก เกษตรกรรายที่ 3 เท่านั้น ความเข้มข้นของกลิ่นอยู่ที่ 0.75 จุด จากเต็มสเกล 15 จุด

สำหรับการศึกษากุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงร่วมกับปลานิลของเกษตรกรรายที่ 1 และ 3 พบว่ากุ้งมี Enterobacteriaceae ปริมาณ $3.48 - 7.85 \times 10^4$ cfu/g, coliforms $7.32 \times 10^2 - 6.10 \times 10^4$ cfu/g สำหรับ *E. coli* ตรวจพบเฉพาะฟาร์มที่ 1 ปริมาณ 9×10^2 cfu/g ทั้งสองฟาร์มตรวจไม่พบ *Vibrio* spp., *S. aureus*, และ *Salmonella* spp. แต่พบแบคทีเรียก่อโรคชนิด *Plesiomonas shigelloides* และ *Aeromonas hydrophila* จากกุ้งก้าม 1 ตัวอย่างที่สุ่มจากเกษตรกรรายที่ 3 เมื่อนำกุ้งทั้งตัวมาวัดปริมาณ mesophilic และ psychrotrophic bacteria พบว่ามีค่า $1.02 - 9.5 \times 10^6$ และ $4.03 \times 10^4 - 2.17 \times 10^5$ cfu/g ตามลำดับ เมื่อนำเนื้อกุ้งมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่ามีความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า เท่ากับร้อยละ 77.21-77.88, 19.91-20.62, 0.92-0.97, และ 1.24-1.28 ตามลำดับ ไม่พบคาร์โบไฮเดรตในเนื้อกุ้งที่นำมาวิเคราะห์ สำหรับค่าสี 'L', 'a', และ 'b' มีค่าระหว่าง 38.02-40.12, -0.48-(-0.55), และ -3.61-(-3.74) ตามลำดับ กุ้ง มีปริมาณเนื้อร้อยละ 35-74-36.87 และมีน้ำหนักหัวร้อยละ 49.07-62.97 ค่าเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งอยู่ระหว่าง 1.87-2.00 Kg.force ปริมาณ cooking loss สูงระหว่างร้อยละ 30.45-34.64 ค่าความเป็นกรดต่างของเนื้อกุ้ง ดิบอยู่ระหว่าง 6.67-6.82 ปริมาณต่างที่ระเหยได้มีค่า 0.27-0.73 เนื้อกุ้งจากการทดลองไม่มีกลิ่นโคลนหรือ กลิ่นสาหร่าย

Abstract

The objective of this study was to obtain the information relating to safety and quality of tilapias and giant freshwater prawns raised in co-culture ponds. Three fish farms participated in the study. The first farm had two tilapia&prawn co-culture ponds. The second farmer had only one tilapia pond, while the third farmer had a tilapia&prawn co-culture pond. The safety of the tilapias and prawns was determined by the levels of Enterobacteriaceae, coliforms, *Escherichia coli*, *Vibrio* spp., *Staphylococcus aureus* and *Salmonella* spp., while the quality of the animals was expressed by mesophilic bacteria, psychrotrophic bacteria, percentage of the meat, percentage of the head, chemical compositions (moisture, protein, total fat, and ash), color of bone-side meat ('L', 'a' and 'b' values), instrumental texture, cooking loss, pH, total volatile base nitrogen (TVB-N), and sensorial odor of the cooked tilapia/prawn meat.

The results showed that tilapia contained Enterobacteriaceae and coliforms at the levels of 1.57×10^1 - 3.12×10^3 and <2.5 - 3.74×10^1 , respectively. *E. coli*, *Vibrio* spp., *S. aureus*, and *Salmonella* spp. were not detected in tilapias obtained from the first and the third farm. However, a sample obtained from the second farm contained *Salmonella choleraesuis* subsp. *arizonae* and *Shigella* spp. The studies of tilapia quality showed that the fish contained mesophilic and psychrotrophic bacteria at the levels of 1.22×10^3 - 4.64×10^4 and 2.33×10^1 - 7.36×10^2 cfu/g, respectively. Moisture, protein, total fat, ash, and carbohydrate in fish meat were 76.08-77.13%, 19.06-19.88%, 1.70-3.31%, 1.18-1.29%, and 0%, respectively. Color of bone-side meat, expressed in 'L', 'a', and 'b' values, was at the ranges of 54.31-56.74, -0.69-(-1.13) and 5.12-6.1, respectively. The meat and the head of tilapia were accounted for 34.5-36.24% and 24.03-26.06% of fish body weight, respectively. The instrumental texture, cooking loss, pH, and TVB-N of fish meat were 2.53-2.86 Kg.force, 8.57-15.68%, 6.59-6.85, and 0.66-0.78 mgN₂/100g, respectively. Undesirable mud odor (geosmin) at the levels of 0.25-2.00 points from full scale of 15 point were detected in cooked fish meat. Blue-green algae odor (2-Methylisoborneol: 2-MIB) at the intensity of 0.75 point from full scale of 15 points was detected only in fish obtained from the third farm.

Giant freshwater prawns obtained from the first and third farm were also determined for their safety and quality. The results showed that the prawns contained Enterobacteriaceae and coliforms at the levels of 3.48 - 7.85×10^4 and 7.32×10^2 - 6.10×10^4 cfu/g, respectively. *E. coli* at the level of 9×10^2 cfu/g were detected in the prawns sampled from the first farm. *Vibrio* spp., *S. aureus*, and *Salmonella* spp. were not found in all samples.

Pathogenic bacteria (*Plesiomonas shigelloides* and *Aeromonas hydrophila*) were detected in a sample obtained from the third farm. Levels of mesophilic and psychrotrophic bacteria in the prawns were $1.02-9.5 \times 10^6$ and $4.03 \times 10^4 - 2.17 \times 10^5$ cfu/g, respectively. Moisture, protein, total fat, ash, and carbohydrate in prawn meat ranged from 77.21-77.88%, 19.91-20.62%, 0.92-0.97%, 1.24-1.28%, and 0%, respectively. Color 'L', 'a' and 'b' of prawn meat were 38.02-40.12, -0.48-(-0.55), and -3.61-(-3.74), respectively. Prawn meat and head were accounted for 35.74-36.87% and 49.07-62.97% of total weight. The instrumental texture, cooking loss, pH, and TVB-N of prawn meat were 1.87-2.00 Kg.force, 30.45-34.64%, 6.67-6.82, and 0.27-0.73 mgN₂/100g, respectively. Neither geosmin nor 2-MIB was detected in prawn meat.

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การศึกษาจากเอกสาร	2
วิธีการทดลอง	3
ผลการทดลอง	8
วิจารณ์ผลการทดลอง	14
สรุป	16
เอกสารอ้างอิง	17

สารบัญตาราง

	หน้า	
ตารางที่ 1	ปริมาณ mesophilic bacteria และ psychrotrophic bacteria ในเนื้อปลานิลจากบ่อของเกษตรกร 3 ราย ที่เลี้ยงปลานิลเพียงอย่างเดียวและเลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งก้ามกราม	8
ตารางที่ 2	ปริมาณแบคทีเรียตัวชี้และแบคทีเรียก่อโรค ในเนื้อปลานิลจากบ่อของเกษตรกร 3 ราย ที่เลี้ยงปลานิลเพียงอย่างเดียวและเลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งก้ามกราม	9
ตารางที่ 3	ปริมาณ mesophilic bacteria และ psychrotrophic bacteria ในกุ้งก้ามกรามจากบ่อของเกษตรกรรายที่ 1 และ 3 ราย ที่เลี้ยงเลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งก้ามกราม	9
ตารางที่ 4	ปริมาณแบคทีเรียก่อโรคและ indicator bacteria ในกุ้งก้ามกรามจากบ่อของเกษตรกรรายที่ 1 และ 3 ราย ที่เลี้ยงเลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งก้ามกราม	10
ตารางที่ 5	ปริมาณเนื้อปลานิล, หัว, เครื่องใน, และก้างกลาง คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์เนื้อเทียบกับน้ำหนักปลาทั้งตัว	10
ตารางที่ 6	ปริมาณเนื้อกุ้ง หัว และเปลือกจากข้างลำตัวและหาง คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์เนื้อเทียบกับน้ำหนักกุ้งก้ามกรามทั้งตัว	11
ตารางที่ 7	องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลานิล	11
ตารางที่ 8	องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อกุ้งก้ามกราม	11
ตารางที่ 9	ค่าสีของเนื้อปลานิลด้านกระดูก (bone side) และค่าเนื้อสัมผัสของปลานิล	12
ตารางที่ 10	ค่าสีผิวด้านนอกของเนื้อกุ้งและค่าเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งก้ามกราม	12
ตารางที่ 11	ปริมาณ cooking loss, ค่าความเป็นกรด-ด่าง, และปริมาณต่างที่ระเหยของเนื้อปลานิล	12
ตารางที่ 12	ปริมาณ cooking loss, ค่าความเป็นกรด-ด่าง, และปริมาณต่างที่ระเหยของเนื้อกุ้งก้ามกราม	13
ตารางที่ 13	ระดับความเข้มข้นของกลิ่นเนื้อสุก, กลิ่นหวาน, กลิ่นคาว, กลิ่นโคลน และกลิ่นสาหร่ายในเนื้อปลานิลสุก	13
ตารางที่ 14	ระดับความเข้มข้นของกลิ่นเนื้อสุก, กลิ่นหวาน, กลิ่นคาว, กลิ่นโคลน และกลิ่นสาหร่ายในเนื้อกุ้งก้ามกรามสุก	13

คำนำ

การเลี้ยงสัตว์น้ำจืดเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญประเภทหนึ่งของประเทศไทย โดยผลผลิตสัตว์น้ำจืดมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในปี พ.ศ. 2540 ผลผลิตสัตว์น้ำจืดของไทยมีเพียง 200,200 ตัน แต่ 10 ปีหลังจากนั้น พบว่าในปี พ.ศ. 2549 ผลผลิตสัตว์น้ำจืดเพิ่มขึ้นเป็น 527,400 ตัน (กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง, 2552) คิดเป็นการเพิ่มขึ้นกว่า 160 เปอร์เซ็นต์ ปลาจืดที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจและมีการเลี้ยงมากที่สุดในปี พ.ศ. 2548 คือปลานิล โดยมีผลผลิต 203,737 ตัน คิดเป็น 38 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตสัตว์น้ำจืดทั้งหมด บริเวณเลี้ยงปลานิลมากที่สุดของไทย คือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีกำลังการผลิต 25.25 เปอร์เซ็นต์ของกำลังการผลิตปลานิลทั้งหมด (กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง, 2548)

การเลี้ยงปลานิลในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นการเลี้ยงแบบกึ่งพัฒนา (semi intensive culture) หรือแบบพัฒนา (intensive culture) ซึ่งมีการใช้อาหาร, ยารักษาโรค และปัจจัยการผลิตอื่นๆ เพื่อให้ได้ผลผลิตสูง การเลี้ยงแบบนี้อาจสร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมาก หากไม่มีการบริหารจัดการของเสียจากการเลี้ยงปลาอย่างถูกต้อง จากรายงานของ Wu (1995) พบว่า อินทรีย์สารและสารอาหารต่างๆ จากเศษอาหาร รวมทั้งสิ่งขับถ่าย ไม่ว่าจะเป็นแอมโมเนียหรือมูลปลา หากไม่ผ่านระบบกำจัดหรือบำบัดอย่างเหมาะสมและถูกทิ้งสู่สิ่งแวดล้อม จะส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม จนบางครั้งเกษตรกรไม่สามารถเลี้ยงปลาในบริเวณเดิมต่อไปได้นอกจากนี้ Sapkota et al. (2008) พบว่าอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงปลาอาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพมนุษย์ ได้แก่ ความเสี่ยงจากยาปฏิชีวนะที่ใช้ในการรักษาโรคของปลา ซึ่งอาจส่งผ่านมายังมนุษย์โดยตรงจากการบริโภคปลา หรือได้รับจากสิ่งแวดล้อมที่ปนเปื้อน, ความเสี่ยงต่อการติดเชื้อแบคทีเรียที่เรียกว่ายาปฏิชีวนะ ซึ่งอาจเกิดขึ้นระหว่างการจับต้องปลาหรือได้รับจากสิ่งแวดล้อม, และความเสี่ยงจากการได้รับน้ำทิ้งรวมทั้งของเสียอื่นจากการเพาะเลี้ยง

จากผลกระทบของการเลี้ยงปลาแบบกึ่งพัฒนาหรือแบบพัฒนาต่อสิ่งแวดล้อม จึงมีการพัฒนาการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบยั่งยืนขึ้น การเลี้ยงสัตว์น้ำหลายชนิดร่วมกันก็เป็นทางเลือกหนึ่งของการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบยั่งยืน การเลี้ยงสัตว์น้ำหลายชนิดร่วมกันอาศัยหลักการที่ว่า สัตว์น้ำที่มีพฤติกรรมการกินอาหารแตกต่างกันจะอาศัยในระดับน้ำที่แตกต่างกัน โดยสัตว์น้ำที่เลี้ยงร่วมกันอาจเป็นปลากับกุ้ง ปลาบับปลา กุ้งกับกุ้ง หรือ ปลาบับกุ้งร่วมกับสาหร่าย ปัจจุบันการเลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้รับการส่งเสริมจากบริษัทเอกชนและมีเกษตรกรให้ความสนใจเป็นจำนวนมาก เนื่องจากการเลี้ยงแบบนี้จะให้ผลผลิตสูงกว่าการเลี้ยงสัตว์น้ำเพียงชนิดเดียว ผลผลิตที่ได้จากการเลี้ยงปลาร่วมกับกุ้งสามารถลดความเสี่ยงจากความผันผวนของราคาปลาหรือราคากุ้ง เมื่อกุ้งกินเศษอาหารที่เหลือจากปลา ทำให้ต้นทุนของการเลี้ยงลดลง นอกจากนี้เศษอาหารที่ถูกกำจัดไป ยังทำให้น้ำทิ้งมีอินทรีย์สารและสารอาหารน้อยลง เป็นการลดผลกระทบของน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงปลาต่อสิ่งแวดล้อม เมื่อกุ้งกินเศษอาหารเหลือ ทำให้การหมักหมมในบ่อเลี้ยงลดลง ส่งผลให้ปลามีสุขภาพดีขึ้น จึงสามารถลดการใช้ยาปฏิชีวนะและสารเคมีต่างๆ ระหว่างการเลี้ยงได้ ผลผลิตจากปลาจึงอาจมีความปลอดภัยมากขึ้น จนอาจสามารถยกระดับปลาเป็นสินค้ามีมูลค่าเพิ่มที่มีความแตกต่างจากปลาที่มาจาก การเลี้ยงแบบกึ่งพัฒนาหรือแบบพัฒนา ถึงแม้ปลาจากการเลี้ยงสัตว์น้ำหลายชนิดร่วมกันน่าจะมีความปลอดภัย แต่ยังไม่มียารายงานถึงการปนเปื้อนของแบคทีเรียที่ก่อโรคในมนุษย์ (human pathogenic bacteria) และ indicator bacteria ซึ่งเป็นดัชนีชี้ความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ และยังไม่มียารายงานเกี่ยวกับคุณภาพด้านอื่นๆ ของปลาดังกล่าว เช่น คุณภาพด้านจุลชีววิทยา, คุณภาพด้านเคมีฟิสิกส์ (physicochemical characteristic), คุณภาพด้านประสาทสัมผัส และองค์ประกอบทางเคมี

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาข้อมูลด้านความปลอดภัย รวมทั้งข้อมูลปริมาณเนื้อ (meat yield) องค์ประกอบทางเคมี และคุณภาพเนื้อของปลานิล ที่มาจากการเลี้ยงร่วมกับสัตว์น้ำชนิดอื่น

การศึกษาจากเอกสาร

ปลานิลเป็นปลาที่เลี้ยงง่ายและมีรสชาติดี ทำให้เป็นที่นิยมของคนไทย จึงทำให้มีการเพาะเลี้ยงมากที่สุด โดยในปีพ.ศ. 2548 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นบริเวณที่มีการเลี้ยงปลานิลมากเป็นอันดับหนึ่งของประเทศ (กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง, 2548) โดยการเลี้ยงปลานิลแบบกึ่งพัฒนาหรือแบบพัฒนาได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน แต่การเลี้ยงปลาแบบนี้อาจก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศน์เนื่องน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลาแบบกึ่งพัฒนาหรือแบบพัฒนา มีอินทรีย์สารรวมทั้งสิ่งขับถ่ายจากปลา (Wu, 1995; Buschmann et al., 1996), และอาจมียาปฏิชีวนะและสารเคมีอื่นๆ ปนเปื้อนอยู่ด้วย (Sapkota et al., 2008) ส่งผลให้เกษตรกร, ประชาชนที่อยู่ใกล้เคียงบริเวณเลี้ยง และผู้บริโภคอาจได้รับยาปฏิชีวนะที่ใช้ในการรักษาโรคปลา, ติดเชื้อแบคทีเรียดื้อยาปฏิชีวนะ, และได้รับน้ำทิ้งรวมทั้งของเสียจากการเลี้ยงปลา (Sapkota et al., 2008)

ทางเลือกหนึ่งในการลดปัญหาจากการเลี้ยงปลาแบบกึ่งพัฒนาและแบบพัฒนา คือการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบยั่งยืน เทคนิคหนึ่งของการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบยั่งยืน ซึ่งได้รับการส่งเสริมจากบริษัทเอกชนและมีเกษตรกรจำนวนมากในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือให้ความสนใจ คือ การเลี้ยงสัตว์น้ำหลายชนิดร่วมกัน โดยเฉพาะการเลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งก้ามกราม เนื่องจากการเลี้ยงแบบนี้จะให้ผลผลิตสูงกว่าการเลี้ยงสัตว์น้ำเพียงชนิดเดียว การศึกษาของเกรียงไกรและอานูภาพ (2549) พบว่าการเลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งก้ามกราม ที่อัตราปล่อยปลา: กุ้งเท่ากับ 2:10 ตัวต่อไร่ ให้ผลผลิตปลาและกุ้งเท่ากับ 24.50 และ 26.33 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ แต่หากเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่อัตราปล่อย 10 ตัวต่อไร่เพียงอย่างเดียว ผลผลิตกุ้งที่ได้จะมีเพียง 18.38 กิโลกรัมต่อไร่เท่านั้น การศึกษาการเลี้ยงปลาร่วมกับกุ้งชนิดอื่น รายงานโดย Eldini and Lazard (2002) พบว่าการเลี้ยงปลานวลจันทร์ร่วมกับกุ้งกุลาดำ ในอัตราปล่อยปลา: กุ้งเท่ากับ 320: 640 ตัวต่อไร่ ให้ผลผลิตปลา 50.56 กิโลกรัมต่อไร่ และกุ้ง 131.1 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าการเลี้ยงปลานวลจันทร์ที่อัตราปล่อย 320 ตัวต่อไร่เพียงอย่างเดียว ที่ให้ผลผลิตเพียง 33.88 กิโลกรัมต่อไร่ นอกจากผลผลิตที่เพิ่มขึ้นการเลี้ยงปลาร่วมกับกุ้งนี้สามารถลดความเสี่ยงจากความผันผวนของราคาปลาหรือราคากุ้งได้อีกด้วย ส่วนการเลี้ยงปลาสาวยร่วมกับปลาไน ในอัตราปล่อยปลาสาวย: ปลาไน เท่ากับ 2: 2 ตัวต่อตารางเมตร พบว่าผลผลิตปลาสาวยและปลาไนหลังจากเลี้ยง 8 เดือน มีปริมาณ 1,270 และ 670 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ หากเลี้ยงปลาสาวยและปลาไนแยกกันโดยใช้อัตราการปล่อยและระยะเวลาเลี้ยงเท่ากัน จะได้ผลผลิตปลาสาวยและปลาไนอย่างละ 1,227.6 และ 628.6 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (ศักดิ์ชัย, 2536)

การเลี้ยงสัตว์น้ำที่พฤติกรรมกินอาหารต่างกัน เช่น การเลี้ยงปลาร่วมกับกุ้งทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง เนื่องจากกุ้งสามารถกินเศษอาหารเหลือจากปลาได้โดยตรง เมื่อกุ้งคู้ยอาหารที่พื้นบ่อ อินทรีย์สารจะฟุ้งกระจายขึ้นและแพลงก์ตอนพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ส่งผลให้เกิดอาหารสำหรับปลากินพืช ทำให้ลดต้นทุนค่าอาหารได้ นอกจากนี้เศษอาหารและอินทรีย์สารที่ถูกใช้ไป ยังทำให้น้ำทิ้งจากการเลี้ยงสัตว์น้ำาร่วมกันมีคุณภาพดีขึ้น เมื่อต้องทิ้งน้ำสู่สิ่งแวดล้อมจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลง หากต้องบำบัดก่อนทิ้ง น้ำที่มีมลภาวะน้อยจะมีกระบวนการบำบัดน้อยลง จึงเกิดการประหยัดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้เมื่อเศษอาหารและอินทรีย์สารในน้ำน้อยลง มลภาวะในบ่อเลี้ยงจะลดลงตามไปด้วย ส่งผลให้สัตว์น้ำอาจมีสุขภาพดีขึ้น ทำให้การใช้จ่ายยาปฏิชีวนะและสารเคมีต่างๆ ระหว่างการเลี้ยงลดลง ส่งผลให้เกิดการประหยัดและได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความปลอดภัย

ขึ้น จนอาจยกระดับสัตว์น้ำนี้เป็นสินค้ามีมูลค่าเพิ่มที่มีความแตกต่างจากปลาที่เลี้ยงแบบกึ่งพัฒนาหรือแบบพัฒนา

แม้ผลผลิตที่ได้จากการเลี้ยงปลานิลร่วมกับสัตว์น้ำชนิดอื่นจะสูงขึ้น เกิดการประหยัดต้นทุน และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม แต่ยังไม่มีความปลอดภัยของเนื้อปลานิลหรือปลาชนิดอื่นที่เลี้ยงร่วมกัน ข้อมูลเบื้องต้นของ Wu (1995) พบว่าการเลี้ยงสัตว์มีเปลือก (shellfish) ร่วมกับปลา อาจทำให้สัตว์เหล่านี้ปนเปื้อนแบคทีเรียก่อโรค แต่ไม่มีข้อมูลว่าสัตว์มีเปลือกปนเปื้อนแบคทีเรียกลุ่มใด/ปริมาณเท่าไร ข้อมูลด้านความปลอดภัยของปลานิลที่มาจาก การเลี้ยงแบบพัฒนา รายงานโดย สมสมรและคณะ (2552ก) พบว่าปลานิลแลมีแบคทีเรียก่อโรคที่สำคัญได้แก่ *Salmonella* spp. และ *Staphylococcus aureus* แต่ไม่มี *Vibrio cholerae* ใน channel catfish ที่เลี้ยงในบ่อแบบพัฒนาพบ *Salmonella* spp., *Shigella* spp., และ *Edwardsiella tarda* (Andrews et al., 1977); *Listeria monocytogenes* และ *S. aureus* (Fernandes et al., 1997a; Cotton and Marshall, 1998); *Pseudomonas aeruginosa* (Leung et al., 1992); *Aeromonas hydrophila* (Leung et al., 1992; Wang and Silva, 1999); *Klebsiella pneumoniae* และ *Vibrio* spp. (Fernandes et al., 1997b) นอกจากนี้จะขาดข้อมูลด้านความปลอดภัยของปลาที่เลี้ยงร่วมกันแล้ว ข้อมูลด้านปริมาณเนื้อ องค์ประกอบทางเคมี และคุณภาพของเนื้อปลานิล กุ้ง หรือปลาอื่นๆ ที่เลี้ยงร่วมกัน ยังไม่ปรากฏแต่อย่างใด ซึ่งควรมีการศึกษาต่อไป

วิธีการทดลอง

1. ทำการสำรวจเกษตรกรที่เลี้ยงปลานิลร่วมกับสัตว์น้ำชนิดอื่น ไม่ว่าจะเป็ปลานิลกับกุ้งก้ามกราม หรือปลานิลกับปลาชนิดอื่น
2. การศึกษาแบคทีเรียในปลานิลและกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงร่วมกับปลานิล
 - 2.1 การเก็บตัวอย่างปลาและกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงร่วมกับปลานิล

สุ่มปลานิลและกุ้งก้ามกราม บ่อละ 5 ตัว ตาม Ribeiro et al. (2010) จากนั้นลำเลี้ยงปลาแต่ละตัวมายังห้องปฏิบัติการ โดยปรับปรุงวิธีการลำเลี้ยงปลาของ Muratori et al. (2000) จากเดิมที่ใช้ถุงพลาสติกซึ่งยังไม่ฆ่าเชื้อในการลำเลี้ยง มาใช้กล่องพลาสติกที่ฆ่าเชื้อด้วย ethanol เข้มข้นร้อยละ 70 เนื่องจากถุงพลาสติกอาจถูกครีบลากแหงทะเล ทำให้เกิดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในตัวอย่างได้ นอกจากนี้ยังปรับวิธีการฆ่าปลาของ Muratori et al. (2000) ซึ่งเดิมจะเทปลาจากถุงพลาสติกลำเลี้ยง ใส่ถังที่ฆ่าเชื้อด้วย ethanol เข้มข้นร้อยละ 70 จากนั้นเติมน้ำแข็งลงไปเพื่อฆ่าปลา มาใช้วิธีนำกล่องพลาสติกลำเลี้ยงปลามาแช่ในถังน้ำแข็งแทน เพื่อไม่ให้แบคทีเรียในน้ำแข็งปนเปื้อนหรือชะล้างตัวอย่าง หลังแช่กล่องลำเลี้ยงในน้ำแข็ง 40 นาที ใช้ปากคีบที่ฆ่าเชื้อแล้ว คีบปลามาวางบนภาชนะที่ฆ่าเชื้อแล้ว ใช้มีดแทงบริเวณส่วนต่อของกะโหลกกับสันหลัง (spinal section) เพื่อให้ปลาตายสนิท จากนั้นแล่เนื้อปลาออกด้วยมีดผ่าตัด โดยไม่มีการแล่บริเวณท้องปลา หั่นเนื้อปลาที่ได้จากการแล่เป็นชิ้นเล็กและใช้เพื่อการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา ได้แก่ mesophilic aerobic plate count, psychrotrophic bacteria count, coliforms, *E. coli*, *Vibrio* spp., *Staphylococcus aureus* และ *Salmonella* spp. สำหรับกุ้งก้ามกรามใช้วิธีใช้วิธีสุ่มและลำเลี้ยงเช่นเดียวกับปลา การตัดเนื้อกุ้งก้ามกรามใช้การตัดทั้งตัว รวมเปลือก โดยตัดกรีและปลายหางกุ้งออก เพื่อไม่ให้แหงทะเลถูก กุ้งที่ตัดแล้วนำไปวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาดังกล่าวมาแล้ว

2.2 การวิเคราะห์แบคทีเรียในเนื้อปลานิลและกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงร่วมกับปลานิล

2.2.1 mesophilic aerobic plate count ชั่งตัวอย่างเนื้อที่หั่นแล้ว 25 กรัม ใส่ใน sterilized peptone water เข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร ผสมโดยใช้เครื่อง stomacher 3500 Jumbo (Seward Laboratory Systems Inc, Bohemia, NY, USA) 60 วินาที ทำ serial dilution และนับจำนวนแบคทีเรียใน plate count agar (BBL, Sparks, MD, USA) โดยใช้เทคนิค pour plate บ่มเชื้อที่ 30 ± 1 องศาเซลเซียส 2 วัน (Morton, 2001)

2.2.2 psychrotrophic bacteria count ตักและผสมตัวอย่างเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ mesophilic aerobic plate count นับจำนวนแบคทีเรียใน plate count agar (BBL, Sparks, MD, USA) โดยใช้เทคนิค pour plate บ่มเชื้อที่ 7 ± 1 องศาเซลเซียส 10 วัน (Morton, 2001)

2.2.3 Enterobacteriaceae ตักและผสมตัวอย่างเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ mesophilic aerobic plate count นับจำนวนแบคทีเรียใน violet red bile sucrose agar บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35 ± 1 องศาเซลเซียส 2 วัน

2.2.4 coliforms และ *E.coli* ไปเปตตัวอย่างจาก dilution ที่เหมาะสมปริมาณ 1 มิลลิลิตร ใส่ใน 3M Petrifilm *E.coli*/Coliforms (3M, St. Paul, MN, USA) บ่มที่ 35 ± 1 องศาเซลเซียส 1 วัน ตาม Kornacki and Johnson (2001)

2.2.5 *Vibrio* spp. ตักและผสมตัวอย่างเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ mesophilic aerobic plate count นับจำนวนแบคทีเรียใน thiosulfate citrate bile salts sucrose (TCBS) agar (BBL, Sparks, MD, USA) โดยใช้เทคนิค spread plate บ่มที่ 35 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน ตาม Kaysner and DePaola (2001) ตรวจสอบว่า typical colony เป็น *Vibrio* ชนิดใด โดยใช้ชุดตรวจสอบ API 20E (bioMerieux Vitek, Inc., Hazewood, MO, USA)

2.2.6 *Staphylococcus aureus* ตักและผสมตัวอย่างเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ปริมาณ จุลินทรีย์ทั้งหมด ไปเปตตัวอย่างจาก dilution ที่เหมาะสมปริมาณ 0.1 มิลลิลิตร บน Baird-Parker base (BBL, Sparks, MD, USA) ที่เติม egg yolk tellurite emulsion (BBL, Sparks, MD, USA) ใช้เทคนิค spread plate บ่มที่ 35 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน ตาม Lancette and Bannett (2001) ยืนยันว่า typical colony เป็น *S. aureus* โดยใช้ชุดตรวจสอบ API Stap (bioMerieux Vitek, Inc., Hazewood, MO, USA)

2.2.7 *Salmonella* spp. ตักตัวอย่างด้วยช้อนที่ฆ่าเชื้อแล้ว 25 กรัม ใส่ใน sterilized lactose broth ปริมาตร 225 มิลลิลิตร บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง streak บน bismuth sulfite agar (BBL, Sparks, MD, USA), Hextoken enteric agar (BBL, Sparks, MD, USA), และ XLD agar (BBL, Sparks, MD, USA) บ่มที่ 35 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน ตาม Andrew et al. (2001) เชีย typical colony จากอาหารเลี้ยงเชื้อทั้ง 3 ชนิด บน tryptic soy agar ยืนยันว่า typical colony เป็น *Salmonella* spp. ใช้ชุดตรวจสอบ API 20E (bioMerieux Vitek, Inc., Hazewood, MO, USA)

3. การศึกษาปริมาณเนื้อ คุณสมบัติด้าน physicochemical และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาชนิดและ กุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงร่วมกับปลานิล

3.1 การเก็บตัวอย่างปลาและกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงร่วมกับปลานิล

สุ่มตัวอย่างปลานิลและกุ้งก้ามกรามเพื่อใช้ในการวัดคุณภาพ สุ่มปริมาณร้อยละ 5 ของประชากร ปลาหรือกุ้งที่เหลืออยู่ในบ่อ โดยใช้ปลาที่มีน้ำหนักมากกว่า 500 กรัม เพื่อให้สามารถตัดชิ้นเนื้อมีความหนา เพียงพอ ที่จะนำมาวัดคุณภาพได้ ส่วนกุ้งพบว่าน้ำหนักของกุ้งที่สุ่มได้มีขนาด 25-34 กรัม/ตัว ซึ่งเป็นขนาดที่สามารถนำไปจำหน่ายในท้องตลาดได้

3.2 ปริมาณเนื้อ (meat yield) วัดโดยแล่ปลานิลทั้งตัว เป็นเนื้อปลานิลมีหนัง (skin on fillet), หัว ปลา (head), เครื่องใน (evisceral mass), และก้างกลาง (vertebrae หรือ frame) จากนั้นคำนวณ เปอร์เซ็นต์เนื้อ หัว เครื่องใน และก้างกลางเทียบกับน้ำหนักปลาทั้งตัว สำหรับกุ้งก้ามกรามแยกเป็นเนื้อ หัว (cephalothorax) และเปลือกจากข้างลำตัวและหาง

3.3 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาและกุ้ง

3.3.1 วัดความชื้น ตามวิธี 950.46 ของ AOAC (1999) ใช้ตัวอย่าง 2 กรัม ใส่ถ้วยอะลูมิเนียมที่ ทราบน้ำหนักแน่นอน อบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100-102 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16-18 ชั่วโมง ทำให้ เย็นใน desiccators และชั่งน้ำหนัก คำนวณค่าความชื้นดังสูตร

$$\text{ความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักความชื้น}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

3.3.2 โปรตีน ใช้วิธี 981.10 ของ AOAC (1999) ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม ห่อด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 541 ซึ่งเป็นกระดาษกรองไม่มีไนโตรเจน ใส่ในหลอดย่อยขนาด 250 มิลลิลิตร, เติม sulfuric acid เข้มข้น ปริมาตร 50 มิลลิลิตร พร้อมกับบล็อกแก้วและสารเร่งปฏิกิริยา 2-3 ชิ้น, หยด hydrogen peroxide ความเข้มข้นร้อยละ 30-35 ปริมาตร 3 มิลลิลิตรซ้ำๆ, ย่อยตัวอย่างประมาณ 45 นาที ที่อุณหภูมิ 410 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างใสและหมดฟอง, ปล่อยให้เย็น 10 นาที, เติมน้ำ 50-75 มิลลิลิตร, นำตัวอย่าง ไปกลั่นโดยใช้เครื่อง Kjeldahl distillation apparatus ซึ่งเติม sodium hydroxide-sodium thiosulfate solution (ละลาย sodium hydroxide ปริมาตร 200 กรัม และ sodium thiosulfate ปริมาตร 125 กรัม เข้าด้วยกัน ใช้น้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ 5 ลิตร) ไว้ในที่เก็บของเครื่องกลั่นแล้ว, ใส่ boric acid เข้มข้นร้อยละ 4 {ละลาย boric acid ปริมาตร 4 กรัม เติมน้ำผสม indicator ให้ครบ 100 มิลลิลิตร น้ำผสม indicator นี้ เตรียมโดยใช้ methyl red indicator เข้มข้นร้อยละ 0.1 (ซึ่ง methyl red ปริมาตร 100 มิลลิกรัม เติมน้ำ ethanol เข้มข้นร้อยละ 95 ให้ครบ 100 มิลลิลิตร) ปริมาตร 0.7 มิลลิลิตร ผสมกับ bromocresol green indicator เข้มข้นร้อยละ 0.1 (ละลาย bromocresol green ปริมาตร 100 มิลลิกรัม ใน ethanol เข้มข้น ร้อยละ 95 ให้ครบ 100 มิลลิลิตร) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เมื่อผสม indicator ทั้งสองชนิดเข้าด้วยกันแล้วทำ การปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร} ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ 250 มิลลิลิตร และใช้บีกเกอร์นี้รับ สารที่กลั่นได้จากเครื่อง เมื่อได้ของเหลว 100-125 มิลลิลิตรจึงหยุดกลั่น สูดทำยจิงไตรเตรตสารที่กลั่นได้กับ hydrochloric acid เข้มข้น 0.2 N จนถึงจุดสิ้นสุดปฏิกิริยา ซึ่งจะมีสีเทาเกิดขึ้น คำนวณปริมาณโปรตีนดังสูตร

ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ) = $(V_a - V_b) \times 1.4007 \times N \times 6.25 / \text{น้ำหนักตัวอย่าง}$

V_a = ปริมาตร hydrochloric acid ที่ใช้ในการไตเตรตตัวอย่าง

V_b = ปริมาตร hydrochloric acid ที่ใช้ในการไตเตรต blank

N = ความเข้มข้นของ hydrochloric acid ที่ใช้ในการไตเตรต

3.3.3 ไขมัน ใช้วิธี 960.39 ของ AOAC (1999) ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม ห่อด้วยกระดาษกรอง ใส่ใน timber ของ Soxhlet extraction apparatus, เติมหักละลาย petroleum ether ปริมาตร 125 มิลลิลิตร ในขวดบรรจุตัวทำลาย ของเครื่อง Soxhlet extraction apparatus ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน (อบขวด, ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น, ชั่งน้ำหนัก, และอบซ้ำจนน้ำหนักคงที่), สกัดตัวอย่างนาน 1 ชั่วโมง, อบขวดสำหรับบรรจุตัวทำลายที่ 80 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง คำนวณปริมาณไขมันจากสูตร

ปริมาณไขมัน (เปอร์เซ็นต์) = $\text{น้ำหนักไขมัน} \times 100 / \text{น้ำหนักตัวอย่าง}$

3.3.4 เถ้า ใช้วิธี 942.05 ของ AOAC (1999) บรรจุตัวอย่าง 2 กรัม ใน crucible ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน (อบ crucible และทำให้เย็นในโถดูดความชื้น), เผาตัวอย่างเพื่อไล่ควันบนเตาแก๊ส, เผาตัวอย่างใน Muffle furnace ที่อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส, ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น และนำไปชั่งจนน้ำหนักคงที่ คำนวณปริมาณเถ้าจากสูตร

ปริมาณเถ้า (ร้อยละ) = $\text{น้ำหนักเถ้า} \times 100 / \text{น้ำหนักตัวอย่าง}$

3.3.5 คาร์โบไฮเดรต ใช้การคำนวณ โดยใช้ค่า ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า รวมกันและลบออกจากค่า 100 เปอร์เซ็นต์

3.4 สืบค้นพื้นผิวชั้นเนื้อปลา วัดสีเนื้อปลาติดด้านติดกระดูก (bone side) สำหรับเนื้อกึ่งก้ามกราม วัดสีที่ผิวข้างลำตัวภายนอกของเนื้อกึ่งก้ามกราม ค่าสีรายงานเป็นค่า 'a', 'b', และ 'L' value ตาม Marroquin et al. (2004) โดย +a หมายถึง สีแดง, -a หมายถึง สีเขียว, +b หมายถึง สีเหลือง และ -b หมายถึง สีน้ำเงิน

3.5 เนื้อสัมผัส วิเคราะห์ตาม Casas et al. (2006) โดยตัดชิ้นเนื้อปลาบริเวณ dorsal portion ความกว้างยาวหนา เท่ากับ 3x3x1.5 เซนติเมตร วัดความแน่นเนื้อโดยใช้ เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส model TA-XT2 (SFigure Micro Systems, Surrey, UK) ใช้ cylindrical probe (P/0.5), cross head speed เท่ากับ 2 มิลลิเมตร/วินาที, compress distance 5 มิลลิเมตร และ load cell 25 กิโลกรัม สำหรับกึ่งก้ามกรามใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส model TA-XT2 (SFigure Micro Systems, Surrey, UK) และใช้ใบมีดตัดแบบ single knife blade ความเร็วการเคลื่อนใบมีด 0.8 มิลลิเมตร/วินาที ตาม สมสมร และอารยา (2552)

3.6 cooking loss ใช้วิธีตาม Anelich et al. (2001) ชั่งน้ำหนักชิ้นปลา/กึ่งก้ามกรามก่อนอบ จากนั้น นำชิ้นปลา/กึ่งห่อด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ (Frosty Acres, FAB Inc., Norscross, GA, U.S.A.) วางบดาด ในตู้อบ ซึ่งทำให้ร้อนจนมีอุณหภูมิ 167 องศาเซลเซียสแล้ว อบจนอุณหภูมิภายในชิ้นปลาถึง 70 องศาเซลเซียส ตามข้อกำหนดของ AOAC 35.1.04 (AOAC, 1999) จึงเอาถาดอบออก เทน้ำจากการอบออกจากห่ออลูมิเนียม ที่ขึ้นปลาเย็นถึงอุณหภูมิห้อง เทน้ำออกอีกครั้ง ใช้กระดาษทิชชูซับน้ำจากผิวปลาให้หมด แล้วจึงชั่งน้ำหนัก คำนวณ cooking loss ดังสูตร

$$\text{Cooking loss (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักชิ้นปลา/กุ้งดิบ} - \text{น้ำหนักชิ้นปลา/กุ้งสุกหลังซับน้ำออกแล้ว}) \times 100}{\text{น้ำหนักชิ้นปลา/กุ้งดิบ}}$$

3.7 ความเป็นกรดต่าง (pH) ใช้วิธีของ Chiou and Huang (2004) ผสมตัวอย่างเนื้อดิบในน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ออก โดยใช้ในอัตราส่วน 1: 10 โดยน้ำหนัก ปั่นเป็นเวลา 30 วินาที วัดค่าความเป็นกรดต่าง ด้วย Sartorius PP-150 pH meter (Sartorius Corp., Edgewood, NY, USA)

3.8 ปริมาณต่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (total volatile base nitrogen: TVB-N) ใช้เทคนิค Conway micro-diffusion ของ Subramanian (2007) เตรียมสารสกัดปลา/กุ้งก้ามกราม โดยผสม 20% trichloroacetic acid (TCA) ปริมาตร 20 มิลลิลิตร กับ 5% TCA ปริมาตร 80 มิลลิลิตร เข้าด้วยกันตามด้วยตัวอย่างปลา/กุ้งบดปริมาณ 20 กรัม แล้วจึงปั่นให้ละเอียด เสร็จแล้วกรองเศษปลา/กุ้งออกด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 จากนั้นบรรจุสารสกัดใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วย 5% TCA แล้วเตรียมสาร inner ring solution เริ่มจากเตรียม mixed indicator solution โดยละลาย bromocresol green ปริมาณ 0.01 กรัม และ methyl red ปริมาณ 0.02 กรัม ใน ethanol แล้วปรับปริมาตรเป็น 10 มิลลิลิตร จากนั้นนำ mixed indicator solution ทั้งหมดละลายใน ethanol 200 มิลลิลิตร แล้วเติม boric acid ปริมาณ 10 กรัม แล้วจึงปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น จากนั้นดูดสาร inner ring solution ที่เตรียมไว้ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในวงชั้นในของจาน Conway แล้วจึงดูดสารสกัดกุ้งปริมาณ 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในวงชั้นนอกของจาน Conway จากนั้นเติมสาร saturated potassium carbonate ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในวงชั้นนอกของจาน Conway แล้วปิดฝาจาน Conway ทันที แล้วเก็บจาน Conway ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ ที่ 38 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นไตรเตรต inner ring solution ด้วย hydrochloric acid เข้มข้น 0.01 N ในวงชั้นในของจาน Conway จนกระทั่งสีเขียวหายไป แล้วใช้ 5% TCA แทนสารสกัดปลา/กุ้งเป็น blank คำนวณปริมาณต่างที่ระเหยได้ทั้งหมดจากสูตร

$$\text{ปริมาณต่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัม)} = [14 \times N \times (VS - VB) \times 25 \times 100] / w$$

VS = ปริมาณ hydrochloric acid ที่ใช้ไตรเตรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

VB = ปริมาณ hydrochloric acid ที่ใช้ไตรเตรต blank (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของ hydrochloric acid (N)

w = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

3.9 คุณภาพทางประสาทสัมผัส ประเมินทางประสาทสัมผัสของปลา/กุ้งสุก การประเมินทางประสาทสัมผัสขึ้นเนื้อปลานิลสุก โดยวิธีตาม BS ISO 13299:2003 (Sensory analysis Methodology General guidance for establishing a sensory profile; British Standards, 2005) ใช้ผู้ทดสอบ (panel) 6-10 คนที่ผ่านการฝึกฝน โดยฝึกการจดจำกลิ่นที่พบในเนื้อปลานิลและกุ้ง ได้แก่ กลิ่นเนื้อสุก (cooked meat), กลิ่นคาว (fishy), กลิ่นหวาน (sweet), กลิ่นโคลน (geosmin) และกลิ่นสาบห่วย (2-methylisoborneol: MIB) จากนั้นผู้ชิมทั้งหมดช่วยกันให้คำอธิบายของแต่ละกลิ่น แล้วตกลงเกี่ยวกับสเกลที่ใช้วัดความเข้มของกลิ่น (intensity) โดยข้อสรุปของสเกลที่ใช้วัดความเข้มของกลิ่น ใช้แบบ 15-centimeter structured line scales (Moskowitz et al., 2006) ซึ่งค่า 0 = none และ 15 = extreme ผู้ประเมินทำการประเมินตัวอย่างปลานิล

และกึ่งจากการทดลอง โดยเก็บตัวอย่างปลา/กุ้ง 5 ตัวจากแต่ละบ่อ แล่และใช้ส่วนกลางของตัวปลาเพื่อประเมินทางประสาทสัมผัส เพื่อลดความแตกต่างที่เกิดขึ้นจากการใช้เนื้อปลาต่างบริเวณกัน สำหรับกุ้งปอกเปลือกและใช้เนื้อ แบ่งเนื้อปลา/กุ้งเป็นชิ้นเล็ก 5 ชิ้น ทำให้สุกใช้วิธีนึ่งให้อุณหภูมิภายในชิ้นปลา/กุ้งเท่ากับ 70 องศาเซลเซียสตาม AOAC (1999) แล้วให้ผู้ทดสอบ 5 คนประเมินเนื้อปลา/กุ้งคนละชิ้นขณะที่เนื้อปลายังอุ่น ผู้ประเมินทุกคนทำการประเมินเนื้อปลา/กุ้งครบ 5 ตัว

ผลการทดลอง

1. การสำรวจเกษตรกรที่เลี้ยงปลานิลร่วมกับสัตว์น้ำชนิดอื่น
พบว่าบริเวณบ้านนาคำน้อย ต.บัวใหญ่ อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมาย มีเกษตรกรสนใจเข้าร่วมงานวิจัย 3 ราย เกษตรกร 1 ราย เลี้ยงปลานิลเพียงอย่างเดียว ในบ่อเนื้อที่ 1 ไร่ และมีเกษตรกร 2 ราย เลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งก้ามกราม โดยเกษตรกรคนที่ 1 เลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้ง จำนวน 2 บ่อ บ่อแรกมีขนาด 2 ไร่ และบ่อที่ 2 มีขนาด 2 ไร่ ส่วนเกษตรกรคนที่ 3 เลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งในบ่อเนื้อที่ 1.3 ไร่ การสำรวจไม่พบการเลี้ยงปลานิลร่วมกับปลาชนิดอื่น
2. ปริมาณแบคทีเรียในปลานิลและกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงร่วมกับปลานิล มีค่าดังแสดงในตารางที่ 1 และ 2 ตารางที่ 1 ปริมาณ mesophilic bacteria และ psychrotrophic bacteria ในเนื้อปลานิลจากบ่อของเกษตรกร 3 ราย ที่เลี้ยงปลานิลเพียงอย่างเดียวและเลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งก้ามกราม

กลุ่มแบคทีเรีย		Mesophilic bacterial count (cfu/g)	Psychrotrophic bacterial count (cfu/g)
รายที่ 1*	บ่อที่ 1	$2.12 \pm 0.41 \times 10^4$	$4.23 \pm 0.37 \times 10^2$
	บ่อที่ 2	$4.68 \pm 0.52 \times 10^4$	$7.36 \pm 0.66 \times 10^2$
รายที่ 2**		$5.59 \pm 0.61 \times 10^3$	$6.54 \pm 0.47 \times 10^1$
รายที่ 3*		$1.22 \pm 0.62 \times 10^3$	$2.33 \pm 0.39 \times 10^1$

*เลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งก้ามกราม

**เลี้ยงปลานิลเพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 2 ปริมาณแบคทีเรียดักซันีและแบคทีเรียก่อโรค ในเนื้อปลานิลจากบ่อของเกษตรกร 3 ราย ที่เลี้ยงปลานิลเพียงอย่างเดียวและเลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งก้ามกราม

กลุ่ม/ชนิด แบคทีเรีย	Enterobacte- riaceae (cfu/g)	coliforms (cfu/g)	<i>Escheri- chia coli</i> (cfu/g)	<i>Vibrio</i> spp. (cfu/g)	<i>Staphylococ- cus aureus</i> (cfu/g)	<i>Salmonel- la</i> spp. (cfu/g)
เกษตรกร รายที่ 1*						
บ่อที่ 1	$3.12 \pm 0.21 \times 10^3$	$3.74 \pm \times 10^1$	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹
บ่อที่ 2	$1.03 \pm 0.48 \times 10^3$	$1.24 \pm \times 10^1$	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹
รายที่ 2 ** ²	$4.33 \pm 0.33 \times 10^1$	<25	ND ¹	ND ¹	ND ¹	พบ ²
รายที่ 3*	$1.57 \pm 0.21 \times 10^1$	<25	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹

*เลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งก้ามกราม

**เลี้ยงปลานิลเพียงอย่างเดียว

1=not detected

2= พบ *Salmonella choleraesuis* subsp. *arizonae* จำนวน 1 ตัวอย่างใน 5 ตัวอย่าง นอกจากนี้ยังพบแบคทีเรียก่อโรค *Shigella* spp. จำนวน 1 ตัวอย่างใน 5 ตัวอย่าง

เมื่อนำกุ้งก้ามกรามจากเกษตรกรรายที่ 1 และ 3 มาวัดปริมาณแบคทีเรีย ค่าปริมาณแบคทีเรียแสดงในตารางที่ 3 และ 4

ตารางที่ 3 ปริมาณ mesophilic bacteria และ psychrotrophic bacteria ในกุ้งก้ามกรามจากบ่อของเกษตรกรรายที่ 1 และ 3 ราย ที่เลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งก้ามกราม

เกษตรกร		Mesophilic bacterial count (cfu/g)	Psychrotrophic bacterial count (cfu/g)
รายที่ 1*	บ่อที่ 1	$1.02 \pm 0.25 \times 10^6$	$4.03 \pm 0.25 \times 10^4$
	บ่อที่ 2	$1.89 \pm 0.12 \times 10^6$	$5.23 \pm 0.60 \times 10^4$
รายที่ 3*		$9.5 \pm 0.62 \times 10^6$	$2.17 \pm \times 10^5$

*เลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งก้ามกราม

ตารางที่ 4 ปริมาณแบคทีเรียก่อโรคและ indicator bacteria ในกุ้งก้ามกรามจากบ่อของเกษตรกรรายที่ 1 และ 3 ราย ที่เลี้ยงเลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งก้ามกราม

กลุ่ม/ชนิด แบคทีเรีย เกษตรกร	Enterobacte- riaceae (cfu/g)	coliforms (cfu/g)	<i>Escheri- chia coli</i> (cfu/g)	<i>Vibrio</i> spp. (cfu/g)	<i>Staphylococ- cus aureus</i> (cfu/g)	<i>Salmonel- la</i> spp. (cfu/g)
รายที่ 1*	บ่อที่ 1	3.48±0.56x 10 ⁴	7.32±0.96x 10 ³	9±0.47x 10 ²	ND ¹	ND ¹
	บ่อที่ 2	5.07±0.41x 10 ⁴	2.6±0.87x 10 ⁴	9±0.52x 10 ²	ND ¹	ND ¹
รายที่ 3**	7.85± x 10 ⁴	6.1±0.52x 10 ⁴	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹

*เลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งก้ามกราม

1=not detected

2= พบ *Plesiomonas shigelloides* และ *Aeromonas hydrophila* จำนวน 1 ตัวอย่างใน 5 ตัวอย่าง

3. การศึกษาปริมาณเนื้อ คุณสมบัติด้าน physicochemical และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลานิลและ กุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงร่วมกับปลานิล

3.1 ปริมาณเนื้อของปลาและกุ้งก้ามกราม แสดงในตารางที่ 5 และ 6

ตารางที่ 5 ปริมาณเนื้อปลานิล, หัว, เครื่องใน, และก้างกลาง คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์เนื้อเทียบกับน้ำหนักปลา ทั้งตัว

เกษตรกร	น้ำหนักปลา ทั้งตัว (g)	เนื้อปลา มีหนัง (% เทียบกับ น้ำหนักปลา ทั้งหมด)	หัวปลา (% เทียบกับ น้ำหนักปลา ทั้งหมด)	เครื่องในปลา (% เทียบกับ น้ำหนักปลา ทั้งหมด)	ก้างกลาง (% เทียบกับ น้ำหนักปลา ทั้งหมด)	
รายที่ 1*	บ่อที่ 1	451.00±93.19	35.67±3.08	25.06±1.74	6.53±0.87	21.22±0.38
	บ่อที่ 2	458.00±64.13	35.04±2.00	25.33±1.98	6.20±0.96	23.50±1.02
รายที่ 2**	353.43±51.68	36.24±1.98	26.06±1.79	6.71±1.23	20.42±0.77	
รายที่ 3*	379.27±93.38	34.35±1.37	24.30±1.37	5.00±0.76	22.32±0.85	

*เลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งก้ามกราม

**เลี้ยงปลานิลเพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 6 ปริมาณเนื้อกึ่ง หัว และเปลือกจากข้างลำตัวและหาง คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์เนื้อเทียบกับน้ำหนัก กุ้งก้ามกรามทั้งตัว

เลขตรรก		น้ำหนักกึ่ง ก้ามกรามทั้งตัว (g)	เนื้อกึ่งก้ามกราม (% เทียบกับน้ำหนัก กึ่งทั้งหมด)	หัวกึ่งก้ามกราม (% เทียบกับ น้ำหนักกึ่งทั้งหมด)	เปลือกจากข้างลำตัว และหาง (% เทียบกับ น้ำหนักกึ่งทั้งหมด)
รายที่ 1*	บ่อที่ 1	34.42±2.71	35.99±3.00	53.11±3.47	8.90±1.06
	บ่อที่ 2	31.57±1.63	36.87±1.99	50.68±2.94	10.04±1.91
รายที่ 3*		34.47±2.62	35.74±3.40	49.07±4.98	10.44±2.27

*เลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งก้ามกราม

3.2 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาและกุ้งก้ามกราม ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต แสดงในตารางที่ 7 และ 8

ตารางที่ 7 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลานิล

เลขตรรก		ความชื้น (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	เถ้า (%)	คาร์โบไฮเดรต (%)
รายที่ 1*	บ่อที่ 1	77.04±0.75	19.21±0.56	2.21±0.45	1.18±0.54	0
	บ่อที่ 2	77.13±0.73	19.88±0.69	1.70±0.72	1.29±0.41	0
รายที่ 2**		76.12±0.66	19.57±0.84	3.04±0.70	1.27±0.52	0
รายที่ 3*		76.08±0.75	19.06±0.73	3.31±0.58	1.22±0.60	0

*เลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งก้ามกราม

**เลี้ยงปลานิลเพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 8 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อกุ้งก้ามกราม

เลขตรรก		ความชื้น (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	เถ้า (%)	คาร์โบไฮเดรต (%)
รายที่ 1*	บ่อที่ 1	77.27±0.81	20.50±0.53	0.95±0.32	1.28±0.56	0
	บ่อที่ 2	77.21±0.87	20.62±0.58	0.92±0.47	1.25±0.63	0
รายที่ 3*		77.88±0.68	19.91±0.66	0.97±0.59	1.24±0.66	0

*เลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งก้ามกราม

3.3 การศึกษาสีและเนื้อสัมผัสของเนื้อปลาและกุ้งก้ามกราม วัดค่าสีของเนื้อปลานิลด้านกระดูก (bone side) และค่าเนื้อสัมผัสของเนื้อปลานิลแสดงในตารางที่ 9 ส่วนสีผิวด้านนอกของเนื้อกุ้งก้ามกรามที่ปอกเปลือกแล้วและค่าเนื้อสัมผัสของกุ้งแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 9 ค่าสีของเนื้อปลานิลด้านกระดูก (bone side) และค่าเนื้อสัมผัสของปลานิล

เกษตรกร		ค่าสี			ค่าเนื้อสัมผัส Kg.force
		'L'	'a'	'b'	
รายที่ 1*	บ่อที่ 1	55.83±0.80	-1.02±0.43	6.09±1.24	2.53±0.30
	บ่อที่ 2	55.68±0.18	-1.03±0.54	6.07±1.55	2.89±0.47
รายที่ 2**		54.31±1.50	-1.13±0.95	5.12±1.55	2.78±0.24
รายที่ 3*		56.74±1.77	-0.69±0.57	6.17±0.38	2.66±0.17

*เลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งก้ามกราม

**เลี้ยงปลานิลเพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 10 ค่าสีผิวด้านนอกของเนื้อกุ้งและค่าเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งก้ามกราม

เกษตรกร		ค่าสี			ค่าเนื้อสัมผัส Kg.force
		'L'	'a'	'b'	
รายที่ 1*	บ่อที่ 1	38.96±0.93	-0.57±0.14	-3.61±0.81	2.00±0.17
	บ่อที่ 2	38.02±0.74	-0.48±0.07	-3.74±0.54	1.96±0.21
รายที่ 3*		40.12±0.59	-0.55±0.14	-3.47±0.36	1.87±0.37

*เลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งก้ามกราม

3.4 ปริมาณ cooking loss, ค่าความเป็นกรด-ด่าง, และปริมาณต่างที่ระเหยได้ทั้งหมดในเนื้อปลาและกุ้ง แสดงในตารางที่ 11 ส่วนปริมาณในเนื้อกุ้งแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 11 ปริมาณ cooking loss, ค่าความเป็นกรด-ด่าง, และปริมาณต่างที่ระเหยของเนื้อปลานิล

เกษตรกร		cooking loss (%)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณต่างที่ระเหยได้ (mg.N ₂ /100g)
รายที่ 1*	บ่อที่ 1	8.95±0.89	6.85±1.36	0.66±0.44
	บ่อที่ 2	9.22±0.78	6.74±0.87	0.68±0.14
รายที่ 2**		15.68±1.22	6.59±0.61	0.73±0.25
รายที่ 3*		8.57±0.85	6.82±1.05	0.78±0.21

*เลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งก้ามกราม

**เลี้ยงปลานิลเพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 12 ปริมาณ cooking loss, ค่าความเป็นกรด-ด่าง, และปริมาณต่างที่ระเหยของเนื้อกุ้งก้ามกราม

เกษตรกร		cooking loss	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณต่างที่ระเหยได้ (mg.N ₂ /100g)
รายที่ 1*	บ่อที่ 1	34.62±1.73	6.82±0.24	0.73±0.14
	บ่อที่ 2	33.10±1.47	6.87±0.37	0.52±0.11
รายที่ 3*		30.45±0.66	6.67±0.22	0.27±0.17

*เลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งก้ามกราม

3.5 ค่าความเข้มข้นทางประสาทสัมผัสของกลิ่นในเนื้อปลาและกุ้งสุก แสดงในตารางที่ 13 และ 14 ตามลำดับ

ตารางที่ 13 ระดับความเข้มข้นของกลิ่นเนื้อสุก, กลิ่นหวาน, กลิ่นคาว, กลิ่นโคลน และกลิ่นสาหร่ายในเนื้อปลานิลสุก

เกษตรกร		กลิ่นเนื้อสุก	กลิ่นคาว	กลิ่นหวาน	กลิ่นโคลน	กลิ่นสาหร่าย
รายที่ 1*	บ่อที่ 1	4.50±1.03	1.25±0.88	1.50±0.86	0.25±0.00	0±0.00
	บ่อที่ 2	4.25±0.75	1.25±0.89	1.00±0.89	0.25±0.45	0±0.00
รายที่ 2**		2.50±1.22	0.50±0.75	1.50±0.78	0.50±0.00	0±0.00
รายที่ 3*		2.50±0.98	0.50±0.60	0.55±0.73	2.00±0.85	0.75±0.45

*เลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งก้ามกราม

**เลี้ยงปลานิลเพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 14 ระดับความเข้มข้นของกลิ่นเนื้อสุก, กลิ่นหวาน, กลิ่นคาว, กลิ่นโคลน และกลิ่นสาหร่ายในเนื้อกุ้งก้ามกรามสุก

เกษตรกร		กลิ่นเนื้อสุก	กลิ่นคาว	กลิ่นหวาน	กลิ่นโคลน	กลิ่นสาหร่าย
รายที่ 1*	บ่อที่ 1	2.00±0.75	1.00±1.25	0.50±0.00	0±0.00	0±0.00
	บ่อที่ 2	2.50±0.78	0.50±0.75	0.50±0.00	0±0.00	0±0.00
รายที่ 3*		2.00±0.78	1.00±0.95	0.25±0.47	0±0.00	0±0.00

*เลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งก้ามกราม

วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองนี้เป็นการรายงานค่าคุณภาพและความปลอดภัยโดยรวม ของปลาชนิดและกุ้งก้ามกราม ที่สุ่มปริมาณ 5 ตัว จากเกษตร 3 รายที่เลี้ยงปลาชนิดเดียวกันหรือเลี้ยงปลาชนิดร่วมกับกุ้งก้ามกราม ในรอบการเลี้ยง ปี 2553-2554 ผลการทดลองนี้ไม่ได้นำค่าที่วัดได้จากเกษตรกรแต่ละรายมาเปรียบเทียบกัน ปริมาณ mesophilic bacteria และ psychotrophic bacteria ในปลาชนิดจากเกษตรรายทั้ง 3 ราย แสดงในตารางที่ 1 ปริมาณ mesophilic bacteria และ psychotrophic bacteria ในอาหาร แสดงถึงคุณภาพของอาหารนั้น รวมทั้งแสดงความสะอาดที่เกี่ยวข้องกับระบบสุขาภิบาลของกระบวนการผลิตอาหาร แต่ปริมาณ mesophilic bacteria และ psychotrophic bacteria ไม่ได้บ่งบอกถึงความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณแบคทีเรียก่อโรคหรือสารพิษจากแบคทีเรียในอาหาร (Morton, 2001) ดังนั้นการมีค่า mesophilic bacteria และ psychotrophic bacteria ในปลาสูง แสดงว่าน้ำเลี้ยงปลาอาจมีการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมสูง การนำปลาทำให้สะอาดขึ้น โดยพักปลาในน้ำสะอาดที่มีการถ่ายเทน้ำตลอดเวลา (depuration) จึงอาจมีความจำเป็นต่อการทำให้ปลามีคุณภาพดีขึ้น

การศึกษาปริมาณแบคทีเรียก่อโรคในปลาชนิด (ตารางที่ 2) พบว่าปลาชนิดที่สุ่มจากเกษตรกรรายที่ 1 ทั้งสองบ่อ และเกษตรกรรายที่ 3 ไม่พบแบคทีเรียก่อโรค ชนิด *E. coli*, *Vibrio* spp., *S. aureus*, และ *Salmonella* spp. แต่ในปลาชนิดที่สุ่มจากเกษตรกรรายที่ 2 พบเชื้อ *Salmonella choleraesuis* subsp. *arizonae* เชื้อ *Salmonella* spp. พบมากในสัตว์น้ำจืดที่มีปนเปื้อนโดยตรงจากอุจจาระคนหรือสัตว์ นอกจากนี้ยังพบในสัตว์น้ำที่จับจากแหล่งน้ำที่มีการปนเปื้อนอุจจาระ สำหรับสัตว์น้ำที่มาจากทะเลเปิดแทบไม่พบแบคทีเรียดังกล่าว *Salmonella* spp. เป็นแบคทีเรียไม่ทนร้อน การเจ็บป่วยจากเชื้อนี้มักมาจากการบริโภคสัตว์น้ำดิบหรือสัตว์น้ำสุกที่มีการปนเปื้อนข้าม (cross contamination) การพบเชื้อนี้ทำให้ปลาไม่ผ่านมาตรฐานด้านความปลอดภัย นอกจากนี้ปลาจากบ่อของเกษตรกรรายที่ 2 ยังตรวจพบ *Shigella* spp. ซึ่งเป็นแบคทีเรียก่อโรค ทำให้เกิดโรคทางเดินอาหารเช่นกัน *Shigella* spp. แสดงการปนเปื้อนของอุจจาระมนุษย์ ในอาหารทะเลมีการตรวจพบเชื้อดังกล่าวใน ปลา, กุ้งดิบ, กุ้งสุก, สลัดปลาทูน่า, และหอยนางรมดิบ *Shigella* spp. ทำให้เกิดโรคบิดซิกเกลล่า (shigellosis) *S. choleraesuis* subsp. *arizonae* และ *Shigella* spp. อาจปนเปื้อนจากสิ่งปนเปื้อน ไม่ว่าจะเป็นสิ่งปนเปื้อนจากนกหรือสัตว์บกชนิดอื่นที่เข้ามาในบ่อ การทดลองเน้นย้ำให้เห็นความสำคัญของการลดปริมาณเชื้อแบคทีเรียในปลาชนิดก่อนนำมาบริโภค การนำปลาพักในน้ำสะอาดที่มีการถ่ายเทน้ำตลอดเวลาน่าจะมีความจำเป็นต่อการเพิ่มคุณภาพและความปลอดภัยในปลาชนิด

ปริมาณ mesophilic bacteria และ psychotrophic bacteria ในกุ้งก้ามกรามจากเกษตรกรรายที่ 1 (ทั้งบ่อที่ 1 และ 2) และเกษตรกรรายที่ 3 มีค่าระหว่าง 1.02×10^6 - 9.5×10^6 และ 4.03×10^4 - 2.17×10^5 cfu/g ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ค่าเหล่านี้สูงกว่าปริมาณแบคทีเรียที่พบในปลาชนิด เนื่องจากกุ้งก้ามกรามหากินบริเวณผิวดิน ทำให้มีโอกาสสัมผัสแบคทีเรียจากหน้าดินมากกว่า นอกจากนี้กุ้งก้ามกรามอาจกินเศษอาหารเหลือจากปลาซึ่งมีการเน่าเสีย ทำให้เกิดการสะสมของแบคทีเรียในทางเดินอาหารสูง ค่าที่ได้จากการทดลองสูงกว่ากุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในบ่อเพียงชนิดเดียว ซึ่งรายงานโดย Jeyasekaran and Ayyappan (2002) และ Lalitha and Surendran (2004) ที่พบแบคทีเรียปริมาณ 10^3 - 10^4 cfu/g การตรวจเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในกุ้งก้ามกรามพบว่า กุ้งก้ามกรามที่สุ่มจากเกษตรกรรายที่ 1 ไม่มีเชื้อ *E. coli*, *Vibrio* spp., *S. aureus* และ *Salmonella* spp. (ตารางที่ 4) แต่กุ้งก้ามกรามที่สุ่มจากเกษตรกรรายที่ 3 พบเชื้อก่อโรคทางเดินอาหาร ได้แก่ *Plesiomonas shigelloides* และ *Aeromonas hydrophila* เชื้อ *P. shigelloides* ทำให้เกิดโรคทางเดินอาหารจากการติดเชื้อ พบมากในประเทศเขตร้อน ช่วงฤดูร้อน เชื้อนี้พบได้ในปลาและสัตว์มีเปลือกที่มาจากน้ำจืด ส่วนเชื้อ *A. hydrophila* มีความเกี่ยวข้องกับน้ำ พบได้ทั้งน้ำจืด น้ำเค็ม และน้ำกร่อย เป็นแบคทีเรียที่ก่อโรคในสัตว์น้ำ เช่น ปลา, เต่า, และกบ ดังนั้นสัตว์เหล่านี้จึงเป็นแหล่งสะสมเชื้อที่อาจทำให้เกิด

แพร่กระจายในสิ่งแวดล้อม เชื้อดังกล่าวทำให้ท้องเสีย แต่ไม่พบการระบาดจนทำให้คนเจ็บป่วยเป็นจำนวนมาก (Morton, 2001) การทดลองแสดงให้เห็นว่ากุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงร่วมกับปลาไนล์ มีเชื้อก่อโรคปนเปื้อน น่าจะมีการชั่งกุ้งก้ามกรามในน้ำสะอาดที่ไหลตลอดเวลา เพื่อลดปริมาณเชื้อลง และไม่แนะนำให้นำมาบริโภคดิบๆ สุกๆ เพราะอาจทำให้เกิดการติดเชื้อได้

ค่าปริมาณเนื้อของปลาไนล์จากเกษตรกร 3 รายแสดงในตารางที่ 5 ปริมาณเนื้อปลาไนล์ที่แล้ได้อยู่ระหว่างร้อยละ 34-36 ของน้ำหนักปลาทั้งหมด ส่วนหัวมีน้ำหนักร้อยละ 24-26 ค่าที่ได้จากการทดลองแตกต่างจากรายงานของเพ็ญพรรณและคณะ (2553) ที่พบว่าหัวและเนื้อปลา มีอัตราส่วนร้อยละ 27-29 และ 30-35 ของน้ำหนักปลาทั้งหมด ตามลำดับ ส่วนกุ้งก้ามกรามมีน้ำหนักเนื้ออยู่ที่ประมาณร้อยละ 35-37 ของน้ำหนักทั้งหมด และมีน้ำหนักหัวอยู่ที่ประมาณ 49-53 ของน้ำหนักทั้งหมด (ตารางที่ 6) แม้ไม่มีรายงานอัตราส่วนเนื้อกุ้งก้ามกรามต่อน้ำหนักทั้งหมด ผลการทดลองนี้พบว่าปริมาณเนื้อในกุ้งก้ามกรามมีปริมาณเพียงประมาณ 1/3 ของน้ำหนักกุ้ง ส่วนหัวมีขนาดใหญ่คิดเป็นน้ำหนักประมาณครึ่งหนึ่งของน้ำหนักทั้งหมด รูปแบบการบริโภคกุ้งก้ามกรามของคนไทย ที่นิยมบริโภคหัวกุ้ง จึงน่าจะทำให้เกิดการใช้ประโยชน์กุ้งก้ามกรามสูงสุด

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาไนล์ (ตารางที่ 7) พบว่าค่าความชื้น, โปรตีน, ไขมัน, และเถ้าของเนื้อปลาอยู่ระหว่างร้อยละ 76.08-77.13, 19.06-19.88, 1.70-3.31, และ 1.18-1.29 ตามลำดับ ส่วนเนื้อกุ้งก้ามกรามมีค่าอยู่ระหว่าง 77.21-77.88, 19.91-20.62, 0.92-0.97, และ 1.24-1.28 ตามลำดับ (ตารางที่ 8) ค่าปริมาณโปรตีนนี้จัดว่าอยู่ในระดับปกติ ตาม Nettleton (1985) ที่รายงานว่ามีโปรตีนระหว่างร้อยละ 16-20 การศึกษาพบว่าโปรตีนในเนื้อกุ้งก้ามกรามมีค่าใกล้เคียงกับเนื้อปลาไนล์ เมื่อกกล่าวถึงปริมาณไขมันพบว่าทั้งเนื้อปลาและเนื้อกุ้งก้ามกรามจัดเป็นเนื้อประเภท lean คือมีไขมันน้อยกว่าร้อยละ 5 ซึ่งน้อยกว่าเนื้อสัตว์บกที่มีไขมันร้อยละ 5 ขึ้นไป

การวัดค่าสีเนื้อปลาของเกษตรกรทั้งสาม รายพบว่าค่าสี 'L', 'a', และ 'b' อยู่ระหว่าง 54.31-56.74, -0.69-(-1.13), และ 5.12-6.17 ตามลำดับ (ตารางที่ 9) ค่าที่ได้ใกล้เคียงกับรายงานของ เพ็ญพรรณและคณะ (2553) ซึ่งรายงานว่ามีปลาไนล์ที่เลี้ยงในบ่อดินมีค่า 'L', 'a', และ 'b' อยู่ระหว่าง 55.91-56.31, -0.98-(-1.15), และ 5.08-6.11 ตามลำดับ ค่าสีของเนื้อปลานี้อาจแปรผันตามชนิดและสายพันธุ์ปลา สำหรับค่าเนื้อสัมผัสของเนื้อปลาไนล์อยู่ระหว่าง 2.53-2.89 Kg.force (ตารางที่ 9) ค่าที่ได้สูงกว่ารายงานของ เพ็ญพรรณและคณะ (2553) ที่พบว่าค่าเนื้อสัมผัสของปลาไนล์ที่เลี้ยงในบ่อมีค่าระหว่าง 1.72-2.09 ค่าเนื้อสัมผัสนี้อาจแปรผันตามแหล่งน้ำและขนาดของปลาไนล์ รวมทั้งระยะ rigor mortis ที่เกิดขึ้นหลังปลาตาย

ค่าสี 'L', 'a', และ 'b' ของกุ้งก้ามกรามอยู่ระหว่าง 38.02-40.12, -0.48-(-0.57), และ -3.61-(-3.74) ตามลำดับ (ตารางที่ 10) ค่าสีนี้ใกล้เคียงกับรายงานของสมสมร และคณะ (2552) ที่รายงานว่ามีค่าสีเนื้อกุ้งก้ามกรามสดหลังจากฆ่าใหม่ๆ อยู่ระหว่าง 38.02-40.12, -0.56-(-0.72) และ -2.84-(-4.41) สำหรับค่าเนื้อสัมผัสของกุ้งก้ามกรามพบว่าค่าอยู่ระหว่าง 1.87-2.00 Kg.force (ตารางที่ 10) ค่าที่ได้ใกล้เคียงกับค่า 1.82-2.14 ที่รายงานโดยสมสมรและคณะ (2552ข)

ปริมาณ cooking loss, ค่าความเป็นกรด-ด่าง, และปริมาณค่าที่ระเหยของเนื้อปลาไนล์มีค่าระหว่างร้อยละ 8.57-15.68, 6.59-6.85, และ 0.66-0.78 มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 11) สำหรับค่าเหล่านี้ในกุ้งก้ามกรามพบว่ามีค่าระหว่างร้อยละ 30.45-34.62, 6.67-6.87, และ 0.27-0.73 มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 12) ปัจจุบันยังไม่มีรายงานค่า cooking loss ในเนื้อปลาไนล์สดมาก่อน แต่ใน channel catfish สดที่เพิ่งฆ่าใหม่ๆ พบว่าค่า cooking loss อาจสูงถึงร้อยละ 23 (Gawborisut, 2005) สำหรับค่า cooking loss ในกุ้งก้ามกรามใกล้เคียงกับรายงานของสมสมรและคณะ (2552ข) ซึ่งพบว่ากุ้งก้ามกรามที่เพิ่งฆ่าใหม่มีค่า cooking loss ระหว่างร้อยละ 33.06-36.45 ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อปลาและกุ้งก้ามกรามอยู่ในช่วงใกล้ 7 ซึ่งเป็นระดับปกติที่เป็นกลาง (ตารางที่ 12) ส่วนปริมาณค่า

ที่ระเหยได้มีค่าน้อยตามธรรมชาติของเนื้อปลาและกุ้งสด โดยพลาสติกและกุ้งสดที่มีคุณภาพดีค่าจะน้อยกว่า 15 และ 5 มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัม ตามลำดับ (Huss, 1955)

ค่าทางประสาทสัมผัสของเนื้อปลาสุกรายงานในตารางที่ 13 ผลการศึกษาพบว่าค่ากลิ่นเนื้อสุก, กลิ่นคาว, กลิ่นหวาน, กลิ่นโคลน, และกลิ่นสาหร่าย อยู่ระหว่าง 2.50-4.50, 0.50-1.25, 0.55-1.50, 0.25-2.00, และ 0-0.75 ตามลำดับ กลิ่นเนื้อสุก กลิ่นคาวและกลิ่นหวาน เป็นกลิ่นธรรมชาติที่อาจพบได้ในพลาสติก แต่กลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ในเนื้อปลานิลคือกลิ่นโคลนและกลิ่นสาหร่าย กลิ่นเหล่านี้พบได้บ่อยในปลาบ่อ มาจากแพลงก์ตอนในบ่อปลา เมื่อปลากินแพลงก์ตอน กลิ่นนี้จะเกิดการสะสมในไขมันปลา การลดกลิ่นอาจทำได้โดยการพักปลาในน้ำสะอาดประมาณ 48 ชั่วโมง จะเห็นได้ว่าการพักปลาในน้ำสะอาด นอกจากจะลดกลิ่นไม่พึงประสงค์ในเนื้อปลาแล้ว วิธีดังกล่าวอาจลดปริมาณแบคทีเรียในปลาได้ด้วย ส่งผลให้เนื้อปลามีคุณภาพทางจุลินทรีย์ดีขึ้น และอาจปลอดภัยขึ้น

การศึกษากลิ่นที่พบในกุ้งก้ามกรามสุก พบว่ากลิ่นเนื้อสุก, กลิ่นคาว, และกลิ่นหวานอยู่ระหว่าง 2.00-2.50, 0.50-1.00, และ 0.25-0.5 ตามลำดับ ส่วนกลิ่นโคลนและกลิ่นสาหร่ายไม่พบในเนื้อกุ้งก้ามกราม (ตารางที่ 14) การทดลองแสดงให้เห็นว่าอาจไม่มีความจำเป็นต้องพักกุ้งก้ามกรามในน้ำสะอาดเพื่อลดกลิ่นไม่พึงประสงค์ แต่ในกรณีที่กุ้งก้ามกรามมีการปนเปื้อนของแบคทีเรียก่อโรค (พบ *P. shigelloides* และ *A. hydrophila* จากเกษตรกรรายที่ 3) การพักกุ้งก้ามกรามในน้ำสะอาดยังมีความจำเป็นอยู่ งานวิจัยนี้ไม่ได้รับการสนับสนุนงบประมาณการวิจัยต่อ ให้ทำไม่มีการศึกษาวิธีลดปริมาณแบคทีเรียและกลิ่นไม่พึงประสงค์ในปลา/กุ้ง

สรุป

การศึกษาพบว่ามีเกษตรกรเลี้ยงปลานิลอย่างเดียว 1 ราย และเลี้ยงปลานิลร่วมกับเลี้ยงกุ้ง 2 ราย ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของปลานิลจากเกษตรกร 3 รายอยู่ระหว่าง 353.45-458.00 กรัม มีปริมาณเนื้อร้อยละ 34.5-36.24 และมีปริมาณหัวร้อยละ 24.03-26.06 เนื้อปลามีปริมาณ mesophilic และ psychrotrophic bacteria เท่ากับ 1.22×10^3 - 4.64×10^4 และ 2.33×10^1 - 7.36×10^2 cfu/g ตามลำดับ ส่วนการศึกษาแบคทีเรียดัชนีและแบคทีเรียก่อโรค พบว่าเนื้อปลามี Enterobacteriaceae ปริมาณ 1.57×10^1 - 3.12×10^3 cfu/g, coliforms <2.5 - 3.74×10^1 cfu/g ตรวจไม่พบ *E. coli*, *Vibrio* spp., *S. aureus*, และ *Salmonella* spp. ในปลานิลจากเกษตรกรรายที่ 1 และ 3 แต่ในปลานิลที่สุ่มจากเกษตรกรรายที่ 2 พบเชื้อ *Salmonella choleraesuis* subsp. *arizonae* และ *Shigella* spp. เมื่อนำเนื้อปลามาหาล่องค์ประกอบทางเคมีพบว่ามีความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า เท่ากับร้อยละ 76.08-77.13, 19.06-19.88, 1.70-3.31, และ 1.18-1.29 ตามลำดับ ไม่พบว่าเนื้อปลาที่มีคาร์โบไฮเดรต เนื้อปลานิลมีค่าสี 'L', 'a' และ 'b' อยู่ระหว่าง 54.31-56.74, -0.69-(-1.13) และ 5.12-6.17 ตามลำดับ ค่าเนื้อสัมผัสอยู่ระหว่าง 2.53-2.89 Kg.force ค่า cooking loss, ความเป็นกรด-ด่าง, และปริมาณต่างที่ระเหยได้ทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 8.57-15.68, 6.59-6.85, และ 0.66-0.78 มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัม ตามลำดับ พบกลิ่นโคลนในเนื้อปลาที่สุ่มจากเกษตรกรทุกราย ความเข้มข้นของกลิ่นอยู่ระหว่าง 0.25-2.00 จุด จากเต็มสเกล 15 จุด ส่วนกลิ่นสาหร่ายพบในปลาที่สุ่มจากเกษตรกรรายที่ 3 เท่านั้น ความเข้มข้นของกลิ่นอยู่ที่ 0.75 จุด จากเต็มสเกล 15 จุด

สำหรับการศึกษากุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงร่วมกับปลานิลของเกษตรกรรายที่ 1 และ 3 พบว่ากุ้งก้ามกรามมีน้ำหนักระหว่าง 31.57-34.47 กรัม กุ้งมีปริมาณเนื้อร้อยละ 35.74-36.87 และมีน้ำหนักหัวร้อยละ 49.07-53.11 เมื่อนำกุ้งทั้งตัวมาวัดปริมาณ mesophilic และ psychrotrophic bacteria พบว่ามีค่า 1.02 - 9.5×10^6 และ 4.03×10^4 - 2.17×10^5 cfu/g ตามลำดับ พบว่ากุ้งมี Enterobacteriaceae ปริมาณ 3.48 - 7.85×10^4 cfu/g, coliforms 7.32×10^2 - 6.10×10^4 cfu/g สำหรับ *E. coli* ตรวจพบเฉพาะฟาร์มที่ 1 มีปริมาณ 9×10^2

cfu/g ทั้งสองฟาร์มตรวจไม่พบ *Vibrio* spp., *S. aureus*, และ *Salmonella* spp. แต่พบแบคทีเรียก่อโรคชนิด *P. shigelloides* และ *A. hydrophila* จากกุ้งก้าม 1 ตัวอย่างที่มาจากเกษตรกรรายที่ 3 เมื่อนำเนื้อกุ้งมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่ามีความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า เท่ากับร้อยละ 77.21-77.88, 19.91-20.62, 0.92-0.97, และ 1.24-1.28 ตามลำดับ ไม่พบคาร์โบไฮเดรตในเนื้อกุ้งที่นำมาวิเคราะห์ สำหรับค่าสี 'L', 'a', และ 'b' มีค่าระหว่าง 38.02-40.12, -0.48(-0.55), และ -3.61(-3.74) ตามลำดับ ค่าเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งอยู่ระหว่าง 1.87-2.00 Kg.force ปริมาณ cooking loss สูงระหว่างร้อยละ 30.45-34.64 ค่าความเป็นกรดต่างของเนื้อกุ้งดิบอยู่ระหว่าง 6.67-6.82 ปริมาณต่างที่ระเหยได้มีค่า 0.27-0.73 ไม่มีกลิ่นโคลนหรือกลิ่นสาบหรืออันเป็นกลิ่นไม่พึงประสงค์ในเนื้อกุ้งจากการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง. 2552. ปริมาณสัตว์น้ำจืดจากการเพาะเลี้ยง จำแนกตามชนิดสัตว์น้ำ ปี 2530 - 2549 [http://www.fisheries.go.th/it-stat/data_2549/yearbook2006\(2549\)/t1.7.pdf](http://www.fisheries.go.th/it-stat/data_2549/yearbook2006(2549)/t1.7.pdf)
- กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง. 2548. สถิติผลผลิตการเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ประจำปี 2548. เอกสารฉบับที่ 8/2550. กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง. ศูนย์สารสนเทศ. กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- เกรียงไกร เม่งอำพัน และอานาภาพ วรณคนาพล. 2549. การเลี้ยงกุ้งก้ามกรามร่วมกับปลานิลและปลาบึกในบ่อดิน. วารสารประมง. 59: 143-151.
- เพ็ญพรรณ ศรีสกุลเตียว วิรัช จิวแหยม และ สมสมร แก้วบริสุทธิ. 2553. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการพัฒนาระบบการจัดการฟาร์มปลานิล. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.
- ยุพินท์ วิวัฒน์เศรษฐ์. 2549. อะไรเอ่ย...บิลด์ฟามาจากประเทศไทยไปไกลตลาดโลก. วารสารการประมง. 59: 152-159.
- ศักดิ์ชัย ชูโชติ. 2536. การเลี้ยงปลาน้ำจืด. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.
- สมสมร แก้วบริสุทธิ นิลุบล กิจอันเจริญ และสินีนานู ศิริ. 2552ก. รายงานฉบับสมบูรณ์ เรื่องการใช้การแข่งขันของจุลินทรีย์เพื่อรักษาคุณภาพและเพิ่มความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มจากปลาน้ำจืดเศรษฐกิจ ปี 2551. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- สมสมร แก้วบริสุทธิ อารยา อารมณฤทธิ และ เพ็ญพรรณ ศรีสกุลเตียว. 2552ข. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการผลของสารยับยั้งจุลินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกุ้งก้ามกรามสด (*Macrobrachium rosenbergii* de Man) แช่น้ำแข็ง. ศูนย์ประสานงานนักเรียนทุนรัฐบาลทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.
- สมสมร แก้วบริสุทธิ และอารยา อารมณฤทธิ. 2552. อิทธิพลของสารยับยั้งแบคทีเรียต่อลักษณะเชิงคุณภาพของกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii* de Man) หักหัวแช่น้ำแข็ง. เกษตร 37: 223-234.
- Andrews, W.H., C.R. Wilson, P.L. Poetma, and A. Romero A. 1977. Bacteriological survey of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) at the retail level. J. Food Sci. 42: 359-363.
- Andrew, W.H., R.S. Flowers, J. Silliker, and J. S. Bailey. 2001. *Salmonella*. In: Downes, F.D. and Ito, K., editors. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Food. 4th ed. Washington, DC: American Public Health Association. p. 357-376.

- Anelich, L.E., L.C. Hoffman, and M.T. Swanepoel. 2001. The quality of frozen African sharptooth catfish (*Clarias gariepinus*) fillets under long-term storage condition. *J. Sci. Food Agric.* 81: 632-639.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 1999. Official Methods of Analysis of AOAC. 16th ed. Association of Official Analytical Communities International, Washington, D.C.
- Balasubramanian, S., M. R. Rajan, and S. P. Raj. 1992. Microbiology of fish grown in a sewage-fed pond. *Biores. Technol.* 40: 63-66.
- British Standards. 2005. Sensory analysis Methodology General guidance for establishing a sensory profile. British Standards, London.
- Buschmann, A. H., A.D. Lopez, and A. Medina. 1996. A review of the environmental effects and alternative production strategies of marine aquaculture in Chile. *Aquac. Engineer.* 15: 397-421.
- Casas, C.O., O. Martinez, M.D. Guillen, C. Pin, and J. Salmeron. 2006. Texture properties of raw Atlantic salmon (*Salmo solar*) at three points along the fillet, determined by different methods. *Food Control.* 17: 511-515.
- Chiou, T. and J. Huang. 2004. Biochemical changes in the abdominal muscle of mud crab *Scylla serrata* during storage. *Fish. Sci.* 70: 167-173
- Correa, A.A., J. D. Albarnaz, V. Moresco, C. R. Poli, A. L. Teixeirac, C. M. O. Simoes, and C. R. M. Barardi. 2007. Depuration dynamics of oysters (*Crassostrea gigas*) artificially contaminated by *Salmonella enterica* serovar Typhimurium. *Marine Environ. Res.* 63: 479-489.
- Cotton, L.N. and D.L. Marshall. 1998. Predominant microflora on catfish processing equipment. *Dairy Food Environ. Sanit.* 18(10): 650-654.
- Eldani, A. and J. Lazard. 2002. Freshwater aquaculture and polyculture. Available from <http://www.aquatrop.crad.fr/content/download/1376/7246/file/eolss.pdf>. Accessed October 23, 2008.
- Fernandes, C.F., G.J. Flick Jr., J.L. Silva, and T.A. McCaskey. 1997a. Influence of processing schemes on inactive bacteria and quality of fresh aquaculture catfish fillets. *J. Food Prot.* 60: 54-58.
- Fernandes, C.F., G.J. Flick Jr., J.L. Silva, and T.A. McCaskey. 1997b. Comparison of quality in aquaculture fresh catfish fillets II. Pathogen *E. coli* O157:H7, *Campylobacter*, *Vibrio*, *Pleisiomonas*, and *Klebsietla*. *J. Food Prot.* 60: 1182-1180.
- Gawborisut, S. 2005. Effect of Modified Atmosphere Storage, Cethylpyridinium Chloride, and X-Ray Irradiation on Pathogens and Quality of Catfish Fillets. Ph.D. Dissertation. Mississippi State University, Mississippi.
- Huss, H.H. 1995. Quality and Quality Changes in Fresh Fish. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 195 p.

- Jeyasekaran G, S. Ayyappan. 2002. Postharvest microbiology of farm-reared, tropical freshwater prawn (*Macrobrachium Rosenbergii*). J. Food Sci. 67: 1859-1861.
- Kaysner, C.A. and A. DePaola, Jr. 2001. *Vibrio*. In: Downes, F.D. and K. Ito, editors. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Food. 4th ed. American Public Health Association, Washington, DC. p.405-417.
- Kornacki, J.L., and J.L. Johnson. 2001. *Enterobacteriaceae*, coliforms, and *Escherichia coli* as quality and safety indicators. In: Downes, F.D. and K. Ito, editors. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Food. 4th ed. American Public Health Association, Washington, DC. p. 69-82.
- Lalitha KV, Surendran PK. 2004. Bacterial microflora associated with farmed freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) and the aquaculture environment. Aqua. Res. 35: 629-635.
- Lancette, G.A. and R.W. Bennet. 2001. *Staphylococcus aureus* and Staphylococcus Enterotoxins. . In: Downes, F.D. and K. Ito, editors. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Food. 4th ed. American Public Health Association, Washington, DC. p. 387-400.
- Leung, C., Y. Huang, and O.C. Pancorbo. 1992. Bacterial pathogens and indicators in catfish pond environments. J. Food Prot. 55: 424 – 427.
- Marino, A., L. Lombardo, C. Fiorentino, B. Orlandella, L. Monticellic, A. Nostro, and V. Alonzo. 2005. Uptake of *Escherichia coli*, *Vibrio cholerae* non-O1 and *Enterococcus durans* by, and depuration of mussels (*Mytilus galloprovincialis*). Inter. J. Micro. Biol. 99: 281-286.
- Marroquin, E., J.L. Silva, J. Koo, B. Wannapee, and T. Kim. 2004. Processing method effect on texture, color, and microbial load of channel catfish. J. Aqua. Food Prod. 13: 101 –110.
- Morton, R.D. 2001. Aerobic plate count. In: Downes, F.D. and K. Ito, editors. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Food. 4th ed. American Public Health Association, Washington, DC. p 63-67.
- Moskowitz, H. R., J.H. Beckley, and A.V.A. Resurreccion. 2006. Sensory and Consumer Research in Food Product Design and Development. John Wiley & Sons, New York.
- Muratori, M.C.S., A.L. de Oliveita, L.P. Ribereiro, R.C. Leite, A.P.R. Costa and M.C.C. da Silva. 2000. *Ewardsiella tarda* isolated in integrated fish farming. Aqua. Res. 31: 481-483.
- Nettleton, J.A. 1985. Seafood Nutrition: Fat, Issues and Marketing of Nutrition in Fish and Shellfish. New York: Osprey Book. 280 p.
- Ribeiro, R.V., E.M.F. Reis, C.M.F. Reis, A.C. Freitas-Almeida³ and D.P. Rodrigues. 2010. Incidence and antimicrobial resistance of enteropathogens isolated from an integrated aquaculture system. Letter. Appl. Microbiol. 51, 611–618
- Sapkota, A., A. R. Sapkota, M. Kucharski, J. Burke, S. McKenzie, P. Walker, and R. Lawrence. 2008. Aquaculture practices and potential human health risks: Current knowledge and future priorities. Environ. Inter. 34: 1215–1226

- Su, Y. and C. Liu. 2007. *Vibrio parahaemolyticus*: A concern of seafood safety. Food Microbiol. 24: 549–558
- Subramanian, T.A. 2007. Effect of processing on bacterial population of cuttlefish and crab and determination of bacterial spoilage and rancidity developing on frozen storage. J. Food Process. Preserv. 31: 13-31.
- Teplitski, M., A. C. Wright, and G. Lorca. 2009. Biological approaches for controlling shellfish-associated pathogens. Curr. Opinion Biotechnol. 20:185–190
- Wang, C. and J.L. Silva. 1999. Prevalence and characteristics of *Aeromonas* species isolated from processed channel catfish. J. Food Prot. 62: 30–34.
- Wu, R. S.S. 1995. The environmental impact of marine fish culture: towards a sustainable Future. Marine Pollut. Bull. 31: 159-166.