



รายงานผลงานวิจัย

เรื่อง แนวทางการใช้ prebiotic และ probiotic เสริมในอาหารเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ
เพื่อเข้าสู่ระบบฟาร์มสัตว์น้ำตามแนวทางเกษตรอินทรีย์

Evaluation of the prebiotic and probiotic as dietary supplements
for sex reversal tilapia organic farm

โครงการย่อยภายใต้ชุดโครงการ : การวิจัยและพัฒนาระบบการผลิตทรัพยากรประมงเพื่อเป็น
อาหารปลอดภัย และสร้างมูลค่าเพิ่มวัตถุดิบท้องถิ่น

ได้รับจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2553

จำนวน 231,571 บาท

หัวหน้าโครงการ

เทพรัตน์ อังเศรษฐพันธ์

ผู้ร่วมโครงการ

ทิพสุดนธ์ พิมพ์พิมล

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

31 มกราคม 2554

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และ
สภาวิจัยแห่งชาติ ที่ให้การสนับสนุนในการจัดสรรงบประมาณวิจัยประจำปี 2553 จำนวนเงิน
231,571 บาท สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้และขอขอบคุณคณาจารย์ ข้าราชการและเจ้าหน้าที่ คณะ
เทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้และบุคคลอื่นที่มีได้กล่าวถึงในที่นี้
ที่ได้ให้ความเกื้อหนุน ทำให้การวิจัยในครั้งนี้เสร็จสิ้นอย่างสมบูรณ์

ผู้วิจัย

สารบัญเรื่อง

	หน้า
สารบัญตาราง	จ
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนำ	3
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	17
ผลการวิจัย	21
วิจารณ์ผลการวิจัย	24
สรุปผลการวิจัย	27
เอกสารอ้างอิง	28

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 สูตรอาหารที่ใช้ในการทดลองเลี้ยงปลานิล และองค์ประกอบทางเคมี(%) ของอาหารที่ใช้ในการทดลองที่ 3	18
ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน ในการทดลองที่ 3	21
ตารางที่ 3 องค์ประกอบของเลือดปลานิลที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน ในการทดลองที่ 3	22
ตารางที่ 4 คุณภาพน้ำในบ่อทดลองเลี้ยงปลานิลด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน ในการทดลองที่ 3	23

แนวทางการใช้ prebiotic และ probiotic เสริมในอาหารเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ เพื่อเข้าสู่
ระบบฟาร์มสัตว์น้ำตามแนวทางเกษตรอินทรีย์

Evaluation of the prebiotic and probiotic as dietary supplements
for sex reversal tilapia organic farm

เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ และ ทิพสุคนธ์ พิมพ์พิมล

Thepparath Ungsethaphand and Tipsukhon Pimpimol

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

การศึกษาแนวทางการใช้ prebiotic และ probiotic เสริมในอาหารเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ เพื่อเข้าสู่ระบบฟาร์มสัตว์น้ำตามแนวทางเกษตรอินทรีย์ โดยศึกษาการผสมระหว่าง prebiotic และ probiotic เสริมในอาหาร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และภูมิคุ้มกันในการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำ ใช้อาหารทดลอง โปรตีน 30% 4 สูตร ได้แก่ อาหารควบคุม (CTRL) อาหารที่เสริม Yeast *Saccharomyces cerevisiae* 0.1%(YSOO) อาหารที่เสริม Yeast 0.1% และ Fructo oligosaccharide 1%(YSFO) และอาหารที่เสริม Yeast 0.1% และ Chitosan 1%(YSCH) ของน้ำหนักรับประทาน เลี้ยงปลานิลแปลงเพศในกระชัง อัตราการปล่อย 20 ตัว/ตร.ม.ให้อาหาร 3% ของน้ำหนักตัว เป็นระยะเวลา 120 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารที่เสริม YSOO , YSFO และ YSCH มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตดีกว่าปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหาร CTRL อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนอัตราการรอดตายไม่มีความแตกต่างกัน($P>0.05$) ด้านการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกัน พบว่าอาหารที่เสริม YSOO , YSFO และ YSCH ช่วยเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันที่ดีกว่าอาหาร CTRL อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งทำให้ค่าฮีมาโตคริต เม็ดเลือดขาว ซีรัมไลโซไซม์มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น เมื่อวิเคราะห์ต้นทุนพบว่าสูตรอาหารเสริม YSFO มีต้นทุนสูงที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) รองลงมาคือ YSCH แต่ปลานิลที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารเสริม YSOO และ CTRL ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังนั้นควรใช้สูตร YSOO เพราะมีต้นทุนต่ำที่สุด

คำสำคัญ: Probiotic; Prebiotics; การเจริญเติบโต; ระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ; ปลานิล (*Oreochromis niloticus*)

ABSTRACT

This study evaluated the effects of probiotic and synbiotics of prebiotics and probiotic, on growth performance and non specific immune responses in Nile tilapia. Two prebiotics (fructo oligosaccharide and chitosan) and one probiotic (yeast) were used to formulated the isonitrogenous (30% crude protein) and isocaloric (16.3 KJ/g) diets: one supplemented at 0.1 % with the yeast *Saccharomyces cerevisiae* (YSOO); a second supplemented with a mixture containing 0.1 % of yeast and 1% of fructo oligosaccharide (YSFO); a third supplemented with a mixture containing 0.1 % of yeast and 1% of chitosan (YSCH) and a fourth, a control diet without supplements (CTRL). The diets were fed for 120 days to tilapia fingerling stocked in 9 m² net cages at a density of 20 fish per m², twice a day at 3% body weight. Results indicate that the fish fed with diets with the probiotic and synbiotics of prebiotics and probiotic supplement (YSOO, YSFO and YSCH) exhibited greater growth and inducing the non specific immune responses (hematocrit, white blood cells and serum lysozyme) than those fed with the control diet ($P<0.05$). Moreover, a cost of feed was lowest ($P<0.05$) when YSOO was applied. In conclusion, the diet supplemented with yeast (YSOO) produced the best growth performance and non specific immune responses, suggesting that yeast is an appropriate growth-stimulating additive in tilapia cultivation.

Key word: Probiotic; Prebiotics; Growth; Nonspecific immune responses; Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

คำนำ

ปลานิล (Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*) จัดได้ว่าเป็นปลาเขตร้อนที่เลี้ยงง่ายและเจริญเติบโตรวดเร็ว กินอาหารได้เกือบทุกชนิดแต่ส่วนใหญ่เป็นแพลงก์ตอนพืช อีกทั้งเป็นปลาที่มีรสชาติดี ทำให้ปลานิลกลายเป็นปลาที่ได้รับความนิยมบริโภคและเลี้ยงอย่างแพร่หลายทั่วทวีปเอเชีย และจากยุทธศาสตร์การบริหารสินค้าปลานิลและผลิตภัณฑ์เพื่อการส่งออกขึ้น ในระหว่างปี พ.ศ. 2551-2554 เพื่อเป็นการเพิ่มศักยภาพการผลิตปลานิลตามมาตรฐานระบบการผลิตที่ถูกต้องในฟาร์ม และขยายช่องทางตลาดการส่งออกปลานิลให้กว้างขวาง เกษตรกรจึงนิยมเลี้ยงปลานิลเพื่อเป็นอาชีพเพิ่มมากขึ้น และเมื่อมีการเลี้ยงเพิ่มมากขึ้นจึงทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการใช้ยาและสารเคมีที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ทำให้เกิดปัญหาการตกค้างของยาและสารเคมี

การศึกษาแนวทางในการผลิตสัตว์น้ำโดยไม่ใช้ยาและสารเคมีจึงเป็นแนวทางสำคัญ การเสริม prebiotic หรือ probiotic ลงในอาหารสัตว์น้ำนั้น จะช่วยรักษาสมดุลของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร ช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกันโรค ทำให้การเจริญเติบโตและความต้านทานโรคดีขึ้น ซึ่งจะทำให้ลดการใช้ยาและสารเคมี ทำให้ผลผลิตสัตว์น้ำปลอดภัยต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม แต่ในวิธีการปฏิบัตินั้นยังคงมีปัญหาอยู่มาก ทั้งด้านต้นทุน ชนิด และความหนาแน่นของปริมาณโปรไบโอติกที่ใช้อย่างได้ผลในสภาวะแวดล้อมในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่แตกต่างกัน

การศึกษานี้จึงให้ความสนใจในแนวทางการเลี้ยงปลานิลที่ไม่ใช้ยาและสารเคมี โดยการหาระดับของ prebiotic และ probiotic ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และเพิ่มความต้านทานต่อโรค เพื่อมาใช้ในการเลี้ยงปลานิล และเป็นแนวทางในการส่งเสริมเกษตรกรในการเพาะเลี้ยงปลานิล และเพิ่มศักยภาพการผลิตปลานิลในเชิงพาณิชย์ให้ยั่งยืนต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการใช้ prebiotic และ probiotic ในการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศเพื่อเข้าสู่ระบบฟาร์มสัตว์น้ำตามแนวทางเกษตรอินทรีย์
2. เพื่อศึกษาผลของการใช้ prebiotic เสริมในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและความต้านทานโรคในปลานิลแปลงเพศ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. การเสริม prebiotic และ probiotic ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และระบบภูมิคุ้มกันในปลานิลแปลงเพศ
2. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ ลดการใช้ยาและสารเคมีในการป้องกันโรค
3. นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปเผยแพร่แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลแปลงเพศ

การตรวจเอกสาร

ปลานิล (Nile Tilapia) เป็นปลาน้ำจืดชนิดหนึ่งที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจของไทย เป็นปลาที่เลี้ยงง่ายเจริญเติบโตเร็ว และเป็นที่นิยมของผู้บริโภค ทำให้เกษตรกรหันมานิยมเลี้ยงปลานิลอย่างกว้างขวาง ปัจจุบันมีการเลี้ยงปลานิลประมาณ 200,000 ตัน มูลค่าประมาณ 7,900 ล้านบาท ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 30 ของปริมาณการเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืดทั้งหมดของไทย และคิดเป็นร้อยละ 20 ของมูลค่าการเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืดของไทย (ศูนย์วิจัยกสิกรรมไทย, 2550) กรมประมงมีนโยบายเพิ่มกำลังการผลิตปลานิลให้มากกว่าที่เป็นอยู่ร้อยละ 10 ทั้งนี้เพื่อขยายตลาดการส่งออกปลานิล เนื่องจากการผลิตส่วนใหญ่กว่าร้อยละ 70 เป็นการบริโภคภายในประเทศ โดยตลาดส่งออกที่สำคัญในปัจจุบัน ได้แก่ สหรัฐฯ อิตาลี ฝรั่งเศส ออสเตรเลีย ตะวันออกกลาง และเอเชีย ราคาส่งออกนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณและความต้องการปลานิลของตลาดโลก ซึ่งปัจจุบันไทยส่งออกปลานิลทั้งในรูปแบบปลานิลแช่แข็ง และในรูปแผ่นเนื้อประมาณ 10,000 ตัน คิดเป็นมูลค่า 800 ล้านบาท (เกวลิ้น, 2552)

การเลี้ยงปลานิลก็ประสบกับปัญหาโรคระบาดอย่างรุนแรงในทุกส่วนของประเทศ โดยเฉพาะ ในส่วนของการเลี้ยงปลานิลในกระชัง และกระทบต่ออุตสาหกรรมต่อเนื่องคือ ปริมาณปลาเนื้อมาขายไปมาก ทำให้ราคาปลาขยับต่ำเพิ่มขึ้นอีก ทั้งปลากระชังและปลาเลี้ยงในบ่อดินส่งผลให้มีการใช้ยาและสารเคมีมากขึ้น และการเลี้ยงสัตว์น้ำเชิงอุตสาหกรรม สภาวะแวดล้อมที่เสื่อมโทรมลง จากการใช้ยาปฏิชีวนะในการเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นสาเหตุให้ยาปฏิชีวนะที่ตกค้างในสัตว์น้ำและถ่ายทอดต่อมายังผู้บริโภค ส่งผลเสียทำให้เชื้อแบคทีเรียพัฒนาตัวเองจนเป็นสายพันธุ์ที่ทนทานต่อยาปฏิชีวนะ (FAO, 2002) จากนโยบายอาหารปลอดภัย และการมุ่งสู่ครัวของโลกของรัฐบาล แนวทางการเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์จึงเป็นทางออกในการสร้างผลผลิตที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค การศึกษาแนวทางในการผลิตสัตว์น้ำโดยไม่ใช้ยาปฏิชีวนะและสารเคมีจึงเป็นแนวทางสำคัญ เพื่อพัฒนาวิธีการในการส่งเสริมสุขภาพสัตว์น้ำและป้องกันโรค เช่น การใช้วัคซีนและ probiotic แต่ยังคงมีปัญหาในวิธีการปฏิบัติอยู่มาก ทั้งด้านต้นทุนและแรงงานในการใช้วัคซีน ชนิด และความหนาแน่นของปริมาณ probiotic ที่ใช้อย่างได้ผลในสภาวะแวดล้อมในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่แตกต่างกัน การใช้ prebiotic ซึ่งเป็นส่วนประกอบในอาหารที่ร่างกาย สัตว์น้ำไม่สามารถย่อยได้แต่มีประโยชน์ในการช่วยการเติบโตและการทำงานของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในลำไส้ ดังนั้นจึงเป็นแนวทางในการช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันต้านทานโรค และการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำได้เช่นเดียวกับที่ประสบความสำเร็จอย่างดีในการใช้กับสัตว์ปีกและสุกรรวมถึงในมนุษย์

อาหารและนิสัยการกินอาหารของปลานิล (Food and Feeding Behavior)

อาหารของปลานิล ตามธรรมชาติปลานิลค่อนข้างจะชอบกินพืช แต่ปลานิลเป็นปลาที่กินทั้งพืชและสัตว์ (Omnivorous) เช่น สาหร่าย แพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ ตะไคร่น้ำและของเน่าเปื่อยต่างๆ ส่วนลูกปลานิลขนาดเล็กกินไรน้ำ คลอเรลลา (*Chlorella*) หรือสไปรูลินา (*Spirulina*) ปัจจุบันการเลี้ยงปลานิลเป็นการเลี้ยงแบบกึ่งพัฒนา จะเน้นการให้อาหารเพื่อเร่งการเจริญเติบโต จึงจำเป็นต้องใช้โปรตีนในปริมาณสูง ในสัตว์น้ำมีความต้องการไม่เท่ากัน สำหรับลูกปลาวัยอ่อน (Juvenile) และลูกปลานิล (Fingerling) มีความต้องการอาหารที่มีระดับโปรตีน ประมาณ 30-40% ปลาใหญ่มีความต้องการอาหารที่มีระดับโปรตีนประมาณ 25-30% ปลานิลเป็นปลาที่ไม่มีกระเพาะอาหารที่แท้จริงจึงกินอาหารได้ทีละน้อย และมีขบวนการย่อยอาหารที่ค่อนข้างช้า การให้อาหารทีละมากๆ จะทำให้เกิดการสูญเสียอาหาร และทำให้คุณภาพน้ำเสียได้ ดังนั้นจึงควรให้อาหารทีละน้อยแต่ให้บ่อยครั้ง ความถี่ในการให้อาหารประมาณ 4-5 ครั้งต่อวัน ในประเทศไทยจะนิยมอนุบาลปลานิลให้ได้ขนาดตามที่ต้องการแล้วจึงย้ายไปเลี้ยงในบ่อ การผลิตอาหารตามธรรมชาติ สำหรับลูกปลานิล จะใส่ปุ๋ยคอก เช่น มูลไก่ มูลหมู มูลวัวและมูลควาย ในอัตราส่วน 250-300 กิโลกรัมต่อไร่ต่อเดือน หรืออาจใช้ปุ๋ยหมักปุ๋ยพืชสดและปุ๋ยเคมี (ปกรณ, 2545)

การเลี้ยงปลานิลในกระชังหรือคอก

การเลี้ยงปลานิลในกระชังนั้นนิยมเลี้ยงมานานแล้ว ทั้งในประเทศและต่างประเทศ สำหรับประเทศไทยนิยมเลี้ยงกันมากที่จังหวัดนครสวรรค์และจังหวัดอุทัยธานี บริเวณริมฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำสาขา การเลี้ยงปลาในกระชังเป็นการใช้แหล่งน้ำให้เกิดประโยชน์ด้านการเพิ่มแหล่งอาหารประเภทโปรตีนอีกทางหนึ่ง แต่การเลี้ยงด้วยวิธีนี้ไม่ค่อยได้รับความสนใจมากนักในชนบท เพราะส่วนมากแล้วในชนบทจะมีปัญหาเรื่องอาหารที่นำมาใช้เลี้ยงปลาและน้ำที่มีไม่เพียงพอตลอดฤดูกาลเลี้ยงปลา ด้วยเหตุนี้การเลี้ยงปลาในกระชังส่วนมากจะทำกันภายในขอบเขตที่จำกัดตามบริเวณที่อยู่ริมแม่น้ำ และผลผลิตที่ได้จากการเลี้ยงปลานิลในกระชังนั้นขึ้นอยู่กับ การดูแลรักษา การให้อาหารและระยะเวลา การเลี้ยงตามปกติผลผลิตของปลานิลจะอยู่ประมาณ 30-50 กิโลกรัมต่อตารางเมตรต่อปี ซึ่งสูงกว่าการเลี้ยงในบ่อดินประมาณ 10-20 เท่า (เพิ่มพูน, 2531)

การเลี้ยงปลาในกระชังเป็นรูปแบบการเลี้ยงที่ใช้ผลผลิตสูงก่อให้เกิดผลประโยชน์สูงสุดในเชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับการใช้ประโยชน์แหล่งน้ำซึ่งสามารถลดการใช้ประโยชน์ที่ดินขาดแคลนน้ำหรือมีไม่เพียงพอทำการเลี้ยงสัตว์น้ำได้เป็นอย่างดี และช่วยให้ผู้ที่ไม่มีที่ทำกินหันมาเลี้ยงปลาได้ เมื่อปล่อยปลาในอัตราที่เหมาะสมจะทำให้ปลา มีอัตราการเจริญเติบโตได้ดีขึ้น ช่วยลดระยะเวลาการเลี้ยงให้สั้นลงได้ นอกจากนี้ยังสะดวกในการดูแลจัดการ การเคลื่อนย้าย และการเก็บเกี่ยวผลผลิต

การลงทุนต่ำกว่ารูปแบบการเลี้ยงแบบอื่นๆ แต่ให้ผลตอบแทนต่อพื้นที่สูง (ศิริ, 2542) ปลาที่เลี้ยงในกระชังจะมีการเจริญเติบโตเร็วและสามารถอยู่ได้หนาแน่น เนื่องจากมีน้ำไหลถ่ายเทอยู่ตลอดเวลา ไม่ขาดแคลนก๊าซออกซิเจน สามารถลดระยะเวลาการเลี้ยงให้สั้นลงได้ นอกจากนั้นการจับก็ง่าย ได้ปลาที่มีขนาดไม่แตกต่างกัน และการลงทุนต่ำกว่าการเลี้ยงปลาด้วยวิธีอื่นๆ (เมฆ, 2530)

พรีไบโอติก (Prebiotic)

พรีไบโอติก เป็นสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่ไม่สามารถถูกย่อย และไม่ถูกดูดซึมในระบบทางเดินอาหาร แต่แบคทีเรียบางกลุ่มโดยเฉพาะกลุ่มที่มีประโยชน์ที่อาศัยอยู่ในลำไส้ใหญ่สามารถใช้สารอาหารเหล่านั้นในการเจริญ และส่งผลต่อการเสริมสร้างสุขภาพของเจ้าบ้านให้ดีขึ้น อาทิเช่น *Bifidobacterium*, *Lactobacillus* และ *Eubacterium* (Cumming et al., 2001) ส่วนใหญ่สารที่นำมาใช้มักเป็นใยอาหารธรรมชาติจากพืชที่มี oligosaccharides ที่ย่อยไม่ได้ หรือคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนชนิดอื่น ซึ่งยังจะช่วยลดอาการท้องผูก ช่วยรักษาสมดุลน้ำและเกลือแร่ในร่างกาย และช่วยในการดูดซึมแร่ธาตุบางชนิด เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก และสังกะสี (พีร์, 2551) สารอาหารที่มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติกนั้นต้องสามารถทนต่อการย่อยของกรดในกระเพาะอาหาร และลงสู่ลำไส้ใหญ่ได้โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลง และไม่ถูกดูดซึมในลำไส้เล็ก เพื่อที่จุลินทรีย์ประจำถิ่น (microflora) ที่อาศัยอยู่ในลำไส้ใหญ่สามารถใช้สารเหล่านี้ในการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวน (Gibson, 2004)

ฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (Fructo oligosaccharides, FOS)

ฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ เป็นโพลีแซคคาไรด์สายสั้นๆ ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวได้แก่ กลูโคส และฟรุคโตส ค่อกัน 2-10 โมเลกุล โดยที่โมเลกุลของน้ำตาลฟรุคโตสจะเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ beta-(2,1)-glycosidic ทำให้ได้ FOS ชนิดต่างๆ ได้แก่ 1-ketose (GF2), nystose (GF3) และ fructofuranosylnystose (GF4) คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของ FOS คือเป็นผงละเอียดสีขาว ไม่มีกลิ่น มีความหวานเป็นร้อยละ 30 ของน้ำตาลซูโครสดูดความชื้นเล็กน้อยให้พลังงานต่ำ (ประมาณ 1.5 กิโลแคลอรีต่อกรัม) เนื่องจากไม่สามารถย่อยได้โดยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหาร มีความคงตัวสูงกว่าฟิเอซมากกว่า 3 และทนต่ออุณหภูมิไม่เกิน 140 องศาเซลเซียส FOS พบในพืชมากกว่า 36,000 ชนิด โดยแหล่งอาหารที่มี FOS ในปริมาณสูง ได้แก่ ถั่วลิสง หัวหอมใหญ่ กระเทียม หน่อไม้ฝรั่ง มะเขือเทศ ข้าวสาลี ชิคอรี่ เป็นต้น นอกจากนี้ในระดับอุตสาหกรรมอาหารยังมีการผลิต FOS จากน้ำตาลซูโครสโดยอาศัยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis) ของเอนไซม์อินนูลินเอส (inulinase) ได้อีกด้วย การรับประทาน FOS จะช่วยเพิ่มจำนวนแบคทีเรียตัวดีใน

ระบบทางเดินอาหาร ซึ่งส่งผลให้การทำงานและสุขภาพของระบบทางเดินอาหารดีขึ้น(สุญาณี, 2549)

พรุคโคโอลิโกแซคคาไรด์ เป็นโอลิโกแซคคาไรด์ที่เอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของคน และสัตว์ไม่สามารถย่อยได้ แต่จะถูกหมักด้วยจุลินทรีย์ในบริเวณลำไส้ใหญ่ ช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ได้แก่ *Bifidobactrium* และ *Lactobacillus* แบคทีเรียเหล่านี้สามารถควบคุมหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์อื่นๆที่ก่อให้เกิดโรคได้ โดยการผลิตกรดไขมันสายสั้น ซึ่งจะทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างในลำไส้ลดลง ทำให้เกิดความไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ก่อโรค (Ross, 1999)

ไคโตซาน (Chitosan)

ไคโตซานเป็นอนุพันธ์ของไคติน ซึ่งเป็นโพลีแซคคาไรด์ที่พบมากในธรรมชาติเป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส (Knorr, 1984) พบได้ทั่วไปทั้งในพืชและสัตว์ ได้แก่ กุ้ง หอย แมลง รา และ ยีสต์ ปริมาณไคตินที่พบจะแตกต่างกันไปตามชนิดของสิ่งมีชีวิต ไคโตซานที่ได้จากการกำจัดหมู่อะซิติลของไคตินด้วยด่างเข้มข้นทำให้โครงสร้างทางเคมีของไคตินเปลี่ยนแปลง โดยหมู่อะซิติลของไคตินถูกแทนที่ด้วยอะตอมของไฮโดรเจนกลายเป็นหมู่เอมีโน($-NH_2$) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่สอง ดังนั้นไคโตซาน คือ D-glucosamine(2-amino-2-deoxy-D-glucose) หรือ Poly-B(1,4)-2-amino-2-deoxy-D-glucose มีสูตรทั่วไปเป็น $(C_6H_{11}NO_4)_n$ (ลิลา, 2542; ภาวดี และคณะ, 2543) ประกอบด้วยคาร์บอนร้อยละ 44.7 ไฮโดรเจนร้อยละ 6.8 และไนโตรเจนร้อยละ 8.7 (Muzzarelli, 1977) โดยทั่วไปถ้าหมู่อะซิติลถูกตัดออกไปประมาณร้อยละ 60 ไคตินจะถูกเรียกว่าไคโตซาน และถ้าหมู่อะซิติลถูกตัดหรือหลุดออกไปประมาณร้อยละ 90-100 จะเรียกว่า fully deacetylated chitosan ความสามารถในการกำจัดหมู่อะซิติลจะขึ้นอยู่กับแหล่งของไคตินและกระบวนการผลิต (ขวัญใจ, 2541)

ไคโตซานได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย ทั้งด้านการแพทย์ ด้านการเกษตร ด้านอาหารและเครื่องสำอาง ในวงการแพทย์ได้นำไคโตซานมาทำเป็นแผ่นปิดแผล ช่วยให้ผู้ป่วยมีอาการเจ็บปวดจากบาดแผลผ่าตัดน้อยกว่าการใช้ผ้าก๊อซชุบน้ำมันวาสลีนปิดแผล และยังป้องกันการติดเชื้อของแผล (อริยา, 2541)

ไคโตซานช่วยในการเพิ่มการเจริญเติบโต และระบบภูมิคุ้มกันของสัตว์น้ำ การใช้ไคโตซานเคลือบอาหารกุ้งมีผลทำให้กุ้งมีสุขภาพแข็งแรงสมบูรณ์ และมีขนาดตัวที่โตสม่ำเสมอมากที่สุด (ปิยะบุตร และคณะ, 2544) กัญชู และคณะ (2553)พบว่า การเสริมอาหารด้วยไคโตซานเข้มข้นร้อยละ 1 ของน้ำหนักรอาหารสามารถช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันชนิดไม่จำเพาะในปลากะพงขาวได้

เช่นเดียวกับการศึกษาของ Gopalakannan and Arul (2006) โคติน ไคโตซาน มีหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นภูมิคุ้มกันในการป้องกันและต่อต้านการติดเชื้อ *Aeromonas hydrophila* ของปลาไน (*Cyprinus carpio*)

ประโยชน์ของพรีไบโอติก (สุญาณี, 2549)

1. ผลต่อระบบทางเดินอาหาร

ที่ลำไส้ใหญ่พรีไบโอติกจะเป็นอาหารให้กับแบคทีเรีย ซึ่งเมื่อแบคทีเรียดำรงชีพก็จะให้พลังงานและสารบางชนิด เช่น กรดแลกติกและกรดไขมันชนิดสายสั้น (short-chain fatty acids) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากกระบวนการหมัก ซึ่งการหมักนี้จะทำให้มีการกระตุ้นการเจริญของกลุ่มจุลินทรีย์สุขภาพ และสภาวะความเป็นกรดที่เกิดขึ้นจะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียบางชนิดในลำไส้ได้ เช่น *Clostridium perfringens*, *Salmonella* spp. และ *Escherichia coli* เป็นต้น จึงมีผลช่วยป้องกันอาการท้องเดินโดยเฉพาะจากการติดเชื้อได้ นอกจากนี้ด้วยคุณสมบัติเหมือนใยอาหารอื่นๆ ก็จะช่วยบรรเทาอาการท้องผูกได้ด้วยเนื่องจากผลของการเพิ่มน้ำหนักของอุจจาระและผลต่อการเคลื่อนไหวของลำไส้จึงช่วยให้ขับถ่ายง่าย

2. ผลต่อการดูดซึมแร่ธาตุบางชนิด

จากการหมักพรีไบโอติกโดยแบคทีเรียในลำไส้ได้กรดไขมันชนิดสายสั้น ความเป็นกรดก็จะช่วยในการดูดซึมแร่ธาตุบางชนิดได้ เช่น แคลเซียม เหล็ก แมกนีเซียม และสังกะสี นอกจากนี้อาจด้วยกลไกที่ทำให้มีการดึงน้ำเข้ามาช่วยในการละลายเกลือแร่ต่างๆ ได้ จึงมีการคาดการณ์ว่าจะส่งผลช่วยลดความเสี่ยงต่อกระดูกพรุนได้

3. ผลต่อการเผาผลาญไขมัน

มีการศึกษาเกี่ยวกับการช่วยลดระดับไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) แต่ยังไม่มียุทธศาสตร์มากนัก ส่วนเรื่องของการลดคอเลสเตอรอล นั้นเช่นกัน การที่จุลินทรีย์สุขภาพเจริญจำนวนมากขึ้นก็จะช่วยย่อยสลายคอเลสเตอรอล และยับยั้งการดูดซึมผ่านผนังลำไส้ หรืออาจเนื่องจากผลจากกระบวนการหมักที่ได้กรดไขมันสายสั้นบางชนิด โดยเฉพาะกรดโพรพิโอนิก (propionic acid) ซึ่งสามารถไปยับยั้งการสังเคราะห์ไขมันรวมทั้งคอเลสเตอรอล ดังนั้นพรีไบโอติกอาจช่วยลดความเสี่ยงต่อโรคหลอดเลือดแข็งซึ่งมีสาเหตุจากไขมันได้

4. ผลต่อระบบภูมิคุ้มกันของระบบทางเดินอาหาร

พบว่าพรีไบโอติกสามารถช่วยกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน โดยมีผลต่อการทำหน้าที่ของเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับภูมิคุ้มกันตามลำไส้ มีผลเพิ่มความแข็งแรงของเซลล์เยื่อบุผิวของลำไส้ซึ่งสามารถป้องกันการติดเชื้อได้ดีด้วย รวมถึงมีผลต่อจำนวนและการทำงานของจุลินทรีย์

พรีไบโอติกช่วยลดความเสี่ยงต่อโรค ได้แก่ บรรเทาอาการท้องผูก เนื่องจากผลของการเพิ่มปริมาณ อุจจาระ และผลต่อการเคลื่อนไหวของลำไส้ ช่วยป้องกันท้องเสียท้องเดิน โดยเฉพาะจากการติดเชื้อ ลดความเสี่ยงต่อโรคกระดูกพรุน เนื่องจากช่วยเรื่องการดูดซึมของแคลเซียม ลดความเสี่ยงต่อโรค หลอดเลือดแข็งซึ่งมีสาเหตุจากไขมัน

โพรไบโอติก (Probiotic)

โพรไบโอติก หมายถึง จุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพของเจ้าบ้าน มีผลต่อความสมดุลของจุลินทรีย์ภายในลำไส้ มีคุณสมบัติทนต่อสภาวะที่เป็นกรดในกระเพาะอาหารและทนต่อเกลือในลำไส้ โดยส่วนใหญ่จะเป็นกลุ่มแบคทีเรียพวก *Lactobacilli* และ *Bifidobacteria* นอกจากนี้ยังมีกลุ่มอื่นๆที่มีคุณสมบัติเป็นโพรไบโอติก โพรไบโอติกเป็นกลุ่มของ จุลินทรีย์ หรืออาหารเสริมที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่ยังมีชีวิต ที่ก่อให้เกิดประโยชน์ ซึ่งสามารถปรับ สมดุลย์ในระบบทางเดินอาหาร เช่น microflora ในทางเดินอาหาร (Parker, 1974; Fuller, 1989) Gatwsoupe (1999) กล่าวว่าโพรไบโอติก คือเซลล์ของจุลินทรีย์ที่เติมลงไปโดยวิธีการใดๆก็ตามแล้ว สามารถเข้าไปอยู่ในลำไส้ของเจ้าบ้าน และสามารถมีชีวิตอยู่ได้เพื่อพร้อมที่จะไปปรับปรุงสุขภาพ ของตัวเจ้าบ้านนั้นๆให้ดีขึ้น จุลินทรีย์โพรไบโอติกมีหลายชนิดทั้งแบคทีเรีย เชื้อราและยีสต์ กลุ่ม แบคทีเรีย เช่น *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus thermophilus*, *Bacillus subtilis*, *Bifidobacterium longum*, *Pediococcus pentosaceus* กลุ่มเชื้อราและยีสต์ เช่น *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus niger*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Pediococcus* sp.(พิกุล, 2543)

โพรไบโอติกเป็นจุลินทรีย์ซึ่งอาจเป็นชนิดเดียวหรือเป็นส่วนผสมของจุลินทรีย์ที่มีชีวิต หลายชนิดที่สามารถไปปรับปรุงคุณสมบัติของจุลินทรีย์ดั้งเดิมที่อาศัยอยู่ในลำไส้ของสัตว์นั้น โดย จุลินทรีย์เหล่านี้อาจอยู่ในรูปของเซลล์แห้งจากกระบวนการระเหิดแห้ง (freeze dried cells) หรืออยู่ ในรูปผลิตภัณฑ์หมัก เมื่อคนหรือสัตว์บริโภคเข้าไปแล้วจุลินทรีย์เหล่านี้จะสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ในระบบทางเดินอาหาร และก่อให้เกิดประโยชน์แก่ผู้บริโภค จุลินทรีย์ที่เป็น โพรไบโอติกจะทำ หน้าที่เป็นตัวควบคุมทางชีวภาพ ทำให้เกิดสมดุลย์ของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร ลดปริมาณ เชื้อที่เป็นโทษและเพิ่มปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ให้มีปริมาณมากขึ้น (ธวัชชัย และคณะ, 2547)

ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae*

ยีสต์ชนิด *S. cerevisiae* ประกอบด้วยเอนไซม์จำนวนมาก บางส่วนถูกขับออกมาในลำไส้ และช่วยเสริมเอนไซม์ที่มีอยู่แล้วในทางเดินอาหาร จึงช่วยให้เพิ่มอัตราการย่อยได้ ทำให้การกิน

อาหารเพิ่มขึ้น ผลที่ได้คือการเพิ่มน้ำหนักหรือผลผลิต ช่วยสนับสนุนสมดุลของจุลชีพในลำไส้ หากมีการให้อย่างสม่ำเสมอ (Jonewell, 1993) ยีสต์ขนมปัง *S. cerevisiae* มีองค์ประกอบที่เป็นตัวกระตุ้นภูมิคุ้มกัน เช่น β -glucans , nucleic acids , mannan oligosaccharides ซึ่งสามารถเพิ่มการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกัน (Anderson *et al.*, 1995; Ortuno *et al.*, 2002) Abdel-Tawwab *et al.* (2008) พบว่ายีสต์ *S. cerevisiae* เพิ่มเจริญเติบโตและระบบภูมิคุ้มกันในปลานิล *Oreochromis niloticus* ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถใช้เพื่อป้องกันโรคในการเลี้ยงปลานิล

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการศึกษา

Abdel-Tawwab *et al.* (2008) ศึกษาเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ต่อการเจริญเติบโตและระบบภูมิคุ้มกันในปลานิล *Oreochromis niloticus* ในลูกปลาขนาด 0.33 กรัม สุ่ม 25 ตัวต่อถัง 140 ลิตร อาหารปลาเสริมด้วยยีสต์ 0, 0.25, 0.50, 1.0, 2.0 และ 5.0 กรัมต่อกิโลกรัม ให้อาหารเป็นเวลา 12 สัปดาห์ หลังจากทดสอบเสร็จนำมาทดสอบด้วยเชื้อก่อโรค *Aeromonas hydrophila* ซึ่งจะฉีดเข้าที่ช่องท้อง สังเกต 10 วัน จากนั้นก็สังเกตอาการและอัตราการตายต่อวัน พบว่ามีการเจริญเติบโตสูงสุด การใช้ประโยชน์จากอาหาร และ Protein turn-over ในอาหารที่มียีสต์ 1.0-5.0 กรัมต่อกิโลกรัม ยีสต์ที่เสริม 1.0 กรัมต่อกิโลกรัม จะเพิ่มการสะสมโปรตีนในตัวปลา ปลาตายทั้งหมด ในวันที่ 10 หลังจากฉีดเข้าช่องท้องด้วยเชื้อ *Aeromonas hydrophila* และจำนวนเชื้อในซีรัมลดลง เมื่อเพิ่มระดับของยีสต์ในอาหารปลา อย่างไรก็ตามในปลาที่กินอาหารเสริมยีสต์ 5.0 กรัมต่อกิโลกรัม มีจำนวนปลาที่ตายและจำนวนแบคทีเรียที่น้อยที่สุด ผลบ่งชี้ว่ายีสต์ขนมปังเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถใช้เป็นยาปฏิชีวนะเพื่อป้องกันโรค ในการเลี้ยงปลานิล ระดับสูงสุดของยีสต์ขนมปังในอาหาร 1.0 กรัมต่อกิโลกรัม

Lara-Flores *et al.* (2003) ศึกษาผลของโปรไบโอติกสามชนิด ซึ่งมีแบคทีเรียสองชนิด และยีสต์หนึ่งชนิด ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลานิล เลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสามสูตรที่มีระดับโปรตีน 40 % สูตรที่หนึ่งเสริมแบคทีเรีย *Streptococcus faecium* และ *Lactobacillus acidophilus* 0.1% สูตรที่สองเสริมยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* 0.1% และสูตรที่สามเป็นอาหารควบคุม เพิ่มอาหารอีกสองสูตรที่มีโปรตีนต่ำ 27% เพื่อเป็นปัจจัยของความเครียด และเสริมโปรไบโอติกแบคทีเรีย และ ยีสต์ 0.1% ในอาหารทั้งสองสูตร เลี้ยงลูกปลานิล 9 สัปดาห์ ในถัง 20 ลิตร ทดสอบ 2 ความหนาแน่น คือที่ความหนาแน่นสูง 20 ตัวต่อถังเพื่อเป็นปัจจัยของความเครียด และความหนาแน่นต่ำ 10 ตัวต่อถัง ผลแสดงว่าลูกปลากินอาหารที่เสริมโปรไบโอติกมากกว่าอาหารควบคุม จากโปรไบโอติกทั้งสี่ที่ริตเมนต์ อาหารที่มีโปรตีน 40% เสริมยีสต์ มีการเจริญเติบโตดีที่สุด

และมีประสิทธิภาพการกินที่ดี ข้อเสนอแนะ ยีสต์ใช้การกระตุ้นการเจริญเติบโตในการเลี้ยงปลานิลได้

Ai *et al.* (2007) ทดสอบผลของการเสริม β -1, 3 glucan ต่อระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ และการป้องกันการติดเชื้อ *Vibrio harveyi* ของปลา large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) อาหารทดลอง 3 สูตร อาหารพื้นฐานเสริม β -1, 3 glucan 0%, 0.09% และ 0.18% เลี้ยงปลาในกระชังลอยน้ำในทะเลขนาด 1.5x1.5x2.0 ม. แต่ละกระชังปล่อยปลา 100 ตัว น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 9.75 ± 0.35 กรัม ให้อาหารปลาทุกวัน วันละสองครั้งจนอิ่ม ช่วงเวลา 05:00 และ 17:00 เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นในสูตรอาหารที่เสริม glucan ระดับต่ำ (0.09%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ระดับสูง (0.18%) ไม่เพิ่ม ชีรั่มไลโซไซม์เพิ่มขึ้นตามการเพิ่มของระดับ glucan ในอาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และปลาที่กิน glucan ในระดับสูงมีไลโซไซม์สูงเมื่อเปรียบเทียบกับ glucan ระดับต่ำ ไม่มีความแตกต่างใน alternative complement pathway (ACP) activity ระหว่างปลาที่กินอาหารเสริม และไม่เสริม glucan เปอร์เซ็นต์ phagocytosis (PP) และ respiratory burst activity ในปลาที่กินอาหารเสริม glucan 0.09% สูงกว่าปลาในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ปัจจัยทางภูมิคุ้มกันลดลงในปลาที่กินเสริมสูงเมื่อเปรียบเทียบกับเสริมต่ำ และไม่แตกต่างระหว่างระหว่างควบคุมกับกลุ่มที่เสริมสูง การทดสอบเชื้อปลาที่กินเสริมต่ำมีการตายต่ำ เปรียบเทียบกับควบคุมและกลุ่มสูง ($P < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างระหว่างควบคุมกับกลุ่มสูง ผลบ่งชี้ว่า glucan ระดับสูงไม่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต แต่ glucan ระดับต่ำเพิ่มการเจริญเติบโต และระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะของ large yellow croaker ใน 8 สัปดาห์ของการให้อาหาร และใช้ในการเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันใน large yellow croaker ในอนาคต

จินนพัต และคณะ (2551) พบว่าการเสริมแมนแนนโอลิโกแซคคาไรด์ 4 ระดับคือ 0, 2, 4 และ 6 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมในอาหารลูกกุ้งที่ผสมฮอร์โมนเพศผู้ 17 α -methyl testosterone ต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดของลูกปลานิล (*Oreochromis niloticus* Linnaeus) ทดลองเป็นเวลา 21 วัน การเสริมแมนแนนโอลิโกแซคคาไรด์ที่ระดับ 4 และ 6 กรัมมีผลทำให้น้ำหนักและความยาวสูงกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการเสริมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และยังมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่มีผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอดของลูกปลานิลในอาหารที่เสริมทุกระดับ การเสริมแมนแนนโอลิโกแซคคาไรด์ในทุกระดับมีผลช่วยให้ลูกปลานิลมีความต้านทานต่อเชื้อ *Streptococcus agalactiae* ได้ดีกว่าลูกปลาในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยมีอัตราการตายเฉลี่ย 43.33 ± 20.82 , 3.33 ± 5.77 , 0.00 ± 0.00 และ 0.00 ± 0.00 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ การศึกษานี้แสดงถึง

ประโยชน์ของแมนแนนโอลิโกแซคคาไรด์ต่อการเจริญเติบโตและความต้านทานโรคของลูกปลานิล

การเสริมยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ในอาหารค่อระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะของปลา Gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) โดยใช้อาหารที่เสริมยีสต์แตกต่างกัน 4 ระดับคือ 0, 1, 5 และ 10 กรัมต่อกิโลกรัม ทดลองเป็นเวลา 4 สัปดาห์พบว่า การเสริมยีสต์ช่วยเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันของปลา Gilthead seabream การใช้ยีสต์สามารถใช้เป็นตัวกระตุ้นทางภูมิคุ้มกันได้ (Ortuno *et al.*, 2002)

มนต์สรวง และคณะ (2550) ศึกษาการเจริญเติบโตของปลานิลแปลงเพศที่ได้รับอาหารเคลือบด้วยไคโตซานระดับต่างๆ โดยทดลองเลี้ยงปลานิลแปลงเพศที่มีน้ำหนักอยู่ในช่วง 2.18 – 2.42 กรัม ด้วยอาหารสำเร็จรูป 7 สูตร โดยแต่ละสูตรจะมีความแตกต่างกันของระดับไคโตซานที่ใช้ในการเคลือบเม็ดอาหาร ดังนี้ 0, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัมตามลำดับ การทดลองทำในตู้กระจกซึ่งมีปริมาตรน้ำ 160 ลิตร ระยะเวลาทำการทดลอง 10 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่า การเคลือบด้วยไคโตซานในระดับ 10 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เป็นระดับที่ทำให้ปลามีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว ($P < 0.05$) น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น ($P < 0.05$) ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ($P < 0.05$) สูงที่สุด และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ($P < 0.05$) ต่ำที่สุด และพบว่าอาหารที่เคลือบด้วยไคโตซานในระดับ 0, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวัน อัตราการกินอาหารต่อวัน อัตราการรอดตาย การใช้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิ และดัชนีคัพต่อตัว

กัญช์ และคณะ (2553) ผลการตอบสนองทางระบบภูมิคุ้มกันของปลากระพงขาว (*Lates calcarifer* Bloch) ค่อการเสริมไคโตซานเข้มข้นร้อยละ 0, 0.5, 1 และ 1.5 ของน้ำหนักอาหาร ทดลองเป็นเวลา 47 วัน พบว่าการเสริมไคโตซานเข้มข้นร้อยละ 1.5 ของน้ำหนักอาหาร นาน 26 และ 36 วัน มีผลให้ปริมาณเม็ดเลือดขาวรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่การเสริมไคโตซานร้อยละ 1 ของน้ำหนักอาหาร นาน 47 วัน มีผลให้ประสิทธิภาพการจับกินสิ่งแปลกปลอม และ Phagocytosis Index เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) การเสริมไคโตซานเข้มข้นร้อยละ 0.5 ของน้ำหนักอาหาร ให้ผลด้านการเจริญเติบโต และระบบภูมิคุ้มกันไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การเสริมอาหารด้วยไคโตซานเข้มข้นร้อยละ 1 ของน้ำหนักอาหารสามารถช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันชนิดไม่จำเพาะในปลากระพงขาวได้

Gopalakannan and Arul (2006) ศึกษาผลของไคติน ไคโตซาน และ levamisole ต่อระบบภูมิคุ้มกัน และการเจริญเติบโตของปลาไน (*Cyprinus carpio*) ภายในพื้นที่เลี้ยง ให้อาหารปลาเป็นระยะเวลา 90 วัน และทดสอบด้วยเชื้อ *Aeromonas hydrophila* อาหารเสริมไคติน ไคโตซานและ

levamisole เพิ่มการเจริญเติบโตทุกกลุ่มการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับอาหารที่ไม่เสริม มีผลการเจริญเติบโตที่สูงในปลาที่กินไคโตซาน 94.92 ± 9.36 กรัม ตามมาด้วย levamisole 93.25 ± 8.4 กรัม และไคติน 63.54 ± 4.7 กรัม อาหารที่เสริมไคติน ไคโตซาน และ levamisole สามารถกระตุ้นกิจกรรมของไลโซไซม์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) และ NBT ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) เมื่อทดสอบด้วยเชื้อ *A. hydrophila* 45 วัน เปอร์เซ็นต์ความสัมพันธ์ของอัตราการรอด(RPS) มีค่าสูงในปลาที่กินอาหารเสริมไคโตซาน(80%) รองลงมาเป็น levamisole (66.7%) และไคติน (40%) อย่างไรก็ตาม RPS ลดลง 68.9%, 57.8% และ 37.5% ในวันที่ 90 หลังจากทดสอบด้วยเชื้อ *A. hydrophila* ผลบ่งชี้ว่าอาหารที่เสริมไคโตซานช่วยเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ และอัตราการรอดของปลาไน (*Cyprinus carpio*) ในบ่อ สรุปได้ว่าไคติน ไคโตซาน และ levamisole มีหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นภูมิคุ้มกันในการป้องกันและต่อต้านการติดเชื้อ *A. hydrophila* ได้

สารละลายไคโตซานมาใช้เคลือบอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ในพื้นที่ความเข้มข้นประมาณ 5 ± 2 พีพีทีของขนาดบ่อ 2 ไร่ พบว่าการใช้ไคโตซานเคลือบอาหารกุ้งสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร และเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันในกุ้งกุลาดำได้มากขึ้น ปริมาณไคโตซานที่เหมาะสมที่ใช้ในการเคลือบอาหารกุ้ง คือ 400 พีพีเอ็ม เนื่องจากทำให้ได้น้ำหนักรวมของกุ้งที่จับได้มากที่สุด เท่ากับ 3,083.25 กิโลกรัม โดยมากกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ใช้ไคโตซานอย่างมีนัยสำคัญถึง 1,233.25 กิโลกรัม เพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารมากที่สุดเท่ากับ 1.15 และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 0.1972 กรัมต่อตัวต่อวัน น้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 21.69 กรัมต่อตัว อัตราการรอดสูงสุด 78.97% ยิ่งไปกว่านั้นการใช้ไคโตซานเคลือบอาหารกุ้งยังมีผลทำให้กุ้งมีสุขภาพแข็งแรงสมบูรณ์ และมีขนาดตัวที่โตสม่ำเสมอมากที่สุด (ปิยะบุตร และคณะ, 2544)

ผลของไคติน และไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของปลานิล *Oreochromis niloticus* x *O. aureus* เสริมในอาหารที่แตกต่างกัน คือ 0, 2, 5 และ 10 % ทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 0.99 ± 0.01 กรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าน้ำหนักสุดท้ายในกลุ่มที่เสริมไคติน และไคโตซานต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) น้ำหนักสุดท้ายของปลาทดลองตามการเสริมไคตินและไคโตซานที่เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) น้ำหนักสุดท้ายของปลาที่กินอาหารเสริมไคติน 5 และ 10 % สูงกว่าปลาที่กินอาหารเสริมไคโตซานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อัตราการแลกเนื้อเป็นไปทำนองเดียวกับน้ำหนัก การเสริมไคติน และไคโตซานจะไปขัดขวางการเจริญเติบโตของปลานิล (Shiau and Yu, 1999)

ดวงกมล (2552) ศึกษาผลของไคโตซานต่อการตอบสนองทางระบบภูมิคุ้มกันของปลานิลสายพันธุ์จิตรดา 3 โดยศึกษาผลต่อกิจกรรมของ phagocytic cells และการสร้างแอนติบอดี ทดลอง

ให้อาหารผสมไคโดซานในอัตรา 2.5, 5.0, 7.5 และ 10.0 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ได้รับอาหารปกติ จากผลการศึกษพบว่าค่า haematocrit index ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดขาว เพอร์เซ็นต์ฟาโกไซต์ และค่า phagocytic index ของปลานิลเพิ่มขึ้นเมื่อปลานิลได้รับไคโดซานในอัตรา 10.0 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองอื่นๆ และกลุ่มควบคุมค่า haematocrit index ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดขาว เพอร์เซ็นต์ฟาโกไซต์ และค่า phagocytic index มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการได้รับไคโดซาน โดยมีค่าสูงที่สุดเมื่อได้รับไคโดซานเป็นเวลา 12 สัปดาห์ แต่เมื่อพิจารณาในแง่อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะพบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารผสมไคโดซานมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ปลานิลที่ได้รับอาหารผสมไคโดซานในอัตรา 10.0 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่ำที่สุด

การเสริมอินนูลิน โอลิโกฟรุคโตส และแลคโตซูโลส ต่อการเจริญเติบโตและแบคทีเรียในลำไส้ของ turbot (*Psetta maxima*) เสริมในอาหารทดลองอย่างละ 2 % พบว่าน้ำหนักสุดท้ายในปลาที่กินอาหารเสริม โอลิโกฟรุคโตสสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ แบคทีเรียสามารถใช้โอลิโกฟรุคโตสเป็นแหล่งคาร์บอนได้ ซึ่งจะเป็นผลดีต่อการเจริญเติบโตของปลา turbo (Mahious *et al.*, 2006)

Delbert and Gatlin (2005) ทดสอบเสริมฟรีไบโอติก (GroBiotic[®]-A) ผสมกับยีสต์ขนมปัง (Brewtech[®]) ในอาหารปลา hybrid striped bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*) เสริมยีสต์ขนมปัง 1 หรือ 2 % และฟรีไบโอติก 2 % ทดสอบในปลาสองกลุ่มคือ ขนาดเล็กน้ำหนักเฉลี่ย 64.5 กรัมต่อตัว และขนาดใหญ่น้ำหนักเฉลี่ย 118 กรัมต่อตัว เลี้ยงในถัง 1187 ลิตร ให้อาหารวันละสองครั้ง เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการเจริญเติบโตเป็นเวลา 16 สัปดาห์ ทดสอบความต้านทานต่อเชื้อก่อโรค *Mycobacterium marinum* ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 16 สังเกตอัตราการรอดตายจนถึง 21 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า การเสริมฟรีไบโอติก และยีสต์เพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโตดีกว่าอาหารควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) น้ำหนักเพิ่มขึ้นหลังจากกินสัปดาห์ที่ 12 ของการทดลอง ปลาในกลุ่มที่กินอาหารเสริมยีสต์ 2% มีประสิทธิภาพการกินอาหารสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ปลาที่กินฟรีไบโอติก 2% มีอัตราการรอด 80% สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ 72-73% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) การเสริมยีสต์ในอาหารช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและความต้านทานโรคได้

Zhou *et al.* (2010) ได้ศึกษาการเสริมฟรีไบโอติก 4 ชนิด คือ ฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (FOS) ที่ได้จากอินนูลิน, กาแลคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (GOS), Bio-MOS และ Previda[™] ในปริมาณ 10 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม โดยควบคุมระดับโปรตีน 41% และไขมัน 10% ที่ใช้เลี้ยง Red drum (*Sciaenops ocellatus*) จะให้อาหาร 2 ครั้งต่อวันและกินจนอิ่ม พบว่า ปลา Red drum ที่ได้รับอาหารเสริม Previda[™] มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นสูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตรอื่นๆ และปลาที่ได้รับ

อาหารเสริม Bio-MOS มีอัตราการรอดตายต่ำกว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตรอื่นๆ ส่วนกิจกรรมไลโซโซมของปลาที่ได้รับอาหารชุดควบคุมต่ำกว่าปลาที่ได้รับอาหารเสริมพรีไบโอติกทั้ง 4 ชนิด ($P<0.05$) ดังนั้นการเสริมพรีไบโอติกมีผลต่อการเจริญเติบโตและการตอบสนองภูมิคุ้มกัน แต่ก็ขึ้นอยู่กับชนิดของปลา

ผลของฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์สายสั้นต่อจุลินทรีย์ในลำไส้ อัตราการตาย และการเจริญเติบโตของปลานิลพันธุ์ผสม *Oreochromis aureus* ♂ x *O. niloticus* ♀ เสริมฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ระดับแตกต่างกัน 0, 0.8 และ 1.2 กรัมต่อกิโลกรัม ปล่อยปลา 40 ตัวต่อกลุ่ม น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 5.55 ± 0.02 กรัม หลังสิ้นสุดการทดลองพบว่าน้ำหนักสุดท้ายและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเพิ่มขึ้นตามระดับของการเพิ่มฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.10$) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และ hepatopancreasomatic index (HI, %) ลดลงตามระดับของการเพิ่มฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ แต่ไม่มีผลต่ออัตราการรอดตายของปลานิลพันธุ์ผสม การศึกษาครั้งนี้พบว่าของฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์สายสั้น เป็นผลดีต่อการเจริญเติบโต การเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ จุลินทรีย์ในลำไส้ ระดับที่เหมาะสมที่สุดคือ 1.2 กรัมต่อกิโลกรัม (Hui-yuan *et al.*, 2007)

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การเตรียมหน่วยทดลอง

ใช้กระชังทำด้วยเนื้อวุ้น PE ช่องตา 1 ซม. ขนาด $3.0 \times 3.0 \times 1.5$ ม. (กว้าง×ยาว×ลึก) จึงในบ่อดินขนาด 1,000 ตร.ม. ด้วยเสาไม้ไผ่ให้กันกระชังอยู่เหนือระดับพื้นบ่ออย่างน้อย 0.5 ซม. ใช้ตาข่ายมุ้งสีฟ้ากรุโดยรอบกระชังส่วนที่อยู่ผิวหน้าน้ำ เพื่อป้องกันอาหารหลุดออกนอกบริเวณกระชัง และรักษาระดับกระชัง ให้ขอบด้านบนของกระชังอยู่เหนือผิวน้ำ 30 ซม. เพื่อให้มีส่วนของกระชังแช่อยู่ในน้ำ 120 ซม. คลอดการทดลอง

สัตว์ทดลอง

ใช้ลูกปลานิลแปลงเพศขนาดความยาวประมาณ 6 ซม. ชื้อจากโรงเพาะฟักเอกชน โดยนำลูกปลามาพักให้ปรับตัวในกระชังขนาด 5 ตร.ม. ด้วยความหนาแน่น 200 ตัว/ตร.ม เป็นเวลา 18 ชม. ก่อนทำการสุ่มนับและชั่งน้ำหนักลูกปลาเริ่มต้นเพื่อปล่อยลงเลี้ยงในกระชังทดลอง ด้วยความหนาแน่น 20 ตัว/ตร.ม. ให้อาหารด้วยอาหารสำเร็จรูปปลากินพืชเป็นเวลา 7 วันเพื่อให้ปลาปรับสภาพ ก่อนเริ่มให้อาหารทดลอง อัตราอาหารที่ให้ตลอดการทดลอง คือ 3% ของน้ำหนักตัว/วัน วันละ 2 ครั้ง (09:00-10:00 น. และ 15:00-16:00 น.) ปรับปริมาณอาหารที่ให้ ทุก 14 วัน

อาหารทดลองและการวางแผนการทดลอง

ศึกษาการผสมระหว่าง Prebiotic และ Probiotic เสริมในอาหาร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และภูมิคุ้มกันในการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ

วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำ โดยผลิตอาหารทดลอง จำนวน 4 สูตร ให้มีค่าพลังงานในอาหารเท่ากัน (isocaloric diet) และปริมาณโปรตีนในอาหารเท่ากับ 30% ทุกสูตร ใช้อาหารไม่เสริม Prebiotic และ Probiotic เป็นอาหารควบคุม (CTRL) ส่วนอาหารอีก 3 สูตร ได้แก่ Yeast *Saccharomyces cerevisiae* 0.1%(YSOO), Yeast 0.1%ผสมกับ Fructo oligosaccharide 1%(YSFO) และ Yeast 0.1%ผสมกับ Chitosan 1%(YSCH)ของน้ำหนักอาหาร

อาหารที่ผลิตได้จะนำไปอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 35°C ประมาณ 6 ชม. เพื่อให้มีความชื้นเหลืออยู่ประมาณ 10 % บรรจุอาหารทดลองในถุงพลาสติกแล้วเก็บรักษาไว้ในตู้เย็น อุณหภูมิ -20°C ตลอดช่วงระยะเวลาของการทดลอง 4 เดือน

ตารางที่ 1 สูตรอาหารที่ใช้ในการทดลองเลี้ยงปลานิล และองค์ประกอบทางเคมี (%) ของอาหารที่ใช้ในการทดลองที่ 3

ส่วนประกอบ (%)	สูตรอาหาร			
	CTRL	YSOO	YSFO	YSCH
ปลาป่น	25.00	25.00	25.00	25.00
กากถั่วเหลือง	23.63	23.65	23.86	23.86
ปลายข้าว	16.37	16.25	15.04	15.04
รำละเอียด	35.00	35.00	35.00	35.00
ยีสต์	0.00	0.10	0.10	0.10
ไลโคซาน	0.00	0.00	0.00	1.00
ฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์	0.00	0.00	1.00	0.00
ผลการวิเคราะห์ (%น้ำหนักแห้ง)				
ความชื้น	9.27	9.21	9.19	9.23
โปรตีน	30.27	30.14	30.01	30.18
ไขมัน	9.33	9.06	9.12	8.87
คาร์โบไฮเดรต	43.40	41.70	42.34	42.89
เถ้า	9.55	9.67	9.45	10.01
เยื่อใย	7.59	7.98	7.39	8.50
พลังงาน ² (kcal/100g)	378.45	378.05	374.00	374.00

การวิเคราะห์องค์ประกอบของสารอาหารในอาหารทดลอง

วิเคราะห์หาองค์ประกอบของสารอาหารในอาหารทดลอง โดยวิธีการดังต่อไปนี้ วิเคราะห์หาโปรตีนโดย Micro-Kjeldahl ไขมันโดยวิธี Soxhlet extraction method เยื่อใย โดยวิธี Fritted Glass Crucible Method เถ้า โดยการเผาใน muffle furnace 550°C 2 ชม. และความชื้น โดยการอบแห้งในตู้อบ 105°C 2 ชม. ตามวิธีการของ AOAC (1990)

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำในบ่อทดลองเมื่อเริ่มต้นและทุก 14 วันจนเสร็จสิ้นการทดลอง ทั้งในและนอกกระชัง ได้แก่ อุณหภูมิและ dissolved oxygen ด้วยเครื่อง oxygen meter (YSI Model

59), Total ammonia วิเคราะห์ค่าโดยใช้ spectrophoto meter (Hach DR/2000) ส่วนค่า pH ใช้เครื่อง pH meter (Schott-Gerate CG 840)

การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลด้านประสิทธิภาพการเติบโต

นับจำนวนและชั่งน้ำหนักปลาในแต่ละกระชัง ทุกๆ 14 วัน ตลอดการทดลองในแต่ละการทดลอง นำข้อมูลที่ได้ไปปรับปริมาณการให้อาหาร และคำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

ก. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate; SGR) (%/วัน)

$$= \frac{100 \times (\ln \text{นน.ปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{นน.ปลาเมื่อเริ่มการทดลอง})}{\text{จำนวนวันที่ทดลอง}}$$

ข. อัตรารอด (Survival) %

$$= (\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} / \text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}) \times 100$$

ค. อัตราการแลกเนื้อ (FCR)

$$= \text{น้ำหนักของอาหารที่ปลากิน} / \text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}$$

ง. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Total biomass increase) (กรัม)

$$= \text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}$$

การวิเคราะห์ด้านประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจ

ก. ต้นทุนค่าอาหารต่อปลา 1 กิโลกรัม

$$= \text{ปริมาณอาหารที่ปลากิน} \times \text{ราคาอาหาร}$$

การตรวจสอบระบบภูมิคุ้มกัน

การสุ่มตัวอย่างปลาในแต่ละชุดการทดลองมาทดสอบระบบภูมิคุ้มกันโรค ดังรายละเอียดต่อไปนี้ โดยสุ่มเก็บตัวอย่างเลือดจากปลาซ้ำละ 3 ตัว โดยดูดเลือดจากบริเวณโคนครีบทองปลาตัวละประมาณ 0.5 มิลลิลิตร

1. เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดอัดแน่น (Packed cell volume, %PCV) นำเลือดใส่หลอด microhematocrit ประมาณ $\frac{1}{4}$ ของความยาวหลอด ใช้ดินน้ำมันอุดปลายด้านที่มีเลือดอยู่ ทั้งไว้ข้างขึ้นในตู้เย็นให้เลือดแข็งตัว แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 rpm เป็นเวลา 5 นาที คำนวณหาเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดอัดแน่น โดยใช้สูตร

$$\% \text{เม็ดเลือดอัดแน่น} = \frac{\text{ความสูงของเม็ดเลือด (มิลลิเมตร)} \times 100}{\text{ความสูงของเลือดทั้งหมด (มิลลิเมตร)}}$$

2. จำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาว นำเลือดปลาหยดลงบนสไลด์ ที่สะอาด เกลี่ยเลือดให้เป็นฟิล์มบางๆ ทิ้งให้แห้ง แล้วย้อมสีด้วยวิธี Dip Quick ด้วยชุดน้ำยา Wright instant stain set โดยจุ่มสไลด์ลงใน Fixative Solution จำนวน 5 ครั้ง และจุ่มสไลด์ลงใน Wright stain A จำนวน 5 ครั้ง และจุ่มสไลด์ลงใน Wright stain B จำนวน 5 ครั้ง ล้างสไลด์ด้วยน้ำกลั่นทิ้งให้แห้ง ทำการนับจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยเลือกบริเวณพื้นที่ของเม็ดเลือดที่บางที่สุด และหยด mineral oil เพื่อส่องดูด้วยเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย 100 เท่า

3. ปริมาณไลโซไซม์ นำเลือดที่เหลือใส่หลอด microfuge เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C 24 ชั่วโมง เพื่อให้เลือดแข็งตัว จากนั้นนำไปปั่นแยกซีรัมที่ความเร็ว 10,000 รอบเป็นเวลา 10 นาที เก็บซีรัมไว้ที่อุณหภูมิ -20 °C จนกว่าจะนำมาวิเคราะห์ไลโซไซม์

วิเคราะห์ปริมาณไลโซไซม์ในซีรัมตามวิธีที่ดัดแปลงมาจาก Puangkaew *et al.* (2004) กล่าวคือ ใช้ซีรัม 100 ไมโครลิตร เติมลงในถาดหลุมขนาดเล็ก (96-well plate) ตัวอย่างละ 2 ซ้ำ แล้วเติมสารละลายแบคทีเรีย *Micrococcus lysodeikticus* (Sigma) ความเข้มข้น 0.3 มก.ต่อมล. (ในสารละลาย 0.05 PBS, pH 7.4) จำนวน 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วนำไปวัดความสามารถของไลโซไซม์ในซีรัมในการย่อยสลายเชื้อแบคทีเรีย โดยสังเกตจากความขุ่นของเซลล์แบคทีเรียที่ลดลง ทุก 5 นาที ที่ความยาวคลื่นแสง 450 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate Reader

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละทรีตเมนต์ จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ โดยวิธีของ Tukey's test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลการวิจัย

ด้านประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

จากผลการทดลองพบว่า ปลานิลที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารเสริมด้วย prebiotic และ probiotic ทั้ง 3 สูตร มีน้ำหนักสุดท้าย และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการแลกเนื้อแตกต่างกับกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่มีอัตราการรอดที่ไม่แตกต่างกันในสูตรอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร ($P > 0.05$) ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน ในการทดลองที่ 3

พารามิเตอร์	CTRL	YSOO	YSFO	YSCH	P-Value
น้ำหนักเริ่มต้น(กรัม/ตัว)	20.53±0.23	20.67±0.20	20.57±0.30	20.57±0.30	0.985
น้ำหนักสุดท้าย (กรัม/ตัว)	140.57±2.38 ^a	159.87±3.35 ^b	160.13±2.69 ^b	160.00±2.64 ^b	0.002
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว)	120.00±2.20 ^a	139.23±3.21 ^b	139.57±2.41 ^b	139.43±2.52 ^b	0.002
อัตราการเจริญเติบโต					
จำเพาะ (%ต่อวัน)	1.69±0.01 ^a	1.79±0.01 ^b	1.80±0.00 ^b	1.80±0.01 ^b	0.000
อัตราการแลกเนื้อ	2.00±0.04 ^a	1.84±0.03 ^b	1.86±0.02 ^b	1.87±0.00 ^b	0.006
อัตราการรอดตาย (%)	100±0.00	100±0.00	100±0.00	100±0.00	-
ต้นทุน / กิโลกรัม (บาท)	41.41±0.82 ^a	38.63±0.56 ^a	84.78±0.81 ^c	67.32±0.10 ^b	0.000

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SE ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การวิเคราะห์ด้านประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจ

ต้นทุนการผลิตต่อปลา 1 กิโลกรัม (ตารางที่ 2) ของปลานิลแปลงเพศที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารเสริม YSFO มีต้นทุนสูงที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) รองลงมาเป็นสูตร YSCH แต่ปลานิลที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารเสริม YSOO และ CTRL ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 3 องค์ประกอบของเลือดปลาสมา ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน ในการทดลองที่ 3

อาหารทดลอง	จำนวนวันที่ทดลอง			
	30วัน	60วัน	90วัน	120วัน
เม็ดเลือดแดง (* 10 ⁶ เซลล์/ลบ.มม.)				
CTRL	1.84±0.04	1.82±0.01 ^a	1.80±0.01 ^a	1.82±0.01 ^a
YSOO	1.94±0.03	2.02±0.03 ^b	2.02±0.04 ^b	1.98±0.02 ^b
YSFO	1.89±0.01	2.00±0.01 ^b	2.07±0.01 ^b	2.00±0.01 ^b
YSCH	1.92±0.01	2.01±0.02 ^b	2.01±0.00 ^b	2.03±0.02 ^b
เม็ดเลือดขาว (%)				
CTRL	8.79±0.21 ^a	8.65±0.09 ^a	8.75±0.10 ^a	8.94±0.10 ^a
YSOO	10.77±0.20 ^b	11.12±0.17 ^b	11.45±0.16 ^b	11.68±0.20 ^b
YSFO	10.62±0.08 ^b	10.77±0.24 ^b	10.99±0.12 ^b	11.51±0.05 ^b
YSCH	11.35±0.16 ^b	11.04±0.26 ^b	11.16±0.24 ^b	11.68±0.15 ^b
ฮีมาโตคริต (%)				
CTRL	36.30±0.40	36.74±0.07 ^a	36.53±0.71 ^a	36.43±0.22 ^a
YSOO	37.68±0.14	39.07±0.50 ^b	39.18±0.27 ^b	38.84±0.29 ^b
YSFO	37.47±0.45	39.49±0.49 ^b	39.22±0.12 ^b	38.87±0.32 ^b
YSCH	37.35±0.30	38.96±0.37 ^b	38.94±0.29 ^b	38.86±0.18 ^b
ซีรัมไลโซไซม์				
CTRL	14.55±0.53 ^a	14.73±0.58 ^a	15.05±1.38 ^a	14.87±0.54 ^a
YSOO	19.45±0.71 ^b	19.55±0.39 ^b	19.80±1.16 ^b	20.36±0.49 ^b
YSFO	18.51±0.90 ^b	18.58±0.85 ^b	19.91±0.26 ^b	20.84±1.25 ^b
YSCH	18.73±0.34 ^b	19.04±1.25 ^b	19.71±0.33 ^b	20.62±0.68 ^b

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SE ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในสัณภูมิเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ด้านระบบภูมิคุ้มกัน

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าปลาสมาที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารเสริม prebiotic และ probiotic ทั้ง 3 สูตร มีปริมาณเม็ดเลือดขาว และซีรัมไลโซไซม์ แตกต่างกับกลุ่มควบคุม ตั้งแต่วันที่ 30 จนถึงสิ้นสุดการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่สูตรอาหารที่เสริมทั้ง 3 สูตร ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ส่วนค่าฮีมาโตคริต และเม็ดเลือดแดงในสูตรอาหารที่เสริมทั้ง 3 สูตร เริ่มมี

ความแตกต่างกับกลุ่มควบคุมตั้งแต่วันที่ 60 จนถึงสิ้นสุดการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่สูตรอาหารที่เสริมทั้ง 3 สูตรไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) ตามตารางที่ 3

คุณภาพน้ำในบ่อทดลอง

คุณภาพน้ำในบ่อทดลองเลี้ยงปลานิลด้วยสูตรอาหารทั้ง 4 สูตร พบว่า pH อุณหภูมิ ออกซิเจนที่ละลายน้ำ และแอมโมเนีย ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คุณภาพน้ำในบ่อทดลองเลี้ยงปลานิลด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน ในการทดลองที่ 3

พารามิเตอร์	CTRL	YSOO	YSFO	YSCH	P-Value
pH	7.47 ± 0.07	7.43 ± 0.03	7.47 ± 0.03	7.47 ± 0.03	0.931
อุณหภูมิ (°C)	28.57 ± 0.17	28.70 ± 0.06	28.90 ± 0.10	28.67 ± 0.03	0.216
DO (มก./ล.)	4.43 ± 0.03	4.40 ± 0.00	4.47 ± 0.03	4.43 ± 0.03	0.487
แอมโมเนีย (มก./ล.)	0.117 ± 0.005	0.114 ± 0.004	0.111 ± 0.003	0.111 ± 0.003	0.606

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SE ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการทดลองพบว่า ปลานิลที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่เสริมด้วย YSOO, YSFO และ YSCH มีน้ำหนักสุดท้าย และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการแลกเนื้อ แตกต่างกับกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่มีอัตราการรอดที่ไม่แตกต่างกันในสูตรอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร ($P > 0.05$) สอดคล้องกับการทดลองของ Lara-Flores *et al.* (2003) ที่เสริมยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* 0.1% ในการอนุบาลลูกปลานิลเป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์ พบว่า การเสริมยีสต์ *S. Cerevisiae* 0.1% มีการเจริญเติบโตดีที่สุด การทดลองของ Abdel-Tawwab *et al.* (2008) พบว่าการเสริมยีสต์ *S. Cerevisiae* ในอาหารปลานิล เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่ามีการเจริญเติบโตสูงสุด และการใช้ประโยชน์จากอาหาร ในปลานิลที่กินอาหารสูตรเสริมยีสต์ 1.0-5.0 กรัมต่อกิโลกรัม และพบว่าการเสริมยีสต์ 1.0 กรัมต่อกิโลกรัมจะเพิ่มการสะสมโปรตีนในเนื้อมากที่สุด ยีสต์มีองค์ประกอบที่ช่วยในการกระตุ้นการเจริญเติบโต เช่น β -glucans, nucleic acids และ mannan oligosaccharides (Abdel-Tawwab *et al.*, 2008; Rumsey *et al.*, 1992) Ai *et al.* (2007) กล่าวว่า การเสริม β -1, 3 glucan ในอาหารปลา large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตให้ดีขึ้น จีแนพัต และคณะ (2551) พบว่าการเสริมแมนแนนโอลิโกแซคคาไรด์ จะช่วยเพิ่มน้ำหนัก ความยาว และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวันของลูกปลานิลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าการเสริมไคโตซาน 1% หรือ 10 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของปลานิล สอดคล้องกับ Gopalakannan and Arul (2006) เสริมไคโตซาน 10 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ช่วยเพิ่มการเจริญของปลาไน (*Cyprinus carpio*) และปลานิลที่กินอาหารเสริมไคโตซาน มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการแลกเนื้อดีขึ้น (มนต์สรวง และคณะ, 2550) ปิยะบุตร และคณะ (2544) พบว่ากุ้งที่กินอาหารเคลือบไคโตซาน มีประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันเพิ่มขึ้น แต่ขัดแย้งกับการทดลองของ กัญช์ และคณะ (2553) พบว่าการเสริมไคโตซาน 0.5, 1.0 และ 1.5% มีการเจริญเติบโตของปลากระพงขาว (*Lates calcarifer* Bloch) ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ไม่เสริมไคโตซาน และยิ่งไปกว่านั้นการเสริมไคโตซานมากกว่า 1% จะทำให้อัตราการเจริญเติบโตของปลานิลลดลง (Shiau and Yu, 1999; ดวงกมล, 2552) การเสริมฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ในอาหารช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของปลานิล Grisdale-Helland *et al.* (2008) กล่าวว่า การเสริมฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ระดับ 10 กรัมต่อกิโลกรัมอาหารเป็นระยะเวลา 4 เดือน ทำให้ปลาแซลมอนมีประสิทธิภาพการกินอาหารสูงกว่าปลาที่ให้อาหารควบคุม Hui-yuan *et al.* (2007) พบว่าการเสริมฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ ทำให้น้ำหนักสุดท้าย และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเพิ่มขึ้น ตามการเพิ่มของฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์อย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.10$) และมีอัตราการแลกเนื้อที่ลดลง แต่ไม่มีผลต่ออัตราการรอดตายของปลาพันธุ์ผสม Mahious *et al.* (2006) พบว่าการเสริมฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ 2% ในอาหารทำให้ปลา turbot (*Psetta maxima*) มีน้ำหนักสุดท้ายสูงกว่ากลุ่มควบคุม Zhou *et al.* (2007) ทำการทดลองเสริมฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ (ScFOS, Profeed 95%) ลงในอาหารอนุบาลกุ้งขาววัยอ่อนพบว่ากุ้งที่ได้รับอาหารเสริม ScFOS มีน้ำหนักเพิ่มขึ้น การเจริญเติบโตจำเพาะดีขึ้น และอัตราการแลกเนื้อลดลง

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารเสริม prebiotic และ probiotic ทั้ง 3 สูตร มีปริมาณเม็ดเลือดขาว และซีรัมไลโซไซม์ แตกต่างกับกลุ่มควบคุม ตั้งแต่วันที่ 30 จนถึงสิ้นสุดการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่สูตรอาหารที่เสริมทั้ง 3 สูตร ไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) ส่วนค่าฮีมาโตคริต และเม็ดเลือดแดงในสูตรอาหารที่เสริมทั้ง 3 สูตร เริ่มมีความแตกต่างกับกลุ่มควบคุมตั้งแต่วันที่ 60 จนถึงสิ้นสุดการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่สูตรอาหารที่เสริมทั้ง 3 สูตร ไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) สอดคล้องกับ Abdel-Tawwab *et al.* (2008) การเสริมยีสต์ *S. Cerevisiae* 1 กรัมต่อกิโลกรัมอาหารช่วยเพิ่มปริมาณเม็ดเลือดแดง และค่าฮีมาโตคริต Ortuno *et al.* (2002) กล่าวว่า การเสริมยีสต์ *S. cerevisiae* ในอาหารจะช่วยเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะของปลา Gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) ได้ Lim and Webster (2001) กล่าวว่าไลโซไซม์เป็นเอนไซม์ ที่จะทำลายพันธะ β - 1,4 glycosidic ระหว่าง N-acetylmuramic acid และ N-acetyl glucosamine ในผนังเซลล์ของแบคทีเรีย จากการทดลองนี้พบว่า มีปริมาณซีรัมไลโซไซม์เพิ่มขึ้น ซึ่งจะช่วยลดการติดเชื้อแบคทีเรีย ส่งผลให้ปลามีสุขภาพที่ดีขึ้น ยีสต์มีองค์ประกอบที่ช่วยในการกระตุ้นการเจริญเติบโตและเป็นสารกระตุ้นภูมิคุ้มกัน เช่น β -glucans, nucleic acids และ mannan oligosaccharides (Anderson *et al.*, 1995; Ortuno *et al.*, 2002; Abdel-Tawwab *et al.*, 2008; Rumsey *et al.*, 1992) Ai *et al.* (2007) พบว่าการเสริม β -1,3 glucan ในอาหารจะเพิ่มซีรัมไลโซไซม์ของปลา large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) ตามการเพิ่มของของ glucan ในอาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) Rumsey *et al.* (1992) กล่าวว่าผนังเซลล์ของยีสต์ มี glucan อยู่ประมาณ 7.7% จินนพัต และคณะ (2551) พบว่าการเสริมแมนแนนโอลิโกแซคคาไรด์มีผลช่วยให้ลูกปลานิลมีความต้านทานต่อเชื้อ *Streptococcus agalactiae* ได้ดีกว่าลูกปลาในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ไคโตซานช่วยในการเพิ่มการเจริญเติบโต และระบบภูมิคุ้มกันของสัตว์น้ำ Gopalakannan and Arul (2006) พบว่าการเสริมไคโตซาน 10 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร สามารถกระตุ้น ซีรัมไลโซไซม์ให้เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) และช่วยในการต่อต้านการติดเชื้อ *Aeromonas hydrophila* ของปลาไน (*Cyprinus carpio*) คงกมล (2552) พบว่าปลานิลได้รับไคโตซานในอัตรา 10 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร มี

ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดขาวเพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการได้รับโคโคซาน การใช้โคโคซานเคลือบอาหารกุ้งส่งผลทำให้กุ้งมีสุขภาพแข็งแรงสมบูรณ์ (ปิยะบุตร และคณะ, 2544) เช่นเดียวกับการศึกษาของ กัญช์ และคณะ (2553) พบว่าการเสริมอาหารด้วยโคโคซานเข้มข้น 1% ของน้ำหนักอาหารสามารถช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะในปลากะพงขาวได้ แต่โคโคซานเข้มข้น 1.5% ของน้ำหนักอาหาร มีผลให้ปริมาณเม็ดเลือดขาวรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ใช้ปริมาณของโคโคซานเสริมในอาหาร 10 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร หรือ 1% Zhou *et al.* (2010) เสริมฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ในปริมาณ 10 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร จะเพิ่มกิจกรรมไลโซไซม์ของปลา red drum (*Sciaenops ocellatus*) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) Mahious *et al.* (2006) กล่าวว่าฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในลำไส้ของ turbot (*Psetta maxima*) และส่งผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ในลำไส้ของปลานิลพันธุ์ผสม *Oreochromis aureus* ♂ x *O. niloticus* ♀ (Hui-yuan *et al.*, 2007) Grisdale-Helland *et al.* (2008) พบว่าการเสริมฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ 10 กรัม/กิโลกรัมอาหาร จะช่วยเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันของปลาแซลมอนให้ดีขึ้น Delbert and Gatlin (2005) ทดลองเสริมพรีไบโอติก (GroBiotic® -A) ผสมกับยีสชนมปัง (Brewtech®) ในอาหารปลา hybrid striped bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*) พบว่าปลามีความต้านทานต่อเชื้อก่อโรค *Mycobacterium marinum* ดีกว่าอาหารควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) จุลินทรีย์สามารถใช้ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์เป็นแหล่งคาร์บอนได้ โดยเฉพาะจุลินทรีย์กลุ่มที่มีประโยชน์ที่อาศัยอยู่ในลำไส้สามารถใช้สารอาหารเหล่านั้นในการเจริญเพิ่มจำนวน และส่งผลต่อการเสริมสร้างสุขภาพของเจ้าบ้านให้ดีขึ้น (Cumming *et al.*, 2001; Gibson, 2004) ปัจจัยทางระบบภูมิคุ้มกันที่เพิ่มสูงขึ้น อาจเนื่องมาจาก prebiotic ที่เสริมลงไปในการอาหาร ไปส่งเสริมการเจริญจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ (probiotic) ส่งผลให้ปลา มีสุขภาพ และความต้านทานต่อโรคที่ดีขึ้น

สรุปผลการวิจัย

1. การเสริม probiotic และการผสมระหว่าง Prebiotic และ Probiotic ทำให้ปลานิลแปลงเพศมีการเจริญเติบโต และการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันดีขึ้น แตกต่างกับอาหารควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)
2. การเสริม probiotic และการผสมระหว่าง prebiotic และ probiotic ทำให้ปลานิลแปลงเพศมีการเจริญเติบโตและการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$)
3. ปลานิลแปลงเพศที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารเสริม YSFO มีต้นทุนสูงที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) รองลงมาเป็นสูตร YSCH แต่ปลานิลที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารเสริม YSOO และ CTRL ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังนั้นควรเสริม Yeast 0.1% (YSOO) ในอาหารเพราะมีต้นทุนที่ต่ำที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- กัญช์ เกตุกมล, ปภาศิริ กาญจนโนภาส-มาร์เนท, คเชนทร เฉลิมวัฒน์, วิชชุดา ประสาทแก้ว, สุกานดา หับเมฆา และหยาดเพชร โอเจริญ. 2553. การตอบสนองทางภูมิคุ้มกันของปลากะพงขาว (*Lates calcarifer* Bloch) ต่อการเสริมอาหารด้วยโคโคซาน. **เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 48: สาขาประมง. กรุงเทพฯ, น. 55-63.**
- เกวณีน หนูฤทธิ์. 2552. รายงานสถานการณ์สินค้าปลานิลและผลิตภัณฑ์ ไตรมาส 1 ปี 2552. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา fishco.fisheries.go.th/.../nin_magazine_Quarter1_52.php (19 ตุลาคม 2553).
- ขวัญใจ สุชินพงษ์พันธ์. 2541. การนำโคโคแซนไปใช้ประโยชน์ทางด้านโภชนาการ. **วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.**
- ศิริ กอนันกุล. 2542. การเพาะเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ. กองประมงน้ำจืด กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 47 น.
- จิณณพัฑฒ์ สารองพันธ์, นนทวิทย์ อาริย์ชน, ประพันธ์ศักดิ์ ศิริษะภูมิ. 2551. ผลของการเสริมเมเนนแนน โอลิโกแซคคาไรด์ในอาหารต่อการเจริญเติบโต อัตรารอดและความต้านทานโรคของลูกปลานิล (*Oreochromis niloticus* Linnaeus). **เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46: สาขาประมง. กรุงเทพฯ, น. 147-155.**
- ดวงกมล แสนสวาท. 2552. ผลของโคโคซานต่อการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันในปลานิล. **วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 59 น.**
- ปกรณ อุ่นประเสริฐ. 2545. การเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืด. **โครงการพัฒนาตำราเพื่ออาชีพสำหรับประชาชน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ, น. 196 น.**
- ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธ์, นพชนก ธนพงษ์พร และสุวดี จันทร์กระจ่าง. 2544. การใช้โคโคซานเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตในกึ่งกุลาคา. **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 39 : สาขาประมง กรุงเทพฯ, น. 30-37**
- พิศกุล จิรวาณิชไพศาล. 2543. การใช้โปรไบโอติกในสัตว์น้ำ. **ศูนย์พันธุ์วิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ. 4 น.**
- พีร์ เหมะรัชตะ. 2551. ความสำคัญของ Probiotics ต่อการแพทย์. **ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. จุฬาลงกรณ์เวชสาร. 52(3): น. 193-204.**
- เพิ่มพูน ศักดิ์เกษม. 2531. **ปลานิล. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร. 72 น.**

ภาวดี เมธะคานนท์, อสิรา เฟื่องฟู และก้องเกียรติ คงสุวรรณ. 2543. ไคติน ไคโตซาน. กรุงเทพฯ: ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

มนต์สรวง ยางทอง, แหวลี วิบูลย์กิจ และ พิมาน เถาสมบัติ. 2550. ศึกษาการเจริญเติบโตของปลานิลแปลงเพศที่ได้รับอาหารเคลือบไคโตซานระดับต่างๆ. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง 1(2): น. 223 – 234.

เมฆ บุญพราหมณ์. 2530. การเลี้ยงปลา. กรุงเทพฯ: โอ.เอส.พรินต์ติ้ง เฮ้าส์. 135 น.

รัชชัย โพธิ์เฮือง, เชิดชัย รัตนเศรษฐากุล และกัลยา เจือจันทร์. 2547. ประสิทธิภาพของการใช้โปรไบโอติกในการเลี้ยงไก่. วารสารสัตวแพทยศาสตร์ มข. 14(2): น. 52-61.

ลิตา เรืองแป้น. 2542. ไคโตซาน, สัตว์น้ำ. 12(142): น. 65-68.

ศูนย์วิจัยกสิกรรมไทย. 2550. ปลานิลไทย : ตลาดขยายตัวทั้งในประเทศและส่งออก. [ระบบออนไลน์].

แหล่งที่มา <http://www.positioningmag.com/prnews/printprnews.aspx?id=62988>

(28 ตุลาคม 2553).

สุญาณี พงษ์ธนนิกร. 2549. โปรไบโอติก และ โปรไบโอติก : อาหารสุขภาพ. ภาควิชาอาหารเคมี คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา

http://www.pharm.chula.ac.th/clinic101_5/article/Radio89.pdf (20 ตุลาคม 2553).

โสมพัต วงศ์สว่าง. 2531. วิทยาภูมิคุ้มกันทางสัตวแพทย์. ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 118 น.

อัครา กังสุวรรณ. 2541. ไคตินผลิตภัณฑ์ธรรมชาติสำหรับศตวรรษที่21. วารสารกรมประมง 51(1): น. 57-67.

Abdel-Tawwab, M., Abdel-Rahman, A.M., and Ismael N.E.M. 2008. Evaluation of commercial live bakers' yeast, *Saccharomyces cerevisiae* as a growth and immunity promoter for Fry Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) challenged in situ with *Aeromonas hydrophila*. *Aquaculture* 280, 185–189.

Anderson, D.P., Siwicki, A.K., Rumsey, G.L., 1995. Injection or immersion delivery of selected immunostimulants to trout demonstrate enhancement of nonspecific defense mechanisms and protective immunity. In: Shariff, M., Arthur, J.R., Subasinghe, R.P. (Eds.), *Diseases in Asian Aquaculture: 11. Fish Health Section*. Asian Fisheries Society, Manila, 413–426.

Ai, Q., Mai, K., Zhang, L., Tan, B., Zhang, W, U, W; and Li, H. 2007. Effects of dietary β -1, 3

- glucan on innate immune response of large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea*. **Fish & Shellfish Immunology** 22: 394-402.
- AOAC, 1990. **Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 15th edn., AOAC, Arlington, VA. 1360 p.
- Cumming, J. H., Macfarlane, G. T. and Englyst, H. N. 2001. Prebiotic digestion and fermentation. **American Journal of Clinical Nutrition**. 73: 415S-420S.
- Delbert, P. L., and Gatlin, M. 2005. Evaluation of the prebiotic GroBiotic®-A and brewers yeast as dietary supplements for sub-adult hybrid striped bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*) challenged in situ with *Mycobacterium marinum*. **Aquaculture**. 248:197-205.
- FAO, 2002, Antibiotics residue in aquaculture products, the State of World Fisheries and aquaculture. pp. 74-82 (Rome , Italy).
- Fuller, R. 1989. Probiotic in man and animal. **Journal of applied bacteriology**. 66:365-378.
- Gatesoupe F. J. 1999. The use of probiotics in aquaculture. **Aquaculture**, 180. 147 - 165 p.
- Gibson, G. R. 2004. Prebiotic. **Journal of Gastroenterology Supplement** . 18: 287-298.
- Grisdale-Helland, B., Helland, S.J. and Gatlin III , D.M. 2008. The effects of dietary supplementation with mannanoligosaccharide, fructooligosaccharide or galactooligosaccharide on the growth and feed utilization of Atlantic salmon (*Salmo salar*) **Aquaculture** 283:163-167
- Gopalakannan, A., and Arul, V. 2006. Immunomodulatory effects of dietary intake of chitin, chitosan and levamisole on the immune system of *Cyprinus carpio* and control of *Aeromonas hydrophila* infection in ponds. **Aquaculture** 255. 179-187.
- Hui-yuan, L.V., Zhi-gang, Z., Rudeaux, F: and Respondek, F., 2007. Effects of dietary Short Chain Fructo-oligosaccharides on intestinal microflora, mortality and growth performance of *Oreochromis aureus* ♂ x *O. niloticus* ♀. **Chinese Journal of Animal Nutrition** . 19(6).
- Jonewell, s. 1993. The Use of Yeast Cultures in Animal Feeds, **Feed Mix**. 1(4).
- Knorr, D. 1984. Use of chitinous polymer. **Food Technology**. 38: 85-97.
- Lara-Floves, M., Olvera-Novoa, M.A., Guzman-Mendez, B.E., Lopez-Madrid, W., 2003. Use of

the bacteria *Streptococcus faecium* and *Lactobacillus acidophilus*, and the yeast *Saccharomyces cerevisiae* as growth promoters in Nile tilapia (*O. niloticus*).

Aquaculture. 216: 193-201.

Lim and Webster , 2002, C.D. Webster and C.E. Lim, Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. , CAB International, New York, NY (2002).

Mahious, A. S., Gatesoupe, F. J., Hervi, M., Metailler, R; and Ollervier, F. 2006. Effect of dietary inulin and oligosaccharides as prebiotics for weaning turbot, *Psetta maxima*(Linnaeus, C. 1758). **Aquaculture International** 14: 219-229.

Muzzarelli, R.A.A. 1977. **Chitin**. Oxford: Pergamon Press.

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

Parker, R. B. 1974. Probiotic, the other half of the antibiotic story. **Animal Nutrition and Health**. 29:4-8.

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.

Ross, G. C. 1999. **Prebiotic**. In W.T Geral (ed.). Prebiotics a Critical Review. Horizon Scientific Press, Wymondham. 141-156.

Rumsey, G.L., Winfree, R.A., Hughes, S.G., 1992. Nutritional values of dietary nucleic acids and purine bases torainbow trout. **Aquaculture** 108, 97-110

Shiau, S.Y., Yu, Y.P., 1999. Dietary supplementation of chitin and chitosan depresses growth in Tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. auratus*. **Aquaculture** 179: 439-446.

Vadstein. 1997. The use of immunostimulation in marine larviculture: possibilities and challenges. **Aquaculture** 155: 401-417.

Zhou, Z., Ding, Z. and Huiyuan, L.V. 2007. Effects of Dietary Short-chainFructooligosaccharides on Intestinal Microflora, Survival, and Growth Performance of Juvenile White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Journal World Aquaculture Society** 38: 296–301.

Zhou, Q.C., Buentello, J.A and Gatlin III, D.M. 2010. Effects of dietary prebiotics on growth performance, immune response and intestinal morphology of red drum (*Sciaenops ocellatus*) **Aquac. Int.** 629314: 1- 5.

