



รายงานการวิจัย

ผลของนมหมักกรดต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตาย  
ของปลานิลเพศผู้ในกระชัง

Effects of Fermented Milk of Growth and Survival Rate  
on Male Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Cage Culture

โดย

หัวหน้าโครงการวิจัย  
ผู้ร่วมโครงการ

นายชนากร เหมะสถล  
นายจักรพงษ์ ศรีพนมยม  
นายอภิชาติ ทรุทสุวรรณ  
นายวิรัช จินตวรรณ  
นางสาววรรณประภา คลวัณกุล

ที่ปรึกษา

นายประภาส โฉลกพันธ์รัตน์  
นางอรุณีพงศ์ ศรีสถาพร

RCH

5H ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2550

16๙ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร

.NSA

W191

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 106021

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ให้บริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางธุรกิจ  
ไม่ว่าในรูปแบบใดทั้งสิ้น หากพบการเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b. 10602104

วัน,เดือน,ปี - 5 ส.ค. 2553

## บทคัดย่อ

การศึกษาผลของนมหมักกรดระดับต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลานิลเพศผู้ในกระชัง วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด การทดลองๆละ 4 ชุดๆละ 4 ซ้ำ ด้วยอาหารผสมนมหมักกรด 4 ระดับ คือ 0 , 10 , 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยปล่อยปลานิล อัตรา 200 ตัว ต่อกระชัง ปลานิลมีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 7.0072 กรัม และความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย 7.4430 เซนติเมตรเลี้ยงเป็นระยะเวลา 4 เดือน พบว่า ระดับของนมหมักกรดมีผลต่อการเจริญเติบโตของปลานิลแตกต่างกัน ( $p < 0.05$ ) โดยปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมนมหมักกรด 20 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักดีที่สุดคือมีน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยเท่ากับ 168.1355 กรัม อัตราการรอดตายของปลานิลมีความแตกต่างกัน ( $p < 0.05$ ) ปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมนมหมักกรด 10 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการรอดตายดีที่สุดเท่ากับ 99.5 เปอร์เซ็นต์ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิลไม่แตกต่างกัน ( $p > 0.05$ ) โดยปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมนมหมักกรด 20 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีที่สุดเท่ากับ 1.75 เมื่อทำการวิเคราะห์ต้นทุนด้านอาหารที่ใช้เลี้ยงปลานิลเพศผู้ในกระชัง พบว่าปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมนมหมักกรด 30 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนอาหารต่อกิโลกรัมต่ำที่สุด เท่ากับ 12.83 บาท ด้านคุณภาพน้ำ พบว่ามีอุณหภูมิระหว่าง 26.9-28.8 องศาเซลเซียส , ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ 4.02-5.23 มิลลิกรัมต่อลิตร , ค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.01-8.10 , ค่าความเป็นด่าง 165.00-168.75 มิลลิกรัมต่อลิตร , ค่าความกระด้าง 133.38-136.92 มิลลิกรัมต่อลิตร , ค่าแอมโมเนีย 0.04-0.23 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าไนไตรท์ 0.001-0.011 มิลลิกรัมต่อลิตร

## ABSTRACT

Studies on level of acid fermented milk on growth and survival rate of male tilapia (*Oreochromis niloticus*) in cage culture. The experimental design used completely randomized design (CRD) with 4 treatments, 4 replications The conducted by rearing male tilapia fingerlings with acid fermented milk in four different levels: 0, 10, 20 and 30 percentages of the diet. Two hundred male tilapia per cage with average weight of 7.0072 gram and average length of 7.4430 centimeter. were reared in each replication for 4 months. The result indicated that levels of acid fermented milk were significantly affected ( $p < 0.05$ ) the growth performances of male tilapia. The fish on 20 percentage acid fermented milk had the best average weight gain at 168.1355 gram While the survival rate was significantly ( $p < 0.05$ ) on the 10 percentage acid fermented milk showed the best survival rate at 99.5 percentage. The feed conversion ratio were not significant affected ( $p > 0.05$ ) fish on 20 percentage acid fermented milk showed had the best in feed conversion ratio at 1.75. When analysis cost of production feed on male tilapia in cage culture result indicated that level of acid fermented milk on 30 percentage lower cost at 12.83 baht per kilogram. The water quality all parameters: temperature 26.9-28.8 degree Celsius ; dissolved oxygen 4.02-5.23 mg/l; pH 7.01-8.10; alkalinity 165.00-168.75 mg/l; hardness 133.38-136.92 mg/l;  $\text{NH}_3$  0.04-0.23 mg/l and  $\text{NO}_2$  0.001-0.011 mg/l.

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
สารบัญตาราง	ค
สารบัญรูป	ง
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ชีวิตวิทยาบางประการของปลานิล	4
2.2 ลักษณะวิทยาของปลานิล	5
2.3 นิสัยการกินอาหารของปลานิล	5
2.4 การฟักไข่ และการอนุบาลลูกปลาหลังจากฟักเป็นตัว	6
2.5 การอนุบาลลูกปลานิล	6
2.6 คุณสมบัติของน้ำในการเลี้ยงปลานิล	8
2.7 ความต้องการระดับโปรตีน	11
2.8 ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการโปรตีนของปลา	13
2.9 ความต้องการไขมัน	15
2.10 ความต้องการคาร์โบไฮเดรต	15
2.11 ความต้องการวิตามิน	16
2.12 น้ำนมดิบ	17
2.13 นมหมักกรด	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.14 บทบาทของแลคติกแบคทีเรียในขบวนการหมัก	22
2.15 ประโยชน์ของแลคติกแบคทีเรียในนมหมัก	23
2.16 การควบคุมการหมักในอาหาร	26
* บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	29
3.1 การเตรียม วัสดุอุปกรณ์	29
3.2 การวางแผนการทดลอง	31
3.3 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง	31
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	32
3.5 สถานที่ทำการทดลอง	33
บทที่ 4 ผลและการวิจารณ์ผลการวิจัย	34
4.1 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนา	34
4.2 การเจริญเติบโตด้านน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย	34
4.3 การเจริญเติบโตด้านน้ำหนักเพิ่มต่อวัน	36
4.4 การเจริญเติบโตด้านความยาวเพิ่มเฉลี่ย	37
4.5 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	41
4.6 อัตราการรอดตายของปลานิล	42
4.7 การวิเคราะห์ต้นทุนอาหาร	43
4.8 คุณสมบัติของน้ำ	45
4.9 วิจารณ์ผลการวิจัย	49
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	51

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	52
ภาคผนวก	57



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

	หน้า	
ตารางที่ 2.1	ความต้องการเปอร์เซ็นต์โปรตีนเพื่อการเจริญเติบโตของปลานชนิดต่าง ๆ	13
ตารางที่ 2.2	แสดงปริมาณเป็นร้อยละของกรดอะมิโนจำเป็นที่เป็นส่วนประกอบของโปรตีนในน้ำนม	18
ตารางที่ 2.3	แสดงชนิดและปริมาณของวิตามินในน้ำนม	20
ตารางที่ 3.1	แสดงส่วนประกอบสูตรอาหารนมหมักกรดระดับต่าง ๆ ในการเลี้ยงปลานิล	30
ตารางที่ 4.1	แสดงผลการวิเคราะห์ห้ประกอบโภชนะของสูตรอาหารเลี้ยงปลานิล	34
ตารางที่ 4.2	แสดงน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมนมหมักกรดระดับต่าง ๆ	35
ตารางที่ 4.3	แสดงน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มต่อวันของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารนมหมักกรดระดับต่าง ๆ	36
ตารางที่ 4.4	แสดงความยาวเพิ่มเฉลี่ยของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมนมหมักกรดระดับต่าง ๆ	38
ตารางที่ 4.5	แสดงอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิลระยะเวลา 4 เดือน	41
ตารางที่ 4.6	แสดงต้นทุนของอาหารที่ใช้เลี้ยงปลานิล	44
ตารางที่ 4.7	วิเคราะห์ต้นทุนต่อกิโลกรัมปลา ของการเลี้ยงปลานิลระยะเวลา 4 เดือน	45
ตารางที่ 4.8	แสดงค่าอุณหภูมิของน้ำที่ใช้เลี้ยงปลานิลด้วยอาหารผสมนมหมักกรดระดับต่าง ๆ	45
ตารางที่ 4.9	แสดงค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ที่ใช้เลี้ยงปลานิลด้วยอาหารผสมนมหมักกรดระดับต่าง ๆ	46
ตารางที่ 4.10	แสดงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำที่ใช้เลี้ยงปลานิลด้วยอาหารผสมนมหมักกรดระดับต่าง ๆ	46
ตารางที่ 4.11	แสดงค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) ของน้ำที่ใช้เลี้ยงปลานิลด้วยอาหารผสมนมหมักกรด ระดับต่าง ๆ	47

## สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.12 แสดงค่าความกระด้าง (Hardness) ของน้ำที่ใช้เลี้ยงปลานิลด้วยอาหารผสมนมหมักกรดระดับต่างๆ	47
ตารางที่ 4.13 แสดงค่าปริมาณแอมโมเนีย (Ammonia, $\text{NH}_3$ ) ของน้ำที่ใช้เลี้ยงปลานิลด้วยอาหารผสมนมหมักกรด ระดับต่างๆ	48
ตารางที่ 4.14 แสดงค่าปริมาณ ไนไตรท์ (Nitrite, $\text{NO}_2$ ) ของน้ำที่ใช้เลี้ยงปลานิลด้วยอาหารผสมนมหมักกรด ระดับต่างๆ	48



## สารบัญรูป

	หน้า	
รูปที่ 4.1	กราฟแสดงน้ำหนักเฉลี่ยของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมนมหมักกรด ระดับต่าง ๆ	35
รูปที่ 4.2	กราฟแสดงน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมนมหมัก กรดระดับต่างๆ	37
รูปที่ 4.3	กราฟแสดงความยาวเฉลี่ยของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมนมหมักกรด ระดับต่างๆ	38
รูปที่ 4.4	แสดงขนาดของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมนมหมักกรดระดับต่างๆ เดือน ที่ 4	39
รูปที่ 4.5	แสดงขนาดของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมนมหมักกรดระดับต่างๆ เดือน ที่ 4	40
รูปที่ 4.6	รูปที่ 4.6 กราฟแสดงอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิลที่เลี้ยงด้วย อาหารผสมนมหมัก	41
รูปที่ 4.7	กราฟแสดงอัตราการรอดตายเฉลี่ยของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมนมหมักกรด ระดับต่าง ๆ	42
รูปที่ 4.8	กราฟแสดงอัตราการตายเฉลี่ยของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมนมหมักกรด ระดับต่าง ๆ	43
รูปภาคผนวก1	รูปแสดง ขบวนการผลิตอาหารที่ใช้สำหรับเลี้ยงปลานิลเทศผู้ในกระชัง	58

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

ปลานิล (*Oreochromis niloticus*) เป็นปลาน้ำจืดเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของไทย ที่นิยมเลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย และมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นเรื่อยๆ ทั้งนี้เนื่องจากเลี้ยงง่าย มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อม มีอัตราการเจริญเติบโต ได้เองตามธรรมชาติ และสามารถเพาะพันธุ์ได้ตลอดทั้งปี (เกรียงศักดิ์, 2544; ชูพิน, 2541; จริญญาตา และคณะ, 2542) และเนื่องจากมีรสชาติดีจึงเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในและภายนอกประเทศ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วตลาดปลานิลจะเป็นตลาดภายในประเทศ (ชุตินา และคณะ, 2546) และจากผลผลิตปลานิลของประเทศไทยในปี 2541 พบว่าสามารถผลิตได้เป็นปริมาณถึง 102,400 ตัน ซึ่งจัดเป็นอันดับ 2 ของโลก โดยมีการส่งออกคิดเป็นร้อยละ 5 ของผลผลิตทั้งหมด (เครือวัลย์, 2546)

โดยทั่วไปการผลิตปลานิลจะมีหลายรูปแบบกล่าวคือ แบบพื้นบ้าน ได้แก่ การเลี้ยงในนาข้าว หรือในร่องสวน และการเลี้ยงแบบผสมผสาน ซึ่งอาหารที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นอาหารธรรมชาติ สำหรับรูปแบบการผลิตในเชิงธุรกิจ จะนิยมเลี้ยงในบ่อดิน และในกระชัง ซึ่งให้ผลผลิตสูง (ปาริชาติ, 2545) โดยอาหารหลักที่ใช้จะเป็น อาหารสมทบแบบอาหารสำเร็จรูป ซึ่งได้มีการพัฒนาตามความต้องการอาหารของปลาในช่วงอายุที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารอาหารโปรตีน กล่าวคือ ลูกปลานิลนิ้ว (fingerling) ต้องการ โปรตีน 35-45 เปอร์เซ็นต์, ปลารุ่น ที่มีอายุ 2-3 เดือน (juvenile) ต้องการ โปรตีน 25-30 เปอร์เซ็นต์ และปลาที่มีอายุ 3 เดือนขึ้นไป ต้องการ โปรตีน ไม่ต่ำกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ (เวียง, 2542; Jauneey and Ross, 1982; Tacon, 1987) โดยวัตถุดิบที่สำคัญที่ใช้ในการผลิตอาหารปลา ได้แก่ ปลาป่น ถั่วลิสง รำละเอียด ปลาขี้ขาวบด วิตามินและเกลือแร่ (วิระพงศ์, 2536)

ในธุรกิจการเลี้ยงสัตว์น้ำต้นทุนการผลิตเป็นปัจจัยหนึ่งที่เป็นดัชนีชี้วัดถึงความสำเร็จในการดำเนินกิจการ โดยเฉพาะค่าอาหารปลา ซึ่งคิดเป็นประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด (ยม, 2545) ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาการใช้วัตถุดิบที่หาง่าย มีในท้องถิ่น หรือวัตถุดิบที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ เช่น การใช้ผักแค้ไหม (ธราพันธ์, 2540), การใช้แหนเป็ด (พายัพ, 2541), การใช้กากเบียร์ (วิทยา, 2539) มาใช้เป็นส่วนผสมในสูตรอาหารสัตว์น้ำเพื่อลดต้นทุนในการผลิต นอกจากนี้ยังได้มีการนำเอาน้ำนม (Milk) ซึ่งจัดเป็นวัตถุดิบทางการเกษตรที่มีคุณค่า เนื่องจากประกอบด้วยแหล่งโภชนาที่สำคัญ คือ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เกลือแร่ และวิตามินต่างๆ (สาวิตรี, 2536) มาใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำด้วย โดยจากการศึกษาการใช้หางนม (Whey) ซึ่งเป็นนมคุณภาพดี มาเป็นส่วนผสมในสูตรอาหารปลา พบว่าสามารถให้ผลผลิตที่ดี แต่นิยมใช้กับสัตว์น้ำวัยอ่อนเท่านั้น เนื่องจากหางนมมีราคาสูง (เวียง, 2542)

ประเทศไทยมีการเลี้ยงโคนมมานานกว่า 40 ปี ในปี 2543 พบว่า มีการเลี้ยงโคนม 71 จังหวัด มีจำนวนโคนม รวม 295,364 ตัว ผลิตน้ำนมดิบได้เฉลี่ยประมาณ 1,315.86 ดัน/วัน(กรมปศุสัตว์และชุมนุมสหกรณ์โคนมแห่งประเทศไทยจำกัด, 2544) สภาวะเศรษฐกิจของไทยปี 2546 มีการขยายตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 6 การผลิตภาคเกษตรกรรมของปี 2546 ขยายตัวร้อยละ 4.28 โดยสาขาปศุสัตว์มีการขยายตัวร้อยละ 4.27 (นิพนธ์, 2547) การเลี้ยงโคนมในประเทศไทย ปี 2546 มีจำนวนโคนมประมาณ 408,200 ตัว และคาดว่าผลิตน้ำนมดิบได้ประมาณ 759,340 ดัน/ปี (สมาน และสถาพร, 2546) แต่การผลิตน้ำนมดิบของเกษตรกรในปัจจุบันยังประสบปัญหาในด้านการผลิตน้ำนมดิบที่ได้มาตรฐาน ซึ่งสาเหตุมาจากเกษตรกรยังขาดการเลี้ยงโคนมที่ถูกสุขลักษณะ และขาดการจัดการอย่างถูกวิธี ทำให้การผลิตน้ำนมมีคุณภาพต่ำเกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ จากการสำรวจ ในปี 2543 พบว่าน้ำนมดิบที่ผลิตได้จากแม่โคที่มีปัญหาเกี่ยวกับ โรคเต้านมอักเสบ และนมที่มีมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์เกินปริมาณที่กำหนด คือ 500,000 cell/ml (สุเมธ, 2540) รวมถึงน้ำนมดิบที่ไม่ผ่านการทดสอบแอลกอฮอล์ ที่จะถูกทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์ ซึ่งมีปริมาณถึงวันละประมาณ 50 ดัน/วัน ของผลผลิตน้ำนมดิบทั่วประเทศ (กรมปศุสัตว์และชุมนุมสหกรณ์โคนมแห่งประเทศไทยจำกัด, 2544)

การพัฒนาการแปรรูปน้ำนมดิบเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรม ได้ดำเนินการมาแล้วกว่า 25 ปี โดยจากการศึกษาพบว่าในขบวนการหมักน้ำนมทำให้เกิดจุลินทรีย์ โพรไบโอติก (Probiotic) ซึ่งเมื่อบริโภคจะให้ผลดีในการปรับสมดุลของลำไส้ ลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ก่อโรค ช่วยป้องกันโรคที่เกิดจาก Unfriendly bacteria หรือแบคทีเรียที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย เช่น *E.coli*, *Salmonella*, *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Listeria*, *Clostridium* เป็นต้น มลศิริ (2543) ดังนั้นจึงได้มีการนำนมหมักมาใช้ประโยชน์ในด้านเป็นอาหารสัตว์หลายชนิด (วชิรา, 2544) ได้แก่ ลูกโค ไก่ สุกร และสัตว์น้ำ (ปรียา และสุดสาย, 2546 ; ไพบูลย์ และสมพร, 2544)

ดังนั้นการใช้ประโยชน์จากน้ำนมดิบที่มีคุณภาพต่ำ และมีการปนเปื้อนจุลินทรีย์มาทำเป็นนมหมักกรด (Fermented milk) เพื่อใช้เป็นส่วนผสมในสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงปลานิล น่าจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการเพิ่มคุณค่าของน้ำนมดิบ ซึ่งเป็นส่วนที่ไม่เกิดประโยชน์และต้องทิ้งไป ให้เป็นผลผลิตของสัตว์น้ำเศรษฐกิจ ทั้งยังเป็นการใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ในท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์สูงสุดอีกทางหนึ่งด้วย

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลานิลเพศผู้ในกระชังที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารผสมนมหมักกรดในระดับต่างกัน
2. เพื่อศึกษาต้นทุนของอาหารปลานิลที่ผสมนมหมักกรด

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลานิลเพศผู้ในกระชังที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารผสมนมหมักกรด โดยทำการศึกษาด้านน้ำหนัก ความยาว ประสิทธิภาพอาหาร คุณสมบัติของน้ำ โดยเลี้ยงปลานิลในกระชังขนาด 2 x 2 x 1.5 เมตร

ศึกษาต้นทุนของอาหารปลานิลที่ผสมนมหมักกรด โดยทำการวิเคราะห์อัตราการใช้อาหาร วิเคราะห์ต้นทุนวัตถุดิบ และคุณค่าทางโภชนาะ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า ความชื้น



## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ชีวิตวิทยาบางประการของปลานิล

ปลานิลมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Oreochromis niloticus* (Linn.) มีชื่อเรียกทั่วไปว่า Nile Tilapia จัดอยู่ในวงศ์ Cichlidae เป็นปลาน้ำจืดที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปอาฟริกา พบทั่วไปตามแหล่งน้ำจืดของประเทศซูดาน, กาลิณี, จอร์แดน, อูกานดา, อิสราเอล และอเมริกาเหนือ (มานพและคณะ, 2536) รายงานว่าปลานิลได้ถูกนำเข้าสู่ประเทศไทยเป็นครั้งแรก เมื่อวันที่ 25 มีนาคม 2508 โดยสมเด็จพระจักรพรรดิอากิฮิโตะแห่งประเทศญี่ปุ่น ภายแต่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช จำนวน 50 ตัว ปลานิล มีนิสัยชอบอยู่รวมกันเป็นฝูง ยกเว้นเวลาสืบพันธุ์ มีความอดทนและปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี จากการศึกษาพบว่าปลานิลทนต่อความเค็มได้ถึง 20 ส่วนในพัน ทนต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ได้ดีในช่วง 6.5-8.3 และสามารถทนต่ออุณหภูมิได้ถึง 40 องศาเซลเซียส และเจริญเติบโตได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แต่ในอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส พบว่าปลานิลปรับตัวและเจริญเติบโตได้ไม่ดีนัก ทั้งนี้เป็นเพราะถิ่นกำเนิดเดิมของปลาชนิดนี้ อยู่ในเขตร้อน (พชัย, 2541) ปลานิลจัดจำแนกตามหลักอนุกรมวิธาน Nelson, 1994; Banks et al., 2003) ได้ดังนี้

Phylum Chordata

Subphylum Vertebrata (Craniata)

Superclass Osteichthyes

Class Actinopterygii

Subclass Neoterygii

Superorder Acanthopterygii

Order Perciformes

Suborder Labroidei

Family Cichlidae

Genus *Oreochromis*

Species *niloticus* (Linnaeus)

## 2.2 ลักษณะวิทยาของปลานิล

รูปร่างลักษณะของปลานิลคล้ายกับปลาหมอเทศแต่ลักษณะพิเศษของปลานิลมีดังนี้คือ ริมฝีปากบนและล่างเสมอกัน ที่บริเวณแก้มมีเกล็ด 4 แถว ตามลำตัวมีลายพาดขวางจำนวน 9-10 แถบ นอกจากนี้ลักษณะทั่วไปมีดังนี้ ครีบหลังมีเพียง 1 ครีบ ประกอบด้วยก้านครีบแข็งและก้านครีบอ่อนเป็นจำนวนมาก ครีบกันประกอบด้วยก้านครีบแข็งและอ่อนเช่นกันมีเกล็ดตามแนวเส้นข้างตัว 33 เกล็ด ลำตัวมีสีเขียวปนน้ำตาล ตรงกลางเกล็ดมีสีเข้ม ที่กระดูกแก้มมีมีจุดสีเข้มอยู่จุดหนึ่ง บริเวณส่วนอ่อนของครีบหลัง ครีบกัน และครีบหางนั้นจะมีจุดสีขาวและสีดำตัดขวาง คล้ายลายข้าวตอกอยู่โดยทั่วไป (มานพ และคณะ, 2536) เมื่อปลามีอายุได้ประมาณ 3 เดือนเศษ จะเริ่มมีลักษณะแตกต่างทางเพศ กล่าวคือปลาเพศผู้จะมีลำตัวเรียวยาว สีค่อนข้างเข้ม ลายบนลำตัวชัดเจนกว่า ปลาเพศเมีย บริเวณใต้คางและท้องจะมีสีแดงเข้มปรากฏให้เห็น ส่วนปลาเพศเมียจะมีลำตัวค่อนข้างป้อม สีซีดกว่า และมีสีเหลืองอ่อนบริเวณ ใต้คางและท้อง ลักษณะเพศ ตามปกติแล้วรูปร่างลักษณะภายนอกของปลานิลตัวผู้และตัวเมียจะมีลักษณะคล้ายคลึงกันมาก แต่จะสังเกตเห็นได้โดยการดูอวัยวะเพศที่บริเวณใกล้กับช่องทวาร ตัวผู้จะมีอวัยวะเพศลักษณะเรียวยาวออกมา ส่วนตัวเมียจะมีลักษณะเป็นรูค่อนข้างใหญ่และกลม ขนาดของปลาที่ดูลักษณะเพศได้ชัดเจนนั้น ต้องมีขนาดยาวตั้งแต่ 10 เซนติเมตรขึ้นไป (Trewavas, 1983; Fishelson and Yaron, 1983; Keenleyside, 1991; อุทัยรัตน์, 2529; มานพ และคณะ, 2536; ศักดิ์ชัย, 2536; สุภาพร, 2538)

## 2.3 นิสัยการกินอาหารของปลานิล

ปลานิลเป็นปลาที่กินอาหารได้ทุกชนิด จัดเป็นปลาที่กินทั้งพืชและสัตว์เป็นอาหาร (Omnivorous) (Philippart and Ruwet, 1982) ดังนั้นปลาชนิดนี้จึงเป็นปลาที่ให้ผลผลิตสูง โดยเฉพาะพวกอาหารธรรมชาติที่มีอยู่ในบ่อ เช่น ไรน้ำ ตะไคร่น้ำ ตัวอ่อนของแมลงและสัตว์เล็กๆ ที่อยู่ในบ่อ ปลานิลเป็นปลาที่กินอาหารระหว่างกลางวัน และในเวลากลางคืนจะหยุดกินอาหาร ปลาจะกินอาหารได้ดี เมื่อมีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำสูงซึ่งจะเป็นช่วงเวลากลางวัน ดังนั้นส่วนใหญ่จึงควรให้อาหารในช่วงเวลาดังกล่าว ความถี่ในการให้อาหาร ปลานิลเป็นปลาที่ไม่มีกระเพาะอาหาร จึงสามารถกินอาหารได้ทีละน้อยและมีการย่อยอาหารที่ค่อนข้างช้า ปลานิลมีทางเดินอาหารยาวประมาณ 5-7 เท่าของลำตัว (Moriarty, 1973) มีประโยชน์ในการเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยและดูดซึมอาหาร ปลานิลสามารถย่อยโปรตีนจากสาหร่ายและแพลงก์ตอนในบ่อได้สูงถึง 68 เปอร์เซ็นต์ และ 65 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (มานพ และคณะ, 2536) ถ้าต้องการให้ปลาโตเร็วควรให้อาหารสมทบ เช่น รำ ปลาช่อน ข้าว กากถั่วเหลือง กากถั่วลิสง กากมะพร้าว แหนเป็ดและปลาป่น เป็นต้น เพื่อให้ปลาสามารถใช้ประโยชน์จากอาหารอย่างมีประสิทธิภาพจึงควรให้อาหารแต่น้อยแต่ให้บ่อย ๆ โดยความถี่ที่เหมาะสมคือ ปริมาณ 4-5 ครั้งต่อวัน(มานพ และคณะ, 2536) จะช่วยเร่งการเจริญเติบโตและทำให้ผลตอบแทนในเชิงเศรษฐศาสตร์สูงสุด อัตราการให้อาหาร ปริมาณ

อาหารที่ให้ปลากินจะขึ้นอยู่กับขนาดของปลาและอุณหภูมิของน้ำ หากอุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นจะทำให้อัตราการกินอาหารของปลาสูงขึ้นตามไปด้วย อุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 25-30 องศาเซลเซียส ควรให้อาหาร 20 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักของปลา สำหรับปลาขนาดเล็ก ในปลารุ่นอัตราการให้อาหารจะลดลงเหลือประมาณ 6-8 เปอร์เซ็นต์ และสำหรับปลาขนาดใหญ่ อัตราการให้อาหารจะเหลือเพียงประมาณ 3-4 เปอร์เซ็นต์ (ยูพินท์, 2541)

#### 2.4 การฟักไข่ และการอนุบาลลูกปลาลงจากฟักเป็นตัว

ไข่ปลานิลจะฟักเป็นตัวภายใน 3 – 4 วัน ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำ ลูกปลาที่ฟักออกใหม่ในระยะแรก ควรอนุบาลในถาด ซึ่งมีขนาดกว้าง 25 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร และลึก 8 เซนติเมตร ข้างถาดเจาะรูสองแถวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8 – 0.9 มิลลิเมตร เพื่อให้น้ำไหลผ่านและมีตะแกรงมุ้งเขียวกันเพื่อไม่ให้ลูกปลาไหลผ่านถาด ดังกล่าวจะเก็บกักน้ำในถาดให้มีความลึก 3 เซนติเมตร ปริมาณน้ำในถาดประมาณ 2.5 ลิตร ลูกปลาที่ฟักออกใหม่ๆ จะรวมกันไว้ในถาด จะปล่อยลูกปลาในถาดซึ่งมีความหนาแน่น 5,000 – 12,000 ตัว อัตราการรอดของลูกปลาเฉลี่ยประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราการไหลของน้ำ 3 – 4 ลิตร/นาที่ ระดับดังกล่าวนี้พบว่ามีความประสิทธิภาพดี และสามารถผลิตลูกปลาได้จำนวนมาก โดยใช้เนื้อที่น้อย สิ่งสำคัญก็คือ คุณสมบัติของน้ำที่ใช้และอัตราการไหลของน้ำที่ลงไปในถาดพร้อมกับให้อาหารลูกปลาประมาณ 4 – 8 ครั้ง/วัน (มานพ และคณะ, 2536; จาริก, 2547)

#### 2.5 การอนุบาลลูกปลานิล

การอนุบาลลูกปลานิลขนาดต่ำกว่า 1 กรัม เพื่อให้ได้ขนาด 10 – 20 กรัม เพื่อนำไปเลี้ยงในบ่อเป็นสิ่งสำคัญยิ่งในการเลี้ยงปลาเชิงธุรกิจ ลูกปลานิลมักมีพฤติกรรมกินกันเอง ถ้าลูกปลามีขนาดต่างกันหรืออยู่ในสภาพขาดแคลนอาหาร การอนุบาลลูกปลาให้มีอัตราการรอดตายสูง จำเป็นต้องมีการคัดขนาดลูกปลาให้เท่ากันก่อนการอนุบาล อีกทางหนึ่งคือการจัดการเพาะพันธุ์ให้ได้ลูกปลาขนาดเดียวกัน เมื่อลงไข่แดงยุบตัวหมด ลูกปลาจะเริ่มว่ายน้ำและเริ่มกินอาหาร ดังนั้นอาหารที่ให้ควรมีขนาดเล็กและมีคุณค่าทางอาหารสูง การให้อาหาร 5 ครั้ง/วัน ลูกปลานิลมีอัตราการรอดตายสูงกว่าการให้ 3 ครั้ง/วัน อาหารที่มีโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ ใช้อุณหภูมิปลานิลให้เจริญเติบโตและมีอัตราการรอดตายสูง และลูกปลานิลวัยอ่อนจะเจริญเติบโตได้ดีที่สุด เมื่อให้อาหาร โปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ การผลิตลูกปลาในบ่อใหญ่ที่สำคัญคือ ลูกปลาจะเจริญเติบโตมีขนาดตัวแตกต่างกัน และตัวที่มีขนาดใหญ่ในครอกเดียวกันจะเริ่มมีนิสัยการกินกันเอง ทำให้ผลิตลูกปลาได้น้อยและต้องล้างบ่ออยู่เสมอ การกินกันเองของลูกปลาจะเป็นปัญหาสำคัญ เมื่อเริ่มให้อาหารและจะผกผันเมื่อให้อาหารลูกปลามากขึ้น การกินกันเองจะน้อยลง สาเหตุจากการกินกันเองจะทำให้อัตราการตายสูง 10 – 35 เปอร์เซ็นต์

(มานพ และคณะ, 2536) ของลูกปลาทั้งหมด การอนุบาลลูกปลานิลภายหลังที่รวบรวมจากบ่อเพาะพันธุ์สามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

1. อนุบาลในบ่อดิน บ่อดินควรมีขนาดประมาณ 200 ตารางเมตร (10 x 20 x 1 เมตร) เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า เพื่อสะดวกในการเก็บเกี่ยวผลผลิต บ่ออนุบาลควรมีหลายบ่อเพื่อจะได้ปล่อยลูกปลาที่มีขนาดเดียวกัน การเตรียมบ่อควรเตรียมล่วงหน้าประมาณ 1 สัปดาห์ บ่อขนาดดังกล่าวสามารถปล่อยลูกปลาขนาด 1 – 2 เซนติเมตร ลงอนุบาลในอัตรา 250 ตัว/ตารางเมตร สังเกตความอุดมสมบูรณ์ของอาหารธรรมชาติจากสีของน้ำ ซึ่งควรจะเป็นสีเขียวอ่อน หากอาหารธรรมชาติไม่พอเพียงควรเติมปุ๋ย และให้อาหารสมทบ เช่น รำละเอียดหรือกากถั่วผสมปลาป่นฯลฯ วันละ 2 – 3 ครั้ง ระยะเวลาอนุบาล 5 – 6 สัปดาห์ จะได้ลูกปลาขนาด 3 – 5 เซนติเมตร (อำพล และอารีย์, 2532; ยูพินท์, 2541)

2. อนุบาลในบ่อซีเมนต์ บ่อจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือกลมก็ได้ ความลึกประมาณ 1 เมตร พื้นที่ผิวน้ำตั้งแต่ 10 ตารางเมตร ขึ้นไป หรือจะใช้บ่อซีเมนต์เพาะพันธุ์เดิม แล้วตีอวนจับบ่อเมื่อก็กก็ได้ อัตราปล่อยลูกปลาวัยอ่อนลงอนุบาล 300 ตัว/ตารางเมตร ใช้เครื่องเพิ่มอากาศและเปลี่ยนถ่ายน้ำประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ทุกสัปดาห์ ให้อาหารสมทบวันละ 3 ครั้ง ระยะเวลา 4 – 6 สัปดาห์ จะได้ลูกปลาขนาด 3 – 5 เซนติเมตร (อำพล และอารีย์, 2532; ยูพินท์, 2541) ในประเทศไต้หวันอนุบาลในบ่อซีเมนต์ ขนาด 30 – 50 ตารางเมตร ลึก 60 – 70 เซนติเมตร อนุบาลในอัตรา 1,000 ตัว/ตารางเมตร ให้อากาศและเปลี่ยนถ่ายน้ำประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ทุกวัน ให้อาหารผสมวันละ 5 ครั้ง ระยะเวลาประมาณ 30 วัน จะได้ลูกปลาขนาด 1.0 กรัม

3. อนุบาลในกระชัง ลักษณะของกระชังที่นิยมใช้ อนุบาลลูกปลานิล มักทำด้วยตาข่ายไนลอนหรือที่ชาวบ้านเรียกว่ามุ้งเขียว ขนาดของกระชังนั้นแล้วแต่พื้นที่ของบ่อที่จะผูกแขวนกระชัง ซึ่งน้ำต้องมีคุณสมบัติดีสามารถเปลี่ยนถ่ายน้ำได้เป็นประจำนอกจากนี้ยังต้องมีเครื่องช่วยเพิ่มอากาศแก่ลูกปลา โดยปกติทั่วไปนิยมใช้กระชัง ขนาด 3 x 3 x 2 เมตร ซึ่งสามารถอนุบาลลูกปลานิลได้ 3,000 – 5,000 ตัว (300 – 500 ตัว/ตารางเมตร) ให้อาหารผสมละเอียดโปรตีนสูง 30 – 40 เปอร์เซ็นต์ โดยให้กินอย่างน้อยวันละ 3 – 4 ครั้ง ใช้ระยะเวลาในการอนุบาล 4 – 5 สัปดาห์ จะได้ลูกปลาที่มีขนาด 3 – 5 เซนติเมตร สามารถนำไปปล่อยในบ่อเลี้ยงได้ต่อไป (อำพลและอารีย์, 2532)

ในประเทศฟิลิปปินส์ จะอนุบาลในอัตรา 500 – 1,000 ตัว/ตรม. ให้อาหารผสมปลาป่น 40 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับรำข้าว 60 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 1 – 2 สัปดาห์ แล้วนำมาอนุบาลต่อในบ่อดิน 100 ตารางเมตร ในอัตรา 200 – 400 ตัว/ตารางเมตร ให้อาหารผสมเป็นเวลา 1–2 สัปดาห์ จะได้ขนาด 3 – 4 เซนติเมตร (Guerrero, 1985)

ในกรณีการอนุบาลลูกปลานิลในกระชังที่ขึงในบ่อดิน เพื่อให้ฮอร์โมนแปลงเพศ โดยใช้ระดับน้ำลึกประมาณ 50 – 60 เซนติเมตร ปล่อยในอัตรา 5,000 – 7,000 ตัว/ตารางเมตร ให้อาหารผสมฮอร์โมน 3 – 4 อาทิตย์ (มานพ และคณะ, 2536)

ในปัจจุบันการอนุบาลลูกปลานิลมักนิยมใช้กระชังกันเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากมีข้อดี คือ สามารถควบคุมและดูแลรักษาง่ายกว่าวิธีอื่นๆ กระชังสามารถผูกแขวนที่ใดก็ได้ และสามารถทำการเคลื่อนย้ายได้ อีกทั้งพบว่าลูกปลานิลสามารถอนุบาลในอัตราหนาแน่นได้ดีในกระชัง เนื่องจากลูกปลานิลมีการรวมกลุ่ม (schooling) และมีการแย่งชิงกันกินอาหาร หากการอนุบาลไม่จำกัดปริมาณอาหาร หรือพยายามให้บ่อยครั้ง และให้กินจนเพียงพอต่อความต้องการของลูกปลาแล้ว จะสามารถย่นระยะเวลาในการอนุบาล นอกจากนี้ลูกปลาที่อนุบาลอย่างหนาแน่นในกระชังจะมีขนาดเท่า ๆ กันคือ มีความแตกต่างของขนาดน้อยกว่าลูกปลาที่อนุบาลในอัตราที่ต่ำ (ยูพินท์, 2541)

## 2.6 คุณสมบัติของน้ำในการเลี้ยงปลานิล

### 2.6.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

น้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาไม่ควรมีการเปลี่ยนแปลงของ pH เกินกว่า 2 หน่วยในรอบวัน ในช่วงพีเอช 4 – 6 และ 9 – 11 ปลาจะเจริญเติบโตช้าและอ่อนแอ โดยทั่วไปปลานิลสามารถอาศัยในระดับน้ำที่มีพีเอชตั้งแต่ 7.2 – 8.3 หรือในช่วงเช้า pH 7 และช่วงบ่าย pH 10 ก็ยังสามารถอาศัยอยู่ได้ (เกรียงศักดิ์, 2539) การพิจารณาถึงผลของพีเอชต่อปลานั้น นอกจากผลโดยตรงแล้วจะต้องพิจารณาถึงผลทางอ้อมควบคู่ไปด้วย เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงพีเอชของน้ำจะไปมีผลต่อความเป็นพิษของสารพิษชนิดอื่นๆ ด้วย เช่น แอมโมเนีย ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Alabaster and Liold, 1982; สักดิ์ชัย, 2536)

### 2.6.2 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved oxygen)

ปริมาณออกซิเจนในน้ำในบ่อเลี้ยงปลาที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 5 มิลลิกรัม/ลิตร จนถึงจุดอิ่มตัว ถ้าปริมาณออกซิเจนต่ำอยู่เป็นระยะเวลานานจะทำให้อัตราการเจริญเติบโตไม่ดี และส่วนมากถ้าต่ำกว่า 1 มิลลิกรัม/ลิตร สัตว์น้ำจะตายภายในไม่กี่ชั่วโมง ปลานิลสามารถทนต่อสภาพน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำได้ดีตั้งแต่ 0–0.4 ppm หรือโดยเฉพาะ ถ้าต่ำกว่า 0.8 ppm ปลาจะลอยหัวเมื่อปลานิลอยู่ในสภาพดังกล่าวก็จะขึ้นมาใช้ออกซิเจนจากผิวหนังและอากาศ ทำให้เกิดอาการเครียดและลดการเจริญเติบโต ดังนั้นบริเวณผิวหนังปริมาณออกซิเจนไม่ควรต่ำกว่า 0.3 ppm (สักดิ์ชัย, 2536; Popma and Michael, 1999)

### 2.6.3 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิของน้ำจะมีผลต่อขบวนการต่าง ๆ ภายในร่างกายของปลาเป็นอย่างมาก เช่น การย่อยอาหาร การเคลื่อนไหว การกินอาหาร การหายใจ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต นอกจากนี้ยังมีผลต่อปฏิกิริยาของสลายอินทรีย์สารของแบคทีเรียในน้ำ ซึ่งทั้งหมดนี้จะมีผลโดยตรงทำให้ผลผลิตของปลาสูงขึ้น โดยปกติปลาในเขตร้อนจะอาศัยอยู่ในน้ำที่มีอุณหภูมิระหว่าง 25 – 32 องศาเซลเซียส แต่ปลาไม่สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างฉับพลันได้ ดังนั้นจึงไม่

ควรนำปลาจากที่หนึ่งไปปล่อยในน้ำที่อุณหภูมิสูงกว่าโดยปกติการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำต้องกระทำอย่างช้า ๆ และไม่ควรเกิน 3 องศาเซลเซียส ในเวลาสั้นๆ (ศักดิ์ชัย, 2536; นวลณี, 2548)

ปลานิลทนต่ออุณหภูมิได้ในช่วงกว้าง ตั้งแต่ 21.1 – 42.0 องศาเซลเซียส แต่ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 10 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า 42 องศาเซลเซียส ปลาจะอยู่ได้ไม่นาน และทำให้ปลาตายได้ ปลานิลจะไม่กินอาหารและไม่เจริญเติบโตเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส และจะไม่วางไข่ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เหมาะสมในการวางไข่อยู่ระหว่าง 26 – 29 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตอยู่ระหว่าง 19 – 28 องศาเซลเซียส (นวลณี, 2548)

#### 2.6.4 ความเค็ม (Salinity)

ปลานิลแต่ละชนิดจะมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของความเค็มต่างกัน ปลานิลลูกผสม (*Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus*) สามารถอยู่ได้ในระดับความเค็ม 6 ppt แต่หากระดับความเค็มเปลี่ยนไปเป็น 16 ppt ก็จะมีอัตราการรอดต่ำ (Popma and Michael, 1999)

ระดับความเค็ม 10 ppt อัตราการเจริญเติบโตของปลานิลจะดีกว่าระดับความเค็ม 1 ppt เนื่องจากระดับความเค็มเหมาะสมทำให้มีการกินอาหารได้เพิ่มขึ้น แต่ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อกลับต่ำลง เมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้น ฉะนั้นในการเลี้ยงปลานิลในระดับความเค็มที่แตกต่างกัน จำเป็นต้องศึกษาปัจจัยอื่นๆ เช่น อุณหภูมิ, ช่วงแสง, อัตราการปล่อย ฯลฯ (Payne and Collinson, 1983)

#### 2.6.5 สารประกอบไนโตรเจน (Nitrogen Compound)

**2.6.5.1 แอมโมเนีย** เกิดจากการขับถ่ายของเสียจากปลาที่เลี้ยงและจากการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ โดยแบคทีเรีย แอมโมเนียเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ แอมโมเนียที่พบในน้ำอยู่ในรูปของแอมโมเนียมไอออน ( $\text{NH}_4^+$ ) แอมโมเนียที่อยู่ในรูปของ  $\text{NH}_3$  จะเป็นพิษต่อสัตว์น้ำมากกว่า  $\text{NH}_4^+$  แอมโมเนียทั้งสองรูปนี้จะเปลี่ยนกลับไปกลับมาได้ ขึ้นอยู่กับพีเอช (pH) ของน้ำ ถ้า pH ของน้ำสูงขึ้น อัตราส่วนของแอมโมเนียในรูป  $\text{NH}_3$  จะสูงขึ้น ทำให้แอมโมเนียมีพิษมาก แต่ถ้า pH ต่ำลงแอมโมเนียในรูป  $\text{NH}_4^+$  จะลดลงทำให้ความเป็นพิษต่ำลง (ประเทือง, 2534)

เมื่อน้ำมี  $\text{NH}_3$  สูงขึ้น ซึ่งแอมโมเนียสามารถซึมผ่านผนังของเหงือกได้อย่างรวดเร็ว จะทำให้ฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ของเลือดไม่สามารถรวมตัวกับออกซิเจนได้ พิษของแอมโมเนียจะรุนแรงยิ่งขึ้นถ้าอยู่ในสภาวะออกซิเจนต่ำ อุณหภูมิสูง ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) สูง และความเค็มของน้ำสูงขึ้นระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียที่จะไม่เป็นอันตรายต่อปลาไม่ควรเกิน 0.02 ppm (วัชรินทร์ และไพบูลย์, 2545)

**2.6.5.2 ไนไตรท์** แอมโมเนียที่อยู่ในน้ำจะเปลี่ยนเป็นไนไตรท์และไนเตรต โดยขบวนการ ออกซิเดชันของแบคทีเรีย การเกิดไนไตรท์อาจเกิดจากการย่อยสลายของแพลงตอนพืช ในกรณีนี้แอมโมเนียจะไม่ถูกนำไปใช้จึงเกิดเป็นไนไตรท์และไนเตรต ในระยะแรกของการตากบ่อ

เมื่อใส่ปุ๋ยขาวจะเกิดแอมโมเนียและออกซิเจนขึ้นมาเป็นไนไตรท์และไนเตรตจำนวนมาก ไนไตรท์เป็นพิษต่อปลาเนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์ที่ไปออกซิไดซ์เหล็ก ซึ่งเป็นองค์ประกอบของฮีโมโกลบินในเลือดปลา ทำให้กลายเป็นเมทฮีโมโกลบิน ซึ่งไม่สามารถขนถ่ายออกซิเจนได้ ทำให้เกิดการตายเนื่องจากขาดออกซิเจน การลดความเป็นพิษของแอมโมเนียและไนไตรท์ในบ่อเลี้ยงปลาโดยใช้เกลือแกลก 600 – 800 กก./ไร่ หรือจะใช้ที่ละน้อยประมาณ 200 – 250 กิโลกรัม/ไร่ ทุกๆ 1 – 2 อาทิตย์ (เกรียงศักดิ์, 2539)

### 2.6.6 ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogensulfide)

โดยทั่ว ๆ ไปมักเรียกว่าก๊าซไข่เน่า เกิดจากการหมักหมมและการเน่าสลายของอินทรีย์สารก้นบ่อในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ระดับความเข้มข้นของก๊าซไข่เน่า ( $H_2S$ ) ไม่ควรเกิน 0.002 ppm. การลดความเป็นพิษใช้เกลือแกลก 300 – 400 กิโลกรัม/ไร่ หรือปุ๋ยขาว 30 กรัม/น้ำ 1 ตัน หว่านให้ทั่วบ่อเลี้ยงปลา (ศักดิ์ชัย, 2536)

### 2.6.7 คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbondioxide)

ส่วนใหญ่คาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำเกิดจากการเน่าสลายของสารอินทรีย์ และการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำ และได้จากการแพร่จากอากาศเพียงเล็กน้อยเท่านั้น สัตว์น้ำสามารถทนต่อคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นสูง ๆ ได้ ถ้าปริมาณออกซิเจนในน้ำสูงพอ แต่ในสภาวะที่มีออกซิเจนในน้ำน้อย คาร์บอนไดออกไซด์จะเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ โดยจะไปยับยั้งการรับออกซิเจนของเลือด โดยปกติคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกนำไปใช้ในการสังเคราะห์แสง แต่ถ้าอัตราการสังเคราะห์แสงน้อยกว่าอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ก็จะเกิดการสะสมของคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ ปกติปลาจะหลีกเลี่ยงไม่อยู่ในน้ำที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงเกินกว่า 5 ppm. (ศักดิ์ชัย, 2539; เพ็ญพรรณ, 2544; นวลณี, 2548)

### 2.6.8 แพลงตอนพืช (Phytoplankton)

ปริมาณแพลงตอน มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติของน้ำอย่างมาก โดยเฉพาะแพลงตอนพืชจะดึงแอมโมเนียจากน้ำไปใช้ ทำให้ปริมาณแอมโมเนียในน้ำลดลง เมื่อสังเคราะห์แสงแพลงตอนพืชจะใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกไปจากน้ำ และปล่อยก๊าซออกซิเจนให้แก่ น้ำ แต่ถ้ามีแพลงตอนมากเกินไป อัตราการสังเคราะห์แสงและการหายใจที่สูง จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ในช่วงกว้าง ซึ่งจะทำให้เป็นอันตรายต่อปลาได้ และเมื่อแพลงตอนพืชที่มีเป็นจำนวนมากตายลงจะเน่าสลาย ทำให้เกิดปัญหาการขาดออกซิเจนและปล่อยแอมโมเนียและคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ซึ่งจะเป็นอันตรายกับปลาในบ่อ การควบคุมความหนาแน่นของแพลงตอนพืชให้เหมาะสม โดยการควบคุมค่าความขุ่นในบ่อด้วย Secchi disc ให้อยู่ระหว่าง 30 – 60 เซนติเมตร (ศักดิ์ชัย, 2536)

## 2.7 ความต้องการระดับโปรตีน

ปลาชนิดต้องการโปรตีนจากสารอาหารเพื่อการเจริญเติบโตและสร้างเนื้อ โดยมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบ ถึง 60 เปอร์เซ็นต์(น้ำหนักแห้ง) ความต้องการโปรตีนของปลาขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ที่สำคัญได้แก่ ขนาดหรืออายุของปลา คุณภาพของโปรตีนในอาหาร และระดับพลังงานในอาหาร (เวียง, 2542) ลูกปลานิลขนาดเล็กต้องการโปรตีนสูง ปลานิลซึ่งมีขนาดระหว่าง 1–10 กรัม ต้องการโปรตีนในอาหารระหว่าง 34 – 36 เปอร์เซ็นต์ เพื่อการเจริญเติบโตสูงสุด (Webster and Chhom, 2002) ขนาดระหว่าง 3.2–3.7 กรัม ต้องการโปรตีนระหว่าง 28 – 30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อปลามีขนาดน้ำหนักกว่า 100 กรัมความต้องการโปรตีนในอาหาร จะลดลงเหลือ 20 – 25 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะปลานิลที่ขุนไว้เพื่อรอการจับ การให้อาหารที่มีโปรตีนเพียง 20 เปอร์เซ็นต์ จัดว่าเพียงพอต่อความต้องการของปลา (Al Hafedh, 1999)

คุณภาพของโปรตีนซึ่งโดยการเปรียบเทียบปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นที่ปลาต้องการกับปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นที่มีจริงในอาหารจะเป็นตัวกำหนดความต้องการโปรตีนในอาหารปลานิลได้อีกทางหนึ่ง ปลานิลต้องการกรดอะมิโนที่จำเป็น ในปริมาณที่ใกล้เคียงกับปลาน้ำจืดชนิดอื่นๆ ปริมาณโปรตีนที่ให้กรดอะมิโนที่จำเป็นเพียงพอต่อความต้องการของปลานิล จะเป็นระดับโปรตีนที่เหมาะสมสำหรับปลานิล หากปลานิลได้รับกรดอะมิโนที่จำเป็นตัวหนึ่งใดต่ำกว่าความต้องการ การเจริญเติบโตจะช้าลงอย่างเห็นได้ชัดเจน เพราะโปรตีนในอาหารจะไม่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ เพื่อการเจริญเติบโตอย่างเต็มที่ตัวอย่างเช่น อาหารปลานิลที่มีโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ แต่มีกรดอะมิโนไลซีนเพียง 2.56 เปอร์เซ็นต์ ของโปรตีนในขณะที่ปลานิลต้องการกรดอะมิโนไลซีนถึง 5.12 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีน (De Silva and Anderson, 1995; Pond, 1995) ดังนั้นไลซีนในอาหารจึงมีน้อยกว่าความต้องการของปลาถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้โปรตีนในอาหารถูกนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการเจริญเติบโตเพียงครั้งเดียว อีกครั้งหนึ่งจะถูกเผาผลาญเป็นพลังงาน ปลานิลขนาด 1 กรัม ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีนเพียง 26 เปอร์เซ็นต์ แต่มีกรดอะมิโนที่จำเป็นครบถ้วนตามความต้องการของปลา และมีพลังงานสูง การเจริญเติบโตและมีอัตราแลกเนื้อดีเท่ากับอาหารที่มีโปรตีน 33 เปอร์เซ็นต์ (วีระพงศ์, 2536)

พลังงานในอาหารมีผลต่อความต้องการโปรตีนของปลานิลอาหารปลานิลที่ดี ควรมีพลังงานระหว่าง 3,000–3,500 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม พลังงานดังกล่าวเป็นผลรวมของพลังงานโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต อาหารที่มีพลังงานไม่เพียงพอทำให้ปลาเจริญเติบโตช้า ในอาหารที่มีพลังงานเพียงพอแต่ไม่มีพลังงานจากไขมันและคาร์โบไฮเดรตไม่สูงพอ ปลาจะใช้พลังงานบางส่วนจากโปรตีน ทำให้โปรตีนในอาหารนั้นสูงเกินกว่าที่จำเป็น ปลานิลขนาด 1 – 25 กรัม ต้องการโปรตีนในอาหารเพียง 27 เปอร์เซ็นต์ ถ้าอาหารนั้นมีพลังงานเท่ากับ 3,300 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม (Shepherd and Bromage, 1989)

ประเสริฐ และคณะ ( 2525) กล่าวว่า ปลามีความสามารถในการใช้โปรตีนได้อย่างจำกัด ปริมาณโปรตีนที่มีมากเกินไปจนเกินความจำเป็น จะถูกเก็บไว้ในรูปคาร์โบไฮเดรตและไขมัน ซึ่งปลาสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ถ้าอาหารมีพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตไม่เพียงพอต่อความต้องการของสัตว์น้ำ แม้จะมีโปรตีนในปริมาณที่สูงเกินความต้องการก็ไม่ส่งผลให้สัตว์น้ำมีการเจริญเติบโตได้ดีเท่าที่ควร ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนถูกเปลี่ยนสภาพให้เป็นพลังงานเสริมพวกคาร์โบไฮเดรตและไขมัน

Wee and Shu (1989) ทดลองเลี้ยงปลานิลแดง โดยใช้อาหารที่มีระดับโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ และใส่แป้งมันสำปะหลัง ในสูตรอาหาร 4 ระดับ คือ 20, 25, 30 และ 35 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับชุดควบคุมการทดลองที่ไม่ใส่แป้งมันสำปะหลัง ทำการทดลอง 98 วัน พบว่าการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากอาหารจะดีขึ้นเมื่อระดับพลังงาน (คาร์โบไฮเดรต) ที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปลานิลแดงมีการสะสมไขมันเพิ่มขึ้น และพบว่าอาหารที่โปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ และระดับคาร์โบไฮเดรต (แป้งมันสำปะหลัง) 30 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ปลานิลแดงมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด

จากการศึกษาของ Santiago *et al.* (1982) ซึ่งอ้างโดยวีระพงศ์ (2536) พบว่าแหล่งโปรตีนของอาหารปลาถือว่าเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลา กล่าวคือ ปลาจะเจริญเติบโตดีต้องได้รับโปรตีนที่มีคุณภาพดีหรือมีกรดอะมิโนครบถ้วนทั้งคุณภาพและปริมาณ นอกจากนี้ยังพบว่าความต้องการโปรตีนของปลานิลอยู่ที่ระดับ 35 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้แหล่งโปรตีนจากเคซีน ซึ่งสอดคล้องกับ Mc Googan (2000) กล่าวว่า อาหารโปรตีนสูงจะส่งผลทำให้สัตว์น้ำหลายชนิดมีอัตราการเจริญเติบโตที่สูงขึ้น และพบว่าอาหารที่มีพลังงานสูง จะทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารและการเจริญเติบโตดีขึ้นซึ่งโดยทั่วไปแล้วมักจะมีการเพิ่มสารอาหารพวกไขมันเข้าไปในสูตรอาหาร เนื่องจากไขมันมีพลังงานสูง สัตว์น้ำสามารถนำไปใช้ได้ดี ซึ่งได้มีการทดลองในปลาหลายชนิด ที่แสดงให้เห็นถึงอัตราการเจริญเติบโตที่สูงขึ้น เมื่อมีการเพิ่มระดับโปรตีนและระดับไขมันควบคู่กัน และเสริมไปในอาหาร เช่น ในสูตรอาหารลูกปลากะพงขาว, ลูกปลานิลแดง

De Silva *et al.* (1991) กล่าวว่า โปรตีนที่ปลากินเข้าไปจะถูกย่อยโดยเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีน ซึ่งจะช่วยให้ได้กรดอะมิโนอิสระ (amino acid) ที่พร้อมจะถูกดูดซึมผ่านทางท่อทางเดินอาหารไปยังส่วนต่างๆของร่างกาย เพื่อใช้ในกิจกรรมต่างๆ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วปลาและสัตว์น้ำจะมีความต้องการกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย (essential amino acid; EAA) ซึ่งร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นมาได้ หรือสังเคราะห์ได้ในปริมาณที่น้อยไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย จำเป็นต้องได้รับจากสารอาหารที่กินเข้าไปเท่านั้น ซึ่งหากได้รับไม่ครบทั้งคุณภาพและปริมาณ จะส่งผลทำให้การเจริญเติบโตช้าลง เมื่ออาหาร และการใช้โปรตีนมีประสิทธิภาพลดลง โดยจากการศึกษาพบว่าปลา และสัตว์น้ำมีความต้องการกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย 10 ชนิด ได้แก่ Arginine, Histidine, Isoleucine, Leucine, Lysine, Methionine, Phenylalanine, Threonine, Tryptophan และ Valine (De Silva and Anderson., 1995; Pond *et al.*, 1995) )

## 2.8 ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการโปรตีนของปลา

### 2.8.1 ขนาดปลา (size)

โดยทั่วไปความต้องการโปรตีนของปลามีค่าลดลงเมื่อปลามีขนาด หรืออายุมากขึ้น เพราะปลาที่มีขนาดใหญ่จะมีอัตราการเจริญเติบโตช้าลง เนื่องจากการสังเคราะห์โปรตีนในร่างกายจะต่ำกว่าปลาขนาดเล็ก จึงทำให้ปลาขนาดใหญ่มีความต้องการโปรตีนน้อยลง (ประเสริฐและคณะ, 2525) ตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ความต้องการเปอร์เซ็นต์โปรตีนเพื่อการเจริญเติบโตของปลาชนิดต่าง ๆ

ชนิดปลา	วัยอ่อน	ขนาดเล็ก	ขนาดใหญ่
ปลาเรนโบว์เทรา	45 – 55	28 – 50	35 – 40
ปลาไหล	50 – 56	45 – 50	-
ปลาไน	43 – 47	37 – 42	28 – 32
ปลานิล	35 – 40	28 – 35	20 – 30
ปลาช่อนเกลทไฟซ	36 – 40	25 – 36	26 – 34

ที่มา : เวียง (2542)

### 2.8.2 อุณหภูมิ (temperature)

ความต้องการปริมาณโปรตีนของปลามีมากขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เช่น ปลาแซลมอน ที่เลี้ยงในอุณหภูมิ 8 และ 15 องศาเซลเซียส มีความต้องการโปรตีนเป็น 40 เปอร์เซ็นต์ และ 55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Duston *et al*, 2004) แต่ก็พบว่าปลาบางชนิดเมื่อ อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น ก็ยังมีความต้องการปริมาณโปรตีนในอัตราที่เท่าเดิม สาเหตุที่ทำให้อุณหภูมิของน้ำมีผลต่อความต้องการโปรตีนของปลาเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูง จะทำให้ปลามีเมตาบอลิซึมสูงขึ้นด้วย

### 2.8.3 คุณภาพโปรตีน (quality of protein)

แหล่งของโปรตีนที่ใช้เป็นอาหารทดสอบในสูตรอาหาร วัตถุประสงค์แต่ละชนิด ย่อมมีองค์ประกอบของสารอาหารที่แตกต่างกัน ทั้งปริมาณ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน แร่ธาตุ วิตามิน กรดอะมิโนต่างๆ ทำให้วัตถุประสงค์มีคุณภาพที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะปริมาณกรดอะมิโน ที่มีในวัตถุประสงค์อาหาร นับว่ามีความสำคัญมากต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ เพราะถึงแม้ว่าปลาได้รับอาหารที่มีปริมาณ โปรตีนที่เท่ากัน แต่หากมีกรดอะมิโนที่แตกต่างกัน หรือไม่พอเพียงในสูตรอาหาร ก็ย่อมทำให้การเจริญเติบโตของปลาแตกต่างกัน ดังนั้นปลาจะเจริญเติบโตได้ดีต้องได้รับโปรตีนที่มีคุณภาพดี และมีกรดอะมิโนครบถ้วนทั้งคุณภาพและปริมาณ (Shepherd and Bromage, 1989; Ogunji *et al*, 2002)

### 2.8.4 ระดับพลังงานในอาหาร (non protein energy)

ในการประเมินคุณภาพอาหารของสัตว์น้ำผู้เลี้ยงมักใช้ค่าการเจริญเติบโต (growth) อัตราการแลกเนื้อ (feed conversion ratio) และอัตราการรอดตาย (survival rate) เป็นมาตรฐานในการพิจารณา ทั้งนี้เพื่อจุดมุ่งหมายล้วนแต่ต้องการให้ผลผลิตของสัตว์น้ำออกมามากที่สุด โดยใช้อาหารที่ใช้เลี้ยงน้อยที่สุด ค่าการเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อ และอัตราการรอดตาย จะมีประโยชน์ต่อผู้เลี้ยงสัตว์น้ำมากในการใช้เป็นข้อมูลเพื่อวางแผนจัดการเรื่องอาหารสัตว์น้ำ ผลของอาหารที่ทำให้สัตว์น้ำมีน้ำหนักเพิ่มไม่จำเป็นเสมอไปว่าสัตว์น้ำนั้นมีความโปรตีนสูง ทั้งนี้เพราะไขมันอาจมีส่วนทำให้น้ำหนักเพิ่ม จากการศึกษาของมหาวิทยาลัย Auburn (อ้างโดย วิมล, 2536) ในปลา Channel Catfish ที่เลี้ยงด้วยอาหาร 5 สูตร ที่มีระดับโปรตีนเท่ากันคือ 27 เปอร์เซ็นต์ แต่มีระดับพลังงานต่างกัน 2.2-4.6 กิโลแคลอรี/กรัม พบว่าอาหารที่มีระดับพลังงานสูงทำให้ปลามีน้ำหนักเพิ่มมากกว่าอาหารที่มีระดับพลังงานต่ำ

### 2.8.5 อัตราการให้อาหาร (feeding rate)

เนื่องจากการประเมินความต้องการ โปรตีนของปลา สามารถทราบได้จากอัตราการเจริญเติบโตเมื่อปลาได้รับอาหารในปริมาณพอดีกับความต้องการ ดังนั้นถ้าปลาได้อาหารน้อยเกินไปหรือต่ำกว่าความต้องการจะทำให้ปลาหิวและปลาจะนำโปรตีนมาใช้เป็นพลังงานมากกว่านำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต จึงมีผลทำให้การประเมินความต้องการ โปรตีนมีค่าผิดไปจากความจริง การศึกษาความต้องการ โปรตีนของสัตว์บกทำได้ง่ายกว่าสัตว์น้ำ เพราะสามารถทราบปริมาณอาหารที่เหลือหรือปริมาณที่กินเข้าไป แต่ทว่าปลาอยู่ในน้ำมีความยุ่งยากในการให้อาหาร ซึ่งนอกจากปลาแต่ละชนิดจะมีพฤติกรรมการกินอาหารที่แตกต่างกันแล้ว ยังพบว่าถ้าให้อาหารน้อยไปก็จะโตช้า แต่ถ้าให้มากเกินไปก็จะละลายน้ำ และไม่ทราบปริมาณอาหารแท้จริงที่กินเข้าไป นักโภชนาการอาหารปลาส่วนมากจะให้อาหารทดสอบแก่ปลา โดยมีวิธีการให้อาหารแตกต่างกันไป เช่น ให้อาหารปริมาณคงที่ (fixed feeding rate) หรือให้ปริมาณที่ปลากินอิ่ม (satiation) การให้อาหารปริมาณคงที่ที่มีความสะดวกรวดเร็ว แต่อาจมีผลต่อความต้องการ โปรตีนของปลาได้ ถ้าให้อาหารน้อยเกินไป Ogino (1980) รายงานว่า ปลาไน และปลาเรนโบว์เทรา มีความต้องการโปรตีนลดลงจาก 60 - 65 เปอร์เซ็นต์ เป็น 30 - 32 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออัตราการให้อาหารเพิ่มขึ้นจาก 2 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักตัว/วันเป็น 4 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักตัว/วัน สาเหตุดังกล่าวเกิดจากความสัมพันธ์ของปริมาณโปรตีนที่ปลาได้รับ (protein intake) และความต้องการ โปรตีนของปลากล่าวคือ ในสภาวะที่ได้อาหารปริมาณคงที่ ปลาที่ได้รับอาหารปริมาณน้อย (2 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว/วัน) จะได้รับปริมาณโปรตีนพอดีกับความต้องการก็ต่อเมื่อปลาได้รับอาหารที่มีปริมาณ โปรตีนสูงเท่านั้น ในขณะที่ปลาที่ได้รับอาหารปริมาณมาก (4 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว/วัน) สามารถได้รับปริมาณโปรตีนเพียงพอความต้องการจากอาหารที่มีปริมาณ โปรตีนต่ำกว่า แนวทางแก้ปัญหาดังกล่าว จึงควรเพิ่มจำนวนครั้งในการให้อาหารให้มากขึ้นหรือบ่อยครั้งขึ้น เพื่อให้ปลาได้รับปริมาณ โปรตีนมาก

ขึ้นในสภาวะที่ความจุของกระเพาะอาหารมีจำกัด ซึ่งจะทำให้ความต้องการโปรตีนของปลามีค่าลดลงและตรงกับสภาพที่เป็นจริง สำหรับการให้อาหารในปริมาณที่ปลากินอิ่ม มีข้อเสียที่ใช้ระยะเวลาในการให้อาหารนาน เนื่องจากต้องให้อาหารซ้ำๆ และจะหยุดให้อาหารเมื่อปลาหยุดกินอาหาร แต่วิธีนี้ทำให้ปลาได้รับปริมาณอาหารพอดีความต้องการ ซึ่งนับว่าเป็นวิธีที่มีความเหมาะสมในการศึกษาความต้องการโปรตีนของปลา

## 2.9 ความต้องการไขมัน

สูตรอาหารโดยทั่วไปส่วนใหญ่มีไขมันอยู่ระหว่าง 5-15 เปอร์เซ็นต์ (วีระพงศ์, 2536) ถ้าปลานิลได้รับอาหารที่มีไขมันสูงเป็นเวลานาน จะทำให้ปลาเกิดความเครียด และง่ายต่อการเป็นโรคหรือตายเพราะโรคตับ กรดไขมันจำเป็นต่อการเจริญเติบโตและเป็นโครงสร้างของเซลล์ ปลานิลต้องการ กรดไขมันจำพวก linoleic ซึ่งมีมากในน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันข้าวโพด กรดไขมัน linoleic ในปริมาณ 0.5 – 1.0 เปอร์เซ็นต์ จัดว่าเพียงพอสำหรับการเจริญเติบโต และป้องกันโรคขาดสารอาหารของปลานิล (ประเสริฐ และคณะ, 2525)

### ปริมาณไขมันในอาหาร

ปริมาณไขมันในอาหารปลาต้องสัมพันธ์กับปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตหรือพลังงานในอาหาร การย่อยได้ของไขมัน และอุณหภูมิของน้ำ

อาหารแห้งของปลาเทรามีไขมันประมาณ 6 – 14 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจัดว่าค่อนข้างต่ำสำหรับปลาเทร่าและอาหารเปียกมีไขมันอยู่ 16 – 20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ระดับไขมันที่เหมาะสมคือ 15 – 25 เปอร์เซ็นต์ แต่ควรใส่สารกันหืนและวิตามินอี ด้วย เพราะไขมันที่เหม็นหืนจะเป็นโทษต่อปลา ปลาแคทฟิช ระดับความต้องการไขมันคือ 8 – 12 เปอร์เซ็นต์ ปลาคาร์พ ถ้าเลี้ยงในเมืองร้อนในอาหารปลาควรมีไขมัน 10 – 15 เปอร์เซ็นต์ ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส ปริมาณไขมันในอาหารก็ต้องลดน้อยลง อาหารปลาไหลสามารถใส่ไขมันได้ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ อาหารปลาหางเหลืองที่ขายตามท้องตลาดมีไขมันเพียง 5 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น (วีระพงศ์, 2536)

## 2.10 ความต้องการคาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรตในรูปแป้งเป็นสารอาหารในพลังงานที่พบได้มากที่สุด ในธรรมชาติปลาใช้ประโยชน์จากแป้งได้มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับ ปริมาณเอนไซม์ที่ใช้แป้งที่ปลาสร้างขึ้น ปลากินเนื้อย่อยแป้งได้น้อยกว่าปลากินพืช เนื่องจากปลากินพืชมีเอนไซม์อะไมเลสมากกว่านั่นเอง

เวียง (2542) รายงานว่าเอนไซม์อะไมเลสถูกสร้างขึ้นตลอดระยะเวลาความยาวของทางเดินอาหารของปลานิล ในขณะที่ปลากินเนื้อเอนไซม์ดังกล่าวสร้างขึ้นในตับอ่อนเท่านั้น ปลานิลสามารถใช้ประโยชน์จากคาร์โบไฮเดรตได้ดี การเลี้ยงปลานิลด้วยการให้อาหารที่คาร์โบไฮเดรตสูง เช่น ข้าว สบหนุบในบ่อที่ใส่ปุ๋ยจะช่วยเพิ่มผลผลิตของปลาได้สูงขึ้นประมาณ

50 เปอร์เซ็นต์ อาหารปลานิลมีแป้งในปริมาณสูงได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ (Shepherd and Bromage, 1989) โดยไม่กระทบต่อการเจริญเติบโต

มานพ และคณะ (2536) กล่าวว่า ปลาข้าวและมันสำปะหลังเป็นแหล่งให้พลังงานที่ดีสำหรับปลานิลและสามารถมีในอาหารผสมได้สูงถึง 30 – 60 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับขนาดปลาที่เลี้ยง แป้งในอาหารปลานิลขนาดเล็กไม่ควรมีมากเกินไป 35 เปอร์เซ็นต์ เพราะจะทำให้การเจริญเติบโตและอัตราแลกเนื้อลดลง นอกจากนี้คาร์โบไฮเดรตยังมีประโยชน์ในการช่วยสำรองโปรตีนในอาหาร กล่าวคือแป้งในอาหารจะถูกใช้เป็นพลังงานเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ และส่วนสำรองโปรตีนไม่ถูกใช้เป็นพลังงาน แต่ใช้เพื่อการเจริญเติบโตเท่านั้น ดังนั้นอาหารที่มีแป้งอยู่ในปริมาณเพียงพอแต่มีปริมาณโปรตีนต่ำ (แต่มีคุณภาพดี) อาจให้ผลการเจริญเติบโตและอัตราแลกเนื้อดีเท่า ๆ กับอาหารที่มีปริมาณโปรตีนสูงแต่มีแป้งอยู่น้อย

## 2.11 ความต้องการวิตามิน

การศึกษาเกี่ยวกับความต้องการวิตามินของปลานิลมีค่อนข้างจำกัดเนื่องจากการเลี้ยงในบ่อดินโดยทั่วไป ปลาได้รับวิตามินจากอาหารในธรรมชาติ เกือบครบถ้วนทุกชนิด อย่างไรก็ตามเมื่อมีการเลี้ยงปลานิลหนาแน่นมากขึ้น วิตามินในธรรมชาติอาจไม่เพียงพอจึงควรเสริมวิตามินบางชนิดในอาหารที่เลี้ยง เพื่อให้ปลาเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว วิตามินทุกตัวจำเป็นต่อปลานิลแต่จำเป็นต้องมีในอาหารหรือไม่ขึ้นอยู่กับปลาสังเคราะห์ขึ้นเองได้หรือไม่ เวียง (2542) กล่าวว่าสำหรับปลานิล วิตามินบี12 และโคลีนไม่จำเป็นต้องมีในอาหารเพราะปลานิลสามารถสังเคราะห์ขึ้นเองได้ในปริมาณเพียงพอต่อความต้องการ การศึกษาพบว่าปลานิลต้องการวิตามินดีในอาหาร ในปริมาณ 375 หน่วย/กิโลกรัม (มานพ และคณะ, 2536) ปลาที่ขาดวิตามินดีจะเจริญเติบโตช้าอัตราแลกเนื้อสูง วิตามินในกลุ่มวิตามินบีที่ได้ศึกษาในปลานิลมีเพียงวิตามินบี – 2 (ไรโบเฟลวิน) และวิตามินบี – 6 (ไพริดอกซิน) เท่านั้น (มานพ และคณะ, 2536) ปลานิลต้องการวิตามิน บี – 2 ประมาณ 5 – 6 มิลลิกรัม / อาหาร 1 กิโลกรัม วิตามินบี – 6 จำเป็นต่อการใช้ประโยชน์ของโปรตีน ปลานิลต้องการวิตามินบี – 6 ในอาหารในอัตรา 10 มิลลิกรัม/ กิโลกรัม ปลานิลไม่สามารถสังเคราะห์วิตามินซีเองได้ จึงจำเป็นต้องเสริมในอาหาร วิตามินซีในระดับ 50 มิลลิกรัม / กิโลกรัม (มานพ และคณะ, 2536; ศักดิ์ชัย, 2536) ปลานิลสามารถใช้ประโยชน์จากวิตามินซีในรูปแบบต่างๆ ได้เท่าเทียมกันไม่ว่าจะอยู่ในรูปวิตามินซีอิสระ วิตามินซีในรูปแบบเกลือ โซเดียม วิตามินซีเกลือและวิตามินซีซัลเฟต วิตามินซีจำเป็นต่อการสังเคราะห์โปรตีนคอลลาเจน ซึ่งเป็นโครงสร้างสำคัญของกระดูก เหงือก เส้นเลือด ผิวหนัง และครีบ อาการขาดวิตามินซีที่เห็นได้ชัดได้แก่ ลำตัวคดงอ ตกเลือดตามครีบ และผิวหนังมีสีคล้ำขึ้น วิตามินซียังมีประโยชน์ต่อแม่พันธุ์ปลานิล โดยช่วยทำให้ไข่ตก อัตราฟักสูง และลูกปลาแข็งแรง วิตามินที่กล่าวมาทั้งหมดเป็นปริมาณที่ปลาต้องการจริงๆ ไม่ได้เพื่อไว้สำหรับการสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นได้ การผสมของวิตามินที่สมควรมีในอาหารผสมสำเร็จรูปในปริมาณที่เพียงพอต่อความ

ต้องการของปลานิลและเพื่อไว้สำหรับการสูญเสียระหว่างการผลิตเก็บรักษาหรือละลาย (มานพ และคณะ, 2536)

## 2.12 น้านมดิบ (Milk)

เป็นวัตถุดิบที่ได้มีการนำมาใช้ในการผสมในสูตรอาหารปลาในรูปของหางนม ซึ่งเป็นนมที่มีคุณภาพดี ประกอบด้วยโปรตีน ไขมัน แลคโตส แกล็กโทเร และวิตามินต่าง ๆ (สาวิตรี, 2536) น้านมเป็นอาหารที่สมบูรณ์ที่สร้างขึ้นในธรรมชาติจึงมีคุณค่าทางโภชนาการสูง นมมีลักษณะเป็นของเหลวสีขาว บางครั้งอาจจะมีสีเหลืองนวล มีรสหวานเล็กน้อย ส่วนประกอบของน้านมขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์ สัตว์ อาหาร ฤดูกาล สภาพแวดล้อม อายุของสัตว์ ระยะการให้นม และสภาวะของเต้านมด้วย

### ส่วนประกอบทางเคมีของนม

นมมีส่วนประกอบทางเคมีค่อนข้างซับซ้อน ส่วนประกอบหลักของนมได้แก่ โปรตีน ไขมัน น้ำตาลแล็กโทส วิตามิน แร่ธาตุ และน้ำ ส่วนประกอบทั้งหมดนอกจากน้ำเรียกว่าของแข็งในน้านม (total solid) ซึ่งมีปริมาณร้อยละ 13 น้าประมาณร้อยละ 87 ส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญของน้านมมีค่าโดยประมาณ ส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญของน้านม มีรายละเอียดดังนี้

2.12.1 น้ำ น้ำเป็นส่วนประกอบส่วนใหญ่ของน้านมมีน้ำอยู่ประมาณร้อยละ 87 ของส่วนประกอบทั้งหมด และน้ำเป็นตัวละลายสารอาหารหลายชนิดในน้านม

2.12.2 ไขมัน ไขมันในนมเรียกว่ามันเนย (milk fat หรือ butter fat) มีปริมาณร้อยละ 3.2 ของส่วนประกอบทั้งหมด อยู่ในน้านมในสภาพแขวนลอย มันเนยยังเป็นแหล่งของพลังงานคือ 1 กรัมของไขมันจะให้พลังงาน 9 กิโลแคลอรี และเป็นตัวนำวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน (วชิรา, 2544) มันเนยประกอบด้วย ไตรกลีเซอไรด์ที่มีกรดไขมันหลายชนิดเป็นองค์ประกอบ มีอยู่ในไขมันประมาณร้อยละ 97 – 98 นอกจากนั้นประกอบด้วยฟอสโฟลิพิด สเตอรอล แลโรทีนอยด์ วิตามินที่ละลายในไขมัน (วิตามินเอ, ดี, อี, เค) และกรดไขมันอิสระ กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) ที่พบมากเช่น กรดพาล์มิติก กรดสเตียริก และกรดไมริสติก ส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่พบส่วนใหญ่ ได้แก่ กรดโอเลอิก และกรดลิโนลิก ส่วนฟอสโฟลิพิด และสเตอรอลที่พบมากในน้านม ได้แก่ เลซิทีน (lecithin) และคอเลสเตอรอล (Cholesterol)

2.12.3 โปรตีน โปรตีนในน้านมมีปริมาณร้อยละ 3.4 ของส่วนประกอบทั้งหมด ประกอบด้วยกรดอะมิโนหลายชนิดมารวมกัน เนื่องจากกรดอะมิโนที่เป็นส่วนประกอบนั้นเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นจำนวนมาก และมีปริมาณมากเกือบเพียงพอต่อความต้องการของร่างกายของมนุษย์ (ตารางที่ 2.2)

ตารางที่ 2.2 แสดงปริมาณเป็นร้อยละของกรดอะมิโนจำเป็นที่เป็นส่วนประกอบของโปรตีนใน  
น้ำนม

ชนิดของกรดอะมิโน	เคซีน
อะลานีน (Alanine)	3.0
วาเลีน (Valine)	7.2
ลิวซีน (Leucine)	9.2
ไอโซลิวซีน (Iso-leucine)	6.1
เฟนิลอะลานีน (Phenylalanine)	5.0
เมไทโอนีน (Methionine)	2.8
ทริปโทเฟน (Tryptophan)	1.7
ฮิสทีดีน (Histidine)	3.1
ไลซีน (Lysine)	8.2
ทรีโอนีน (Threonine)	4.9

ที่มา : อรวินท์ (2546)

กรดอะมิโนที่มีอยู่ในน้ำนมไม่ได้แยกอยู่แบบอิสระแต่จะรวมกันอยู่หลายๆ ตัว โปรตีนในน้ำนม ได้แก่ เคซีน (casein) และ โปรตีนเวย์ (whey protein) เคซีนเป็นโปรตีนที่มีปริมาณมากที่สุดคือ ประมาณร้อยละ 85 ของโปรตีนทั้งหมดในน้ำนมเป็นโปรตีนที่ดี ลักษณะของเคซีนเป็นเม็ดสีขาวเหลือง ในสภาพบริสุทธิ์จะมีสีขาว ไม่มีกลิ่นและรส เป็นตัวช่วยทำให้น้ำนมมีสีขาวอยู่ในสภาพแขวนลอยในน้ำนม (สุภสร และคณะ, 2521, อรวินท์, 2546; FAO, 1990)

ส่วนโปรตีนเวย์ ประกอบด้วยแลคโทโกลบูลิน (lactoglobulin) ร้อยละ 50 และแลคทาบูมิน (lactalbumin) ร้อยละ 12 โปรตีนเวย์เป็นโปรตีนส่วนน้อย คือประมาณร้อยละ 15 ของปริมาณโปรตีนทั้งหมด และจะแยกออกจากเคซีนในการตกตะกอน น้ำใสที่แยกออกมาเรียกว่าเวย์ (whey)

จากการศึกษาพบว่า whey ประกอบไปด้วยกรดอะมิโน ได้แก่ Aspartic acid, Threonine, Glutamic acid, Glycine, Alanine, Valine, Cysteine, Methionine, Isoleucine, Leucine, Tyrosine, Phenylalanine, Histidine, Lysine และ Arginine (วชิรา, 2544; Rutherford and Moughan, 1998)

**2.12.4 น้ำตาลแลคโตส** น้ำตาลแล็กโทสเป็นน้ำตาลที่มีอยู่เฉพาะในน้ำนม ด้านมจะสังเคราะห์น้ำตาลนี้ขึ้นเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ (disaccharide) เมื่อสลายตัวจะได้น้ำตาลกลูโคสกับกาแลคโตส น้ำตาลแลคโตสมีสูตรโมเลกุล  $C_{12}H_{22}O_{11}$  เช่นเดียวกับน้ำตาลอ้อยหรือซูโครส (sucrose) แต่มีสูตรโครงสร้างแตกต่างกันทำให้มีความหวานและความสามารถในการละลายไม่เท่ากัน

น้ำตาลแลคโตสอยู่ในสภาพสลายในน้ำนม มีปริมาณประมาณร้อยละ 4.9 มีความหวานน้อยกว่าน้ำตาลอ้อย 6 เท่า ทำให้น้ำนมมีรสไม่หวานมาก

น้ำตาลแลคโตสมีบทบาทสำคัญในการแปรรูปน้ำนมเป็นผลิตภัณฑ์นม เช่น นมเปรี้ยว และ เนยแข็ง แบคทีเรียสามารถสลายน้ำตาลแลคโตสให้กรดแลคติก

กรดแลคติกจะทำให้น้ำนมมีรสเปรี้ยว เพิ่มความเป็นกรดในน้ำนมมากขึ้น จนถึงจุดที่ทำให้ เคซีนตกตะกอนจับตัวกันจนเปลี่ยนสภาพจากของเหลวเป็นของแข็ง ต่อจากนั้นจึงนำไปดำเนินการตามขั้นตอนการผลิตเนยแข็งและนมเปรี้ยวต่อไป

น้ำตาลแลคโตสเป็นตัวที่ทำให้น้ำนมมีรสหวานและให้พลังงานแต่ในบางประเทศ โดยเฉพาะประเทศในเอเชียประชาชนที่ไม่คุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์นมจะขาดน้ำย่อยแลคเตส (lactase) ที่จะย่อยน้ำตาลแลคโตส จึงทำให้เกิดปัญหาที่บางคนไม่สามารถดื่มนมได้ เนื่องจากขาดน้ำย่อยแลคเตส ผู้ที่ไม่เคยดื่มน้ำนม จึงควรเริ่มจากการดื่มนมที่ละน้อยอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้มีการสร้างเอนไซม์แลคเตส ที่จะย่อยน้ำนมขึ้น (สมจิต, 2546; อรวินท์, 2546)

2.12.5 วิตามิน น้ำนมเป็นแหล่งของวิตามินหลายชนิดที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย การบริโภคน้ำนมเป็นประจำจะได้รับวิตามินต่างๆด้วยเสมอ ทั้งวิตามินที่ละลายในน้ำและละลายในไขมันชนิดและปริมาณของวิตามินที่มีอยู่ในน้ำนม (ตารางที่ 2.3)

ตารางที่ 2.3 แสดง ชนิดและปริมาณของวิตามินในน้ำนม

ชนิดของวิตามิน	ปริมาณที่มีในน้ำนม
<b>วิตามินที่ละลายน้ำ</b>	
วิตามินบีหนึ่ง หรือ ไทอะมีน	37 ไมโครกรัม / 100 มิลลิลิตร
ไรโบฟลาวิน	150 ไมโครกรัม / 100 มิลลิลิตร
กรดแพนโททีนิก	400 ไมโครกรัม / 100 มิลลิลิตร
ไนอะซิน	80 ไมโครกรัม / 100 มิลลิลิตร
ไพริดอกซีน	37 ไมโครกรัม / 100 มิลลิลิตร
ไบโอติน	1.6 ไมโครกรัม / 100 มิลลิลิตร
วิตามินบีสิบสอง	0.3 ไมโครกรัม / 100 มิลลิลิตร
กรดโฟลิก	0.1 ไมโครกรัม / 100 มิลลิลิตร
วิตามินซี	2.0 ไมโครกรัม / 100 มิลลิลิตร
<b>วิตามินที่ละลายในไขมัน</b>	
วิตามินเอ	20 หน่วยสากล / กรัมของไขมัน
แคโรทีน	7-16 ไมโครกรัม / กรัมของไขมัน
วิตามินดี	1 หน่วยสากล / กรัมของไขมัน
วิตามินอี	28 ไมโครกรัม / กรัมของไขมัน

ที่มา : อรวินท์ (2546)

2.12.6 กลีโกล์ แร่ ในน้ำนมมีแร่ธาตุที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น โฟสเฟตเซียม แคลเซียม คลอไรด์ ฟอสฟอรัส โซเดียม ซัลเฟอร์ แมกนีเซียม เป็นจำนวนมาก และมีเหล็ก ทองแดง สังกะสี อะลูมิเนียม และ โคบอลต์เป็นส่วนน้อย เมื่อนำนมมาระเหยน้ำให้หมดแล้วนำมาเผาจะได้เถ้าสีขาวประมาณ ร้อยละ 0.7 ซึ่งเถ้าที่ได้นี้ก็คือ กลีโกล์ แร่ที่มีอยู่ในน้ำมนั่นเอง

2.12.7 สารอื่นๆ ในน้ำนม นอกจากองค์ประกอบดังกล่าวแล้วน้ำนมยังมีเอนไซม์ที่สามารถทำให้เกิดกลิ่นหืน เช่น ฟอสฟาเทส (phosphatase) ลิเปส (lipase) รวมทั้งสารอินทรีย์ เช่น กรดซิตริก (citric) กรดอะมิโนครีเอทีน (creatine) ครีเอทีนิน (creatinine) และแก๊สต่างๆ ที่ติดมาขณะรีดนมหรือเกิดจากปฏิกิริยาในเต้านม

### คุณค่าทางโภชนาการของน้ำนม

จากส่วนประกอบทางเคมีของน้ำนมที่ได้กล่าวมาแล้วจะเห็นว่า น้ำนมเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าอาหารแหล่งอื่นเพราะประกอบด้วยสารอาหารที่ร่างกายต้องการครบถ้วน ได้แก่ โปรตีน ไขมัน น้ำตาลแล็กโทส วิตามินเอ บี 2 แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และสารอื่น ๆ ในปริมาณสูง นอกจากประกอบด้วยสารอาหารต่างๆมากมายแล้วน้ำนมยังมีสมบัติพิเศษที่ต่างจากอาหารอื่นๆ คือ โปรตีนที่อยู่ในน้ำนมเป็นโปรตีนสมบูรณ์ ประกอบด้วย กรดอะมิโนที่จำเป็นทั้ง 10 ชนิด คือ อะลานีน วาลีน ลิวซีน ไอโซลิวซีน เบนิลอะลานีน เมไทโอนีน ทรีปโทเฟน ไลซีน ฮีสทีดีน และทรีโอนีน ครบถ้วน (ตาราง 2.2) และในปริมาณที่สูงเพียงพอกับความต้องการของร่างกาย มีปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัสสูงในอัตราส่วนที่สมดุลย์กัน(สมจิต, 2546; อรวินท์, 2546)

#### 2.13 นมหมักกรด (acid fermented milk)

การหมักของนมทำให้เกิดจุลินทรีย์ในกลุ่มของแลคติกแบคทีเรีย ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมบวก รูปร่างเป็นแท่งหรือกลม ไม่สร้างสปอร์ และไม่เคลื่อนที่ มีคุณสมบัติในการหมักคาร์โบไฮเดรต ให้เป็นกรดแลคติก แบคทีเรียในกลุ่มนี้ ได้แก่ *Streptococcus*, *Lactococcus*, *Pediococcus*, *Bacillus*, *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, *Tetragenococcus* เป็นจุลินทรีย์ ที่มีคุณสมบัติเป็นโปรไบโอติก เมื่อบริโภคไปแล้วจะให้ผลดีในแง่ของการเจริญเติบโต ในการปรับสมดุลของลำไส้ ลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ก่อโรค ช่วยเพิ่มในการดูดซึมแคลเซียม ปัจจุบันมีการใช้ผสมใส่ในอาหารสัตว์ สำหรับลูกโค ไก่ สุกร และสัตว์น้ำ (ไพบูลย์ และสมพร, 2544; อาทิตย์ และหทัยรัตน์, 2544; ปรียา และสุดสาย, 2546; Ostlie *et al.*, 2003) ในทำนองเดียวกัน พงษ์ศักดิ์ และคณะ (2546) ได้รายงานว่ากลุ่มแลคติกแอซิดแบคทีเรีย (lactic acid bacteria :LAB)เป็นตัวผลิตแบคทีเรียโอซิน (bacteriocins) ซึ่งเป็นสารจำพวก โปรตีน มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์อื่นได้อย่างจำเพาะโดยไปยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยการฆ่าจุลินทรีย์ (bacteriocidal) หรือ โดยการหยุดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (bacteriostatic) เช่น *Lactobacillus plantarum* kw30 (Kelly และคณะ 1996 ซึ่งอ้างโดยพงษ์ศักดิ์ และคณะ, 2546) และ *acidocin* J 1229 ซึ่งผลิตโดย *Lactobacillus acidophilus* JCM 1229 (Tahara and Kanatani, 1996 ซึ่งอ้างโดย พงษ์ศักดิ์ และคณะ, 2546) ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้พบในอาหารหมัก, ผักสด, เครื่องดื่ม และผลิตภัณฑ์นม เป็นต้น โรคเต้านมอักเสบ (mastitis) จะทำให้เชื้อแลคติก เจริญได้ไม่ดี เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม ความเข้มข้นของน้ำตาลแลคโตส และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายลดลง ค่าความเป็น กรดต่าง (pH) สูงกว่านมทั่วไป แต่การให้ความร้อนแก่นมทำให้แลคติกแบคทีเรียเจริญได้ดีเหมือนเดิม (วรารุณี และรุ่งนภา, 2532)

### 2.13.1 คุณสมบัติของแลคติกแบคทีเรีย

แลคติกแบคทีเรีย เป็นแบคทีเรียแกรมบวก (gram-positive) ที่ไม่สร้างสปอร์ (non-spore forming) มีรูปร่างลักษณะเป็นรูปกลมหรือรูปท่อน และมีทั้งที่เป็นท่อนสั้นหรือท่อนยาว สามารถเจริญเติบโตได้ในที่ที่มีออกซิเจนเพียงเล็กน้อย (microaerobicophile) หรือไม่มีออกซิเจนเลย (strictly anaerobic) ไม่สร้างเอนไซม์อะตาเลส (catalase) ไม่มีระบบไซโตโครม ไม่เคลื่อนที่ ได้พลังงานจากการหมักน้ำตาลให้เป็นกรดแลคติก (วรรณดี และคณะ, 2542; ปารีชาติ และพงศ์ศักดิ์, 2545; ปรียาและสุตสาย, 2546)

### 2.13.2 การจำแนกประเภทของแลคติกแบคทีเรีย

แลคติกแบคทีเรียสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 กลุ่ม ตามวิธีการของ Wistreich (1997) ซึ่งอ้างอิงโดย วรรณดี และคณะ(2542) โดยอาศัย metabolic pathways และผลผลิตที่ได้จากกระบวนการหมัก กล่าวคือ

1. Homofermentative lactic bacteria เป็นแลคติกแบคทีเรียที่สามารถหมักน้ำตาลผ่าน Embden – Meyerhof – Parnas pathway ซึ่งให้ผลผลิตกรดแลคติกเพียงอย่างเดียว (Wistreich, 1997 ซึ่งอ้างอิงโดย วรรณดี และคณะ, 2542) ในปริมาณสูงถึง 85-95% (ปารีชาติ และคณะ, 2543) พบในสกุล *Lactococcus*, *Lactobacillus* และ *Pediococcus* เป็นต้น

2. Heterofermentative lactic bacteria เป็นแลคติกแบคทีเรียที่สามารถหมักน้ำตาลผ่าน pentose phosphoketalase pathway ให้ผลผลิตเป็นกรดแลคติกสูงถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือจะเป็นกรด อะซิติก/เอทานอล และคาร์บอนไดออกไซด์ (Wistreich, 1997 ซึ่งอ้างอิงโดย วรรณดี และคณะ, 2542; ปารีชาติ และคณะ, 2543) พบในสกุล *Leuconostoc* และ *Lactobacillus* เป็นต้น

### 2.14 บทบาทของแลคติกแบคทีเรียในขบวนการหมัก

แลคติกแบคทีเรียเป็นแบคทีเรีย ที่มีบทบาทสำคัญในขบวนการหมัก กล่าวคือ แลคติกแบคทีเรียมักจะนิยมให้เป็นหัวเชื้อ (starter culture) เติมลงในอาหารเพื่อให้ได้อาหารหมักตามที่ต้องการ (Leroy and De Vuyat, 2004; Hansen, 2002; Liu, 2003) แลคติกแบคทีเรียสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรค (pathogenic bacteria) และแบคทีเรียที่ทำให้อาหารเน่าเสีย (spoilage bacteria) ได้ (Iton *et al.*, 1995) กรดแลคติกมีคุณสมบัติเป็น food preservative ในอาหาร สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดอื่นที่ทำให้อาหารเน่าเสีย หรือทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ ทำให้อาหารเก็บได้นานขึ้น (Adam and Modd, 1995; ปารีชาติ และพงศ์ศักดิ์, 2545; ยูการ์ตัน และคณะ, 2541)

## ชนิดของแลคติกแบคทีเรียในนมหมัก

แลคติกแบคทีเรียที่สำคัญ มีอยู่หลายสกุล ได้แก่ *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Lactococcus*, *Pediococcus*, *Carnobacterium*, *Aerococcus*, *Vagococcus* และ *Tetragencoccus* เป็นต้น (วรรณดี และคณะ, 2542) โดยทั่วไปแล้วแบคทีเรียจัดเป็นจุลินทรีย์พวกแรกที่เจริญในน้ำนม ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มที่สำคัญได้ 4 กลุ่ม คือ กลุ่มผลิตกรด (acid producers), กลุ่มผลิตแก๊ส (gas producers), กลุ่มย่อยสลายโปรตีน (proteolytic) และกลุ่มผลิตด่าง (alkali producers) (ดาวิวรรณ, 2542) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มที่ผลิตกรดโดยการสลายน้ำตาลแลคโตสซึ่งมีอยู่จำนวนมากในน้ำนม ให้เป็นกรดแลคติก ซึ่งจัดว่าเป็นแลคติกแบคทีเรีย และชนิดที่สำคัญที่พบในนมหมัก ได้แก่ *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus johnsonii*, *Bifidobacterium lactis*, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium breve*

### 2.15 ประโยชน์ของแลคติกแบคทีเรียในนมหมัก

จากการศึกษาพบว่าแลคติกแบคทีเรียเป็นแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ สำหรับสัตว์ทั่วไป สัตว์น้ำ รวมถึงมนุษย์ด้วย ซึ่งแลคติกแบคทีเรียที่สำคัญ มีอยู่หลายสกุล ได้แก่ *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Lactococcus*, *Pediococcus*, *Carnobacterium*, *Aerococcus*, *Vagococcus* และ *Tetragencoccus* เป็นต้น (วรรณดี และคณะ, 2542) ซึ่งประโยชน์ของแลคติกแบคทีเรียสามารถจำแนกออกเป็น ได้หลาย ๆ ด้าน ดังนี้ คือ

#### 2.15.1 ประโยชน์ในด้านการถนอมอาหาร (Food preservative)

โดยทั่วไปแล้วแลคติกแบคทีเรียจะถูกเติมลงไปในช่วงการหมักต่างๆ เพื่อให้ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนน้ำตาลในอาหาร ไปเป็นกรดแลคติก เพื่อให้ได้อาหารหมักตามที่ต้องการ ได้แก่ ผลไม้ดอง ผักดอง น้มนมเปรี้ยว โยเกิร์ต แหนม ไข่กรอกเปรี้ยว และปลาหมักเปรี้ยวชนิดต่างๆ (ครรรชิต และคณะ, 2544; วรรณดี และคณะ, 2542) ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรค (pathogenic bacteria) และแบคทีเรียที่ทำให้อาหารเน่าเสีย (spoilage bacteria) ทำให้สามารถอาหารเก็บได้นานขึ้น (Adam and Moss, 1995; ปาริชาติ และพงศ์ศักดิ์, 2545; ยุการัตน์ และคณะ, 2541; Iton et al., 1995)

จากการศึกษาการใช้ *Lactobacillus* จำนวน 5 สายพันธุ์ ซึ่งได้แก่ *Lactobacillus casei* จำนวน 2 สายพันธุ์ *Lactobacillus acidophilus* จำนวน 2 สายพันธุ์ และ *Lactobacillus sub sp. Bulgaricus* จำนวน 1 สายพันธุ์ ที่แยกได้จากนมเปรี้ยวพร้อมดื่ม 5 ยี่ห้อ พบว่าสามารถส่งผลกระทบต่อการยับยั้งแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* และ *Salmonella typhimurium* ได้สูงถึง 61.1-75.3 เปอร์เซ็นต์, 40.5-62.1 เปอร์เซ็นต์ และ 47.9-53.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (วิลาวัณย์ และคณะ, 2539) ในทำนองเดียวกันกับการหมักหางนมด้วย แลคติกแบคทีเรียชนิด *Streptococcus lactis*, *Streptococcus cremoris*, *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* ซึ่งพบว่า

สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ แบคทีเรีย *Listeria monocytogenes* ซึ่งก่อให้เกิดโรคในอาหารได้ (กฤษณ์, 2538) และ จากการศึกษาของ ภัวัต (2544) พบว่า *Lactobacillus acidophilus* และ *Lactobacillus casei* เป็นหัวเชื้อในการผลิตนมหมักคล้ายโยเกิร์ต พบว่าสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้นาน 2 สัปดาห์ นอกจากนี้ยังได้รับการยอมรับที่ดีจากผู้บริโภคด้วย

### 2.15.2 ประโยชน์ในด้านโปรไบโอติก (probiotics)

โปรไบโอติก เป็นจุลินทรีย์ที่ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรค โดยการสร้างสารต่อต้านจุลินทรีย์ แย่งอาหารกับจุลินทรีย์อื่น แย่งพื้นที่จับกับผนังทางเดินอาหารเปลี่ยนแปลงเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์ในทางเดินอาหาร เพิ่มประสิทธิภาพของเอนไซม์ที่มีประโยชน์ เช่น  $\beta$ -galactosidase ที่ช่วยบรรเทาภาวะที่ไม่สามารถย่อยน้ำตาลแลคโตสในระบบทางเดินอาหารได้ ลดประสิทธิภาพของเอนไซม์บางชนิด เช่น  $\beta$ -galactosidase, nitroreductase และ azoreductase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับขบวนการเกิดมะเร็ง โดยปล่อยสารก่อมะเร็งในทางเดินอาหาร กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน เพิ่มระดับแอนติบอดี (วิเชียร, 2542; Ringo and Gatesoupe, 1998)

#### ลักษณะที่ดีของโปรไบโอติก

1. เป็นสายพันธุ์ที่ให้ประโยชน์ ทำให้สัตว์มีการเจริญเติบโตมากขึ้นและมีความต้านทานโรคดี
2. ไม่ทำให้เกิดโรคและไม่เป็นพิษ
3. เป็นเซลล์ที่มีชีวิตและมีจำนวนมากพอที่จะเดินทางไปจนถึงทางเดินอาหารส่วนท้ายได้
4. ทนต่อสภาพกรดในกระเพาะอาหารและน้ำดีในลำไส้แต่สามารถย่อยสลายในลำไส้ได้ดี
5. ไม่เป็นสาเหตุทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม
6. สามารถขยายการผลิตสู่ระดับการค้าได้
7. มีความคงตัวและเก็บไว้ได้นาน
8. สามารถอยู่รอดในลำไส้คนและสัตว์ได้
9. ไม่ตกค้างในซากสัตว์ (ขจันภู และคณะ, 2541; Phianphak *et al.*, 1999 ; Gomez-Gil *et al.*, 2000 ; สานธิ และลิตา, 2541)

#### ปัจจัยที่สำคัญในการคัดเลือกจุลินทรีย์เพื่อใช้เป็นโปรไบโอติก

1. จุลินทรีย์โปรไบโอติก จะต้องไม่ถูกทำลายด้วยกลไกการป้องกันตัวเองของมนุษย์หรือสัตว์
2. จุลินทรีย์นั้นจะต้องทนน้ำย่อย เช่น อะไมเลส (ย่อยแป้งเป็นน้ำตาล) ไลโซไซม์ เปปซิน (ย่อยโปรตีนเป็นกรดอะมิโน) ไลเปส (ย่อยน้ำมันเป็นกรดไขมันอิสระ) กรดในกระเพาะ ความเข้มข้นของน้ำดีในตับ และเมือกในลำไส้เล็ก

3. จุลินทรีย์นั้นจะต้องสามารถยึดเกาะผนังทางเดินอาหารภายในร่างกายมนุษย์และสัตว์ได้ เป็นเวลานานพอที่จะคอยทำหน้าที่ปกป้องสุขภาพของมนุษย์และสัตว์ให้แข็งแรงและปลอดโรค จุลินทรีย์โพรไบโอติกสามารถสร้างสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุโรคต่อมนุษย์และสัตว์ซึ่งเรียกว่า แบคเทอริโอซิน (bacteriocin) แบคทีเรียกรดแลคติก สามารถสร้างสารดังกล่าวได้ (Lara-Flores *et al.*, 2003; Ostlie *et al.*, 2003; ปรียาและสุดสาย, 2546)

โดยทั่วไปแล้วแลคติกแบคทีเรียพบว่าเป็น normal flora ในช่องปาก ลำคอ ลำไส้ ช่องคลอด ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม นอกจากนี้ยังพบว่ามีการใช้โพรไบโอติก (Probiotic) สำหรับมนุษย์และสัตว์อื่น ๆ รวมถึงสัตว์น้ำด้วย จุลินทรีย์โพรไบโอติกช่วยย่อน้ำตาลในนมทำให้การดูดซึมแลคโตซีมดีขึ้น (ธารารัตน์, 2542) การใช้นมที่มีน้ำตาลแลคโตสสูงเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญสำหรับลูกสุกร ซึ่งจะไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของลูกสุกร ซึ่งนับได้ว่าเป็นข้อดีของการใช้นมหมักกรด (วชิรา, 2544)

### 2.15.3 ประโยชน์ในด้านการเจริญเติบโต (growth)

การใช้นมหมักสำหรับเสริมในอาหารของสัตว์ได้มีรายงานไว้ในสัตว์บางชนิด โดย รุ่งอรุณ (2546) การศึกษาในเป็ดกาก็แคมป์เบลล์ โดยใช้นมหมักกรด อะซิติก (98 เปอร์เซ็นต์) ในอัตราส่วนน้ำนมดิบ 1 ลิตร/กรดอะซิติก 2 ซีซี ที่ระดับ 0, 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เสริมลงไปในการอาหารของเป็ดจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของเป็ดดังกล่าวโดยพบว่าการผสมนมหมักกรดจะส่งผลทำให้โภชนาในอาหารเพิ่มขึ้น และประสิทธิภาพการย่อยอาหาร และการใช้อาหารของเป็ดดีขึ้น เพียงพอกับความต้องการของเป็ดอายุ 4 – 9 สัปดาห์ โดยเฉพาะโปรตีน และไขมันซึ่งต้นทุนอาหารในแต่ละสูตร จะอยู่ที่ 9.70, 7.13 และ 5.76 บาท/กิโลกรัม ตามลำดับ จากการศึกษาของไพพลีย์ และสมพร (2544) ในสัตว์ปีก โดยศึกษาการใช้ประโยชน์จากน้ำนมดิบที่ผลิตได้จากแม่โคที่มีปัญหาเกี่ยวกับโรคเต้านมอักเสบและน้ำนมที่ไม่ผ่านการทดสอบแอลกอฮอล์ ซึ่งไม่สามารถจำหน่ายได้ แล้วนำมาผ่านขบวนการหมักโดยใช้กรดอะซิติก แล้วนำไปเลี้ยงลูกโคในระยะที่ผ่านการกินนมมาแล้ว 7 วัน) ไปแล้วจนถึงระยะหย่านม ซึ่งพบว่าส่งผลต่อการเจริญเติบโตของลูกโคเฉลี่ยวันละ 700 กรัม โดยไม่ก่อให้เกิดอาการท้องเสีย

### 2.15.4 ประโยชน์ด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (aquaculture)

จากการศึกษาของ วนิดา (2545) การใช้นมหมักกรดเป็นเวลา 4 วัน ที่ระดับความเข้มข้นของนม 5 มิลลิลิตร / น้ำ 1 ลิตร ในการเพาะเลี้ยงไรแดงซึ่งเป็นอาหารมีชีวิตที่มีความสำคัญสำหรับลูกปลาวัยอ่อน จะส่งผลให้ผลผลิตของไรแดงสูงขึ้น โดยพบว่าการเลี้ยงไรแดงด้วยนมหมักกรดสามารถเลี้ยงในห้องหรือในที่ร่มได้ โดยที่ไม่ต้องหมักอาหารสำหรับทำน้ำเขียวก่อนการเลี้ยง ซึ่งจะเป็นการลดต้นทุนในการเลี้ยงไรแดงลงได้ การเพาะฟักลูกกุ้งมักประสบปัญหาของการติดเชื้อแบคทีเรียอยู่เสมอซึ่งส่งผลกระทบต่อผลผลิตของลูกกุ้งและสร้างความเสียหายต่อธุรกิจดังกล่าวมาก เนื่องจากยาที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการรักษาเชื้อดังกล่าว ซึ่งได้แก่ Chloramphenicol เป็นต้น

ได้ถูกห้ามใช้แล้ว ในปัจจุบันดังนั้นจึงได้มีความพยายามในการนำเอาโปรไบโอติกมาใช้อย่างแพร่หลาย การใช้แบคทีเรีย *Lactobacillus* sp. 2 ชนิด คือ *Staphylococcus* sp. และ *Bacillus subtilis* เป็นโปรไบโอติกในการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* Fabricius) โดยการเติมเชื้อดังกล่าวลงในน้ำที่ใช้อนุบาลลูกกุ้ง พบว่าสามารถต่อต้านการติดเชื้อ *Vibrio* spp. ซึ่งทำให้เกิดโรคจุดขาว (white spot disease) ในลูกกุ้ง และเชื้อ *Escherichia coli* ได้ (Jiravanichpaisal *et al.*, 1997) และจากการศึกษาใช้แบคทีเรียที่แยกได้จากบ่อเลี้ยงสัตว์จำพวก crustacean แล้วนำไปเติมลงในน้ำที่ใช้เลี้ยงลูกปู (*Portunus trituberulatus*) ในระยะ larvae พบว่าสามารถทำให้การเจริญเติบโตของปูดังกล่าวเพิ่มขึ้น ระวังการเจริญของเชื้อโรคอื่นได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คือ *Vibrio* spp และส่งผลให้ผลผลิตและอัตราการรอดตายของลูกปูสูงขึ้นด้วย (Nogami and Maeda, 1992) นอกจากนี้จากการศึกษากุ้งก้ามกรามโดยใช้จุลินทรีย์ที่แยกได้จากระบบทางเดินอาหาร จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* และ *Pseudomonas aeruginosa* พบว่ามีเพียง *Pseudomonas aeruginosa* ชนิดเดียวเท่านั้นที่สังเกตเห็นถึง clear zone inhibition ที่มีต่อเชื้อ *Aeromonas hydrophila* ซึ่งก่อโรคในกุ้งดังกล่าว แต่เมื่อผสมจุลินทรีย์ทั้ง 5 ชนิดในอาหารและใช้เลี้ยงกุ้งที่มีอายุ 45-120 วัน พบว่าส่งผลให้อัตราการรอดตายของกุ้งเพิ่มสูงขึ้น (ตะเนตร, 2545) และจากการศึกษาในกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) โดยการใช้ *Lactobacillus* ที่แยกได้จากช่องว่างลำไส้ของไก่จำนวนหลายชนิดและหลายสายพันธุ์ ผสมกับอาหารสำเร็จรูป และใช้เลี้ยงกุ้งเป็นเวลา 100 วัน พบว่าสามารถส่งผลต่อการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น และเพิ่มอัตราการรอดตายของกุ้ง (วรรณิภาและคณะ, 2542)

ประโยชน์ของแบคทีเรียต่างๆ มีต่อการเพาะเลี้ยงซึ่งมีการศึกษาไว้ค่อนข้างหลากหลาย ในทำนองเดียวกันประโยชน์ของแลคติกแบคทีเรียซึ่งพบในนมหมัก (fermented milk) ก็ได้มีการรายงานไว้เช่นกัน กล่าวคือ ได้มีการใช้แลคติกแบคทีเรียซึ่งอยู่ในนมหมักเป็น adjuvant ในการทำวัคซีนต่อต้านเชื้อ *Vibrio cholerae* (Portier *et al.*, 1993)

## 2.16 การควบคุมการหมักในอาหาร (controlling fermentation in foods)

ปัจจัยที่มีผลต่อการควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์ในการหมักอาหารประกอบด้วย กรด แอลกอฮอล์ การใช้หัวเชื้อ อุณหภูมิ ออกซิเจน และเกลือ โดยที่ปัจจัยเหล่านี้ จะบ่งถึงชนิดของจุลินทรีย์ ซึ่งอาจเจริญในอาหารหมักในช่วงของการเก็บรักษา(วราวุฒิ, 2538) .

### 2.16.1 กรดอินทรีย์ (organic acid)

กรดอินทรีย์คือกรดที่ได้จากธรรมชาติ จากพืช สัตว์ หรือจุลินทรีย์ โครงสร้างทางเคมีจะประกอบด้วย หมู่คาร์บอกซิล [( carboxyl), -COOH] ในพันธะ หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า กรดคาร์บอกซิลิก (carboxylic) เช่น กรดฟอร์มิก, กรดอะซิติก, กรดเบนโซอิก

กรดอินทรีย์จะแตกต่างจากกรดอินทรีย์ตรงที่กรดอินทรีย์เป็นกรดที่ได้จากแร่ธาตุมีฤทธิ์กัดกร่อนรุนแรงก่อนข้างอันตราย หากนำมาใช้ภายในสิ่งมีชีวิต เช่น กรดซัลฟิวริก กรดไนตริก การใช้กรดอินทรีย์จะช่วยแก้ปัญหาเรื่องการติดเชื้อในลำไส้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากกรดอินทรีย์สามารถเพิ่มความเป็นกรดภายในลำไส้ และสามารถกำจัดเชื้อแบคทีเรีย, รา และ โปรโตซัว ที่ก่อโรคในทางเดินอาหารรวมถึงในอาหารซึ่งคุณสมบัติในข้อนี้เองที่ทำให้กรดอินทรีย์เหนือกว่ากรดอินทรีย์ และยังช่วยในด้านลดการใช้ยาปฏิชีวนะในการกำจัดเชื้อก่อโรคได้อีกด้วย รวมทั้งกรดอินทรีย์เป็นกรดที่ได้จากธรรมชาติ จึงไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ไม่มีสารตกค้าง ซึ่งจะตรงกับกระแสความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบัน (เทวี, 2545; นฤดม, 2545)

### 2.16.2 การทำงานของกรดอินทรีย์

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า กรดอินทรีย์จะทำหน้าที่หลักสองอย่าง คือการเพิ่มความเป็นกรดในลำไส้ และกำจัดเชื้อก่อโรคในลำไส้ ซึ่งกลไกการทำงานของกรดอินทรีย์ที่แก้ปัญหาการติดเชื้อจะสามารถอธิบายได้คร่าวๆ ดังนี้(ณรงค์, 2546)

1. การเพิ่มความเป็นกรดภายในลำไส้ กรดอินทรีย์จะสามารถเพิ่มความเป็นกรดภายในลำไส้ของกุ้งได้ เมื่อมีการผสมกรดอินทรีย์ในสัดส่วนที่เหมาะสมลงในอาหารกุ้ง เมื่อลำไส้มีสภาพเป็นกรดอ่อนๆ แม้ในขณะที่กินอาหาร จะทำให้เชื้อก่อโรคที่ฉวยโอกาสเข้ามากับอาหารไม่สามารถเจริญเติบโตได้ เนื่องจากในธรรมชาติเชื้อก่อโรคเหล่านี้จะไม่สามารถทนต่อสภาวะความเป็นกรดภายในลำไส้ได้ ทำให้เชื้อตายลง หรือเจริญเติบโตไม่ต่อเนื่อง ในกรณีนี้นับว่าเป็นกรดภายในลำไส้ยังจะทำให้เอนไซม์ น้ำย่อยต่างๆ ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งเป็นผลดีต่อจุลินทรีย์โปรไบโอติกที่เป็นเชื้อประจำถิ่นภายในลำไส้อยู่แล้ว ส่งผลต่ออัตราการย่อย และดูดซึมที่จะเพิ่มขึ้น ทำให้กุ้งเจริญเติบโตได้ดีขึ้น

2. การกำจัดเชื้อก่อโรคภายในลำไส้ นอกจากการเพิ่มความเป็นกรดในลำไส้แล้ว ความสามารถในการทำลายเชื้อก่อโรคยังเป็นคุณสมบัติพิเศษที่สำคัญของกรดอินทรีย์ โดยกรดอินทรีย์จะรบกวนการสังเคราะห์ โปรตีนที่ผนังเซลล์ ของเชื้อแบคทีเรีย รวมทั้งยังเข้าไปทำลายเชื้อจากภายในเซลล์ของเชื้อด้วย เนื่องจากกรดอินทรีย์ที่เป็นกรดไขมันที่ระเหยได้ (Volatile fatty acid) มักจะมีโมเลกุลเล็ก สามารถซึมผ่านผนังเซลล์แบคทีเรียแกรมลบที่ก่อโรคได้ดี (ณรงค์, 2546; เทวี, 2545)

### 2.16.3 กรดอะซิติก (acetic acid)

กรดอะซิติก หรือกรดเอทานอิก (ethanoic acid) เป็นกรดที่มีลักษณะเป็นของเหลวใส หรือผลึกมีกลิ่นฉุนเฉพาะตัวรวมตัวกับน้ำหรือแอลกอฮอล์หรืออีเทอร์ได้ดีกรดอะซิติกเป็นส่วนประกอบหลักของน้ำส้มสายชู ในอุตสาหกรรมอาหารมีการใช้น้ำส้มสายชูกันมาก สำหรับวัตถุประสงค์ ในการใช้ ส่วนใหญ่เพื่อเป็นสารให้กลิ่น รส หรือเพื่อเน้นกลิ่นรส หรือเพิ่มความเป็นกรดให้อาหาร ช่วยควบคุมความเป็นกรด-ด่าง หรือช่วยยืดอายุการเก็บของอาหาร กรดอะซิติกมี

ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย และเราได้คิดว่ายีสต์ จึงได้มีการนำมาใช้ในการยีสต์อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ขนมปังและผลิตภัณฑ์ขนมอบชนิดที่ทำให้ขึ้นฟูโดยใช้ยีสต์ นอกจากนี้ยังมีการนำมาใช้ยีสต์อายุการเก็บอาหารของทารกแทนกรดแลคติกด้วย กรณีมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ถึงแม้ว่าจะเป็นกรดที่ถูกเติมลงไป ในอาหาร หรือเป็นกรดที่มีอยู่ในส่วนประกอบของอาหาร หรือกรดที่ถูกสร้างขึ้นมาจากการหมักก็ตาม อย่างไรก็ตามถ้าความเข้มข้นของกรดเพียงพอ จะมีผลต่อการทำลายจุลินทรีย์ แต่ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของกรดและชนิดของจุลินทรีย์ (ณรงค์, 2546; ศิวาพร, 2546)

ในกรณีของอาหารที่ไม่มีกรดอยู่ในส่วนประกอบของอาหาร จำเป็นต้องเติมกรดหรือให้มีการสร้างกรดจากการหมักโดยตรง ทั้งนี้ต้องก่อนที่จะเกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ ส่วนในอาหารที่มีกรดอยู่อาจเรียกได้ว่าอยู่ในสภาวะของการถนอมอาหาร แต่ถ้าสภาพแวดล้อมของอาหารนั้นมีออกซิเจนอยู่เพียงพอที่ทำให้เชื้อราสามารถเจริญขึ้นที่ผิวของอาหาร และใช้กรดเป็นแหล่งคาร์บอนสำหรับการเจริญเติบโต ทำให้ผลของกรดที่มีต่อการถนอมอาหารลดลง ซึ่งต่อมาอาจมีการเจริญของ แบคทีเรีย ซึ่งก่อให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหารยิ่งขึ้น

การเปลี่ยนแปลงของกรดต่อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหาร เช่น ในกรณีของการหมักน้ำนมดิบแบบธรรมชาติ โดยทั่วไปน้ำนมดิบจะปนเปื้อนด้วยจุลินทรีย์หลายชนิด ในช่วงแรกซึ่งเป็นช่วงสั้นๆ หลังจากรีดนมมา น้ำนมดิบที่ได้จะไม่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (ช่วงนี้เรียกว่า germicidal action) หลังจากนั้นแบคทีเรีย *Streptococcus lactis* จะเจริญเด่นขึ้นมาและสร้างกรดแลคติกขึ้นมาในน้ำนม จนในที่สุดความเป็นกรดที่เกิดขึ้นในน้ำนมจะกลับไปยับยั้งการเจริญของเชื้อชนิดนี้ ต่อมาแบคทีเรียในกลุ่ม *Lactobacillus* ซึ่งมักพบในนม และมีคุณสมบัติในการทนต่อกรดได้ดีกว่า *Streptococcus lactis* จะเจริญเด่นขึ้นมาแทนและจะสร้างกรดออกมาอีกจนกระทั่งตัวมันเองไม่สามารถเจริญได้อีกต่อไป เนื่องจากความเป็นกรดที่ตัวมันสร้างขึ้นมานั่นเอง ในสภาพของน้ำนมที่มีความเป็นกรดสูงในช่วงนี้ *Lactobacilli* จะตายไปเรื่อย แต่เชื้อยีสต์และเชื้อราจะใช้กรดเป็นแหล่งคาร์บอน ส่วนยีสต์จะสร้างผลิตภัณฑ์ที่เป็นค้าง ซึ่งเกิดการปนเปื้อนด้วยแบคทีเรีย ซึ่งจะก่อให้เกิดการเน่าเสียต่อไป (ณรงค์, 2546)

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาเรื่องผลของนมหมักกรดต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลานิลเพศผู้ในกระชัง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลานิลที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารผสมนมหมักกรดระดับต่างๆ ซึ่งวิธีการดำเนินการศึกษามีดังนี้

#### 3.1 การเตรียมวัสดุอุปกรณ์

##### 3.1.1 อุปกรณ์ในการเลี้ยงปลานิล

- กระชังทดลอง จำนวน 16 กระชัง
- ลูกปลานิลสายพันธุ์จิตรลดา 3 น้ำหนักเฉลี่ย 7.007 กรัม (อายุ 60 วัน) จำนวน 3200 ตัว
- เครื่องให้อากาศ
- เครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำ
- เครื่องมือในการชั่งวัดขนาดและน้ำหนักปลา
- วัตถุดิบประกอบสูตรอาหาร
- เครื่องอัดเม็ดอาหาร

##### 3.1.2 การเตรียมกระชัง

กระชังทดลองจำนวน 16 กระชัง ใช้เหล็กขนาด 1 นิ้ว ประกอบเป็นโครงกระชัง ใ้ถึง 200 ลิตร ทำเป็นท่อนลอย กระชังมี 2 ชั้น ชั้นในที่เลี้ยงปลาทดลอง ทำด้วยมุ้งเขียว ขนาด 2 X 2 X 1.5 ม. (กระชังจมน้ำ 1 เมตร) กระชังชั้นนอกทำด้วยอวนไนลอนขนาดตา 1.00 นิ้ว

##### 3.1.3 การเตรียมปลาทดลอง

โดยใช้ปลานิลแปลงเพศเป็นเพศผู้ทั้งหมด สายพันธุ์จิตรลดา 3 โดยปล่อยในกระชัง อัตรา 50 ตัว/ ลูกบาศก์เมตร (200 ตัว/กระชัง) ทำการเลี้ยงให้ปลาคุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมเป็นเวลา 7 วัน โดยใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูป 25 เปอร์เซนต์โปรตีน เลี้ยงจนปลาอมรับอาหารแล้วจึงเริ่มให้อาหารทดลองและเก็บข้อมูล

##### 3.1.4 การเตรียมอาหารทดลอง

โดยการทำอาหารขึ้นเอง ให้มีโปรตีน ที่ระดับ 25 เปอร์เซนต์ อาหารที่เตรียมมีการวิเคราะห์โภชนา ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า ความชื้น ด้วยวิธีของ kjeldahl วัตถุดิบประกอบสูตรอาหาร ใช้วัตถุดิบที่มีในท้องถิ่น

- ลดขนาดของวัตถุดิบที่เป็นส่วนผสมของสูตรอาหาร โดยการนำมาบด ด้วยเครื่องบดอาหาร

- เตรียมอาหารทดลอง โดยชั่งส่วนประกอบของวัตถุดิบ ตามตารางที่ 3.1 และนำวัตถุดิบอาหารที่ผสมแล้ว มาทำการอัดเม็ด
- นำอาหารที่อัดเม็ดแล้วไปตากแดด หรืออบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส
- สุ่มวัตถุดิบอาหารแต่ละสูตรไปหาส่วนประกอบทางโภชนะ ก่อนนำไปเลี้ยงสัตว์ทดลอง

ตารางที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบสูตรอาหารนมหมักกรดระดับต่างๆในการเลี้ยงปลานิล

วัตถุดิบ (เปอร์เซ็นต์โปรตีน)	ปริมาณวัตถุดิบ(กิโลกรัม)ที่ผสมในอาหารนมหมักกรดระดับต่างๆ			
	0 เปอร์เซ็นต์	10 เปอร์เซ็นต์	20 เปอร์เซ็นต์	30 เปอร์เซ็นต์
ปลาป่น (59.10)	12	12	12	12
กากถั่วเหลือง (44.12)	28	23.7	23.5	23
กากเมล็ดปาล์ม (17.94)	5	5	5	5
รำละเอียด (14.38)	23	31	30	30.1
ข้าวโพด (7.74)	18	15.2	15.3	15.6
ปลายข้าว (7.50)	12	10	10	9
น้ำมันพืช	1	1	1	1
วิตามินและเกลือแร่	1	1	1	1
นมหมักกรด (21)*	0	1.1 (10)**	2.2 (20)**	3.3 (30)**
รวม	100	100	100	100

หมายเหตุ \* คิดจากสิ่งแห้ง

\*\* ตัวเลขในวงเล็บคิดจากน้ำหนักสดของนมหมักกรด

วิธีการทำนมหมักกรด (ไพบูลย์ และสมพร, 2544)

อุปกรณ์

1. กรดน้ำส้มสายชู (Acetic acid) 98%
2. น้ำนมดิบจากแม่โคที่เป็นโรคเต้านมอักเสบ หรือน้ำนมดิบที่ไม่ผ่านการทดสอบแอลกอฮอล์
3. ถุงพลาสติก ขนาดความจุ 1 กก.
4. กระบอกลดขนาด 5 มิลลิลิตร
5. ถ้วยตวง หรือเครื่องชั่ง
6. หนั่งยาง

## วิธีการทำ

1. ตวงน้ำนมดิบ จำนวน 1 ลิตร หรือ 1 กก.
2. เหน้ำนมดิบที่ตวงไว้ใส่ลงในถุงพลาสติก ควรใส่ถุงพลาสติก 2 ชั้น
3. ใช้กระบอกฉีดยา ฉีดกรดน้ำส้มสายชูเข้มข้น จำนวน 2 มิลลิลิตร
4. หยอดกรดน้ำส้มสายชูเข้มข้นลงในถุงน้ำนมดิบที่เตรียมไว้
5. มัดปากถุงน้ำนมดิบให้แน่น โดยใส่อากาศออกให้หมด
6. เขย่าถุงเล็กน้อยให้น้ำกรดกระจาย
7. เก็บไว้นาน 5 วัน ในอุณหภูมิปกติ จึงนำไปใช้ได้

### 3.2 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ สุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) โดยแบ่งการทดลอง ดังนี้คือ

การเลี้ยงปลานิลเพศผู้ในกระชัง ด้วยสูตรอาหารที่มีระดับ โปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ โดยแบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลองๆละ 4 ซ้ำ ดังนี้

อาหารสูตรที่ 1 ชุดควบคุม (ไม่ใส่หมักกรด)

อาหารสูตรที่ 2 ใช้หมักกรดในระดับ 10 เปอร์เซ็นต์

อาหารสูตรที่ 3 ใช้หมักกรดในระดับ 20 เปอร์เซ็นต์

อาหารสูตรที่ 4 ใช้หมักกรดในระดับ 30 เปอร์เซ็นต์

### 3.3 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

1. จับสลากเพื่อสุ่มกระชัง
2. สุ่มนับลูกปลาที่แข็งแรงใส่ลงในกระชังที่เตรียมไว้ ในอัตรา 200 ตัว/กระชัง
3. การเตรียมอาหารปลา ซึ่งใช้หมักกรดในสูตรอาหารปลาโดยใช้สูตรอาหารปลา 4 สูตรที่จัดทำขึ้น โดยให้อาหารวันละ 2 ครั้ง เวลา 09.00 น. และ 16.00 น. โดยให้อาหาร 5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนัก
4. ตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิ, ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ, ความเป็นกรดเป็นด่าง, แอมโมเนีย
5. ตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำทุก 2 สัปดาห์ ได้แก่ อุณหภูมิ, ปริมาณออกซิเจน, ความเป็นกรดเป็นด่าง, แอมโมเนีย
6. ตรวจสอบการเจริญเติบโตและอัตราการตายของปลาทุก 2 สัปดาห์
7. ใช้เวลาในการทดลอง 4 เดือน

### 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จะศึกษาผลการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ตามวิธีของ เวียง (2542) ดังนี้คือ การศึกษาอัตราการเจริญเติบโต คำนวณได้จาก

$$\text{น้ำหนักตัวเฉลี่ย (average weight) } W = \sum W/N$$

$$\text{ความยาวตัวเฉลี่ย (average length) } L = \sum L/N$$

$$\text{น้ำหนักตัวเพิ่มต่อวัน (daily weight gain) } DWG = (W_F - W_I)/D$$

$$\text{อัตราการรอดตาย (survival rate) } SR = N_F/N_I \times 100$$

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion ratio ; FCR)

$$FCR = W_{FEED} / (W_F - W_I)$$

กำหนดให้

D	=	จำนวนวัน
L	=	ความยาว (เซนติเมตร)
L	=	ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร)
N	=	จำนวนปลา
N <sub>F</sub>	=	จำนวนปลาครั้งสุดท้าย (ตัว)
N <sub>I</sub>	=	จำนวนปลาเริ่มต้น (ตัว)
W	=	น้ำหนัก (กรัม)
W	=	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)
W <sub>F</sub>	=	น้ำหนักครั้งสุดท้าย (กรัม)
W <sub>I</sub>	=	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)
W <sub>FEED</sub>	=	น้ำหนักของอาหารทั้งหมดที่ใช้เลี้ยง (กรัม)
SR	=	อัตราการรอด (เปอร์เซ็นต์)
DWG	=	น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (กรัม)
FCR	=	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติ โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple rang test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรม SAS (มนต์ชัย, 2544)

### 3.5 สถานที่ทำการทดลอง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร ม. 6 ตำบล  
ชุมโค อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร 86160



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลและการวิจารณ์ผลการวิจัย

การทดลอง การเลี้ยงปลานิลเพศผู้ในกระชัง ด้วยสูตรอาหารที่ผสมนมหมักกรดระดับต่างๆ

#### 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนา

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาของอาหาร พบว่าปลานิลกินอาหารสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 ได้รับปริมาณ โปรตีนในช่วง 25.04-25.07, ไขมัน 7.35-9.12, เยื่อใย 5.08-5.37, เถ้า 7.98-8.25 และ ความชื้น 6.51-6.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงใน ตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์ประกอบโภชนาของสูตรอาหารเลี้ยงปลานิล

ระดับนมหมัก (เปอร์เซ็นต์)	โปรตีน (เปอร์เซ็นต์)	ไขมัน (เปอร์เซ็นต์)	เยื่อใย (เปอร์เซ็นต์)	เถ้า (เปอร์เซ็นต์)	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)
0	25.05	7.35	5.37	7.98	6.51
10	25.06	8.93	5.29	8.25	6.76
20	25.07	8.92	5.12	8.16	6.59
30	25.04	9.12	5.08	8.07	6.63

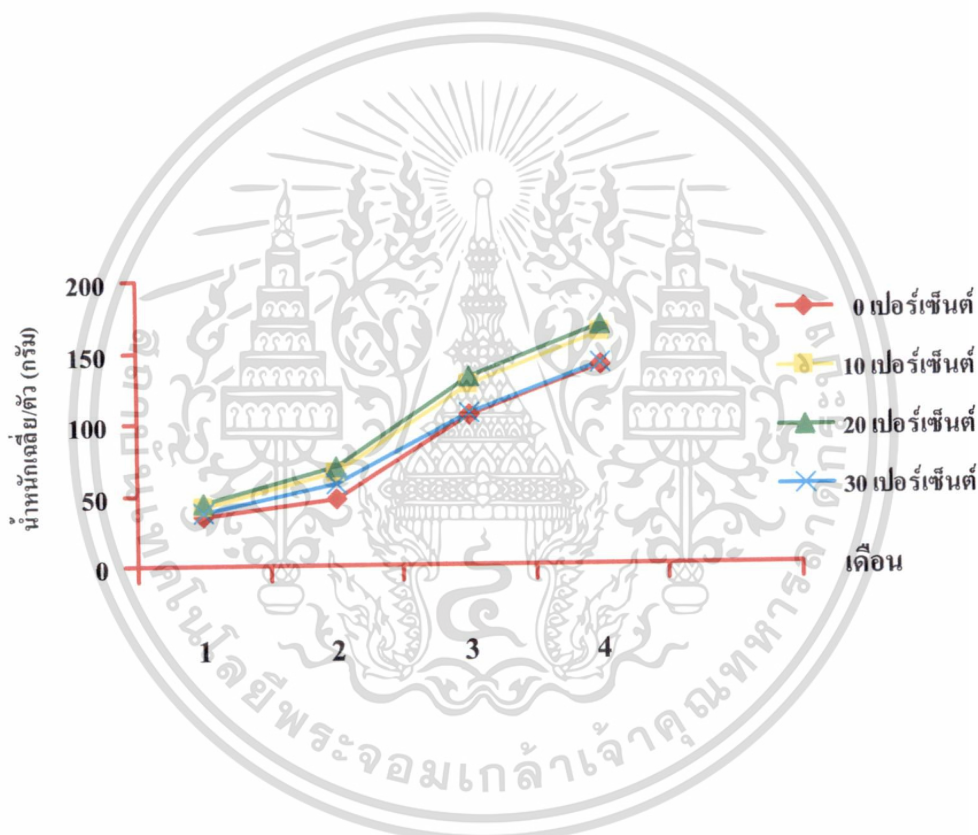
#### 4.2 การเจริญเติบโตด้านน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย (average weight gain)

น้ำหนักเริ่มต้นของปลานิลเฉลี่ยเท่ากับ 7.0072 กรัม/ตัว เลี้ยงเป็นระยะเวลา 4 เดือน เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารระดับนมหมักกรด 20 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักดีที่สุด คือมีน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยเท่ากับ 168.1355 กรัม รองลงมาได้แก่ ปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารระดับนมหมักกรด 10, 30 และ 0 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยเท่ากับ 163.0255, 141.2030 และ 139.4655 กรัม ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าระดับของนมหมักกรดที่ผสมในอาหารมีผลต่อการเจริญเติบโตของปลานิลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารระดับนมหมักกรด 20 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักดีที่สุดแตกต่าง ( $p < 0.05$ ) จากปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารระดับนมหมักกรด 30 และ 0 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างจากอาหารระดับนมหมักกรด 10 เปอร์เซ็นต์ และปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารระดับนมหมักกรด 30 และ 0 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แสดงในตารางที่ 4.2 และ รูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.2 แสดงน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมนมหมักกรดระดับต่างๆ

ระดับนมหมัก (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักเฉลี่ย เริ่มต้น (กรัม/ตัว)	น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย ( กรัม/ตัว )			
		เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3	เดือนที่ 4
0	7.0072 ± 0.1303	35.3005±6.1415 <sup>a</sup>	47.1330±3.7586 <sup>b</sup>	105.8830±0.9589 <sup>b</sup>	139.4655±3.4482 <sup>b</sup>
10	7.0072 ± 0.1303	41.1430±1.8382 <sup>a</sup>	65.4205±5.2737 <sup>a</sup>	127.1650±9.1306 <sup>a</sup>	163.0255±9.5642 <sup>a</sup>
20	7.0072 ± 0.1303	44.2705±5.4695 <sup>a</sup>	69.3380±2.7850 <sup>a</sup>	131.4630±11.2374 <sup>a</sup>	168.1355±20.3986 <sup>a</sup>
30	7.0072 ± 0.1303	37.9980±9.3119 <sup>a</sup>	56.9130±15.4741 <sup>ab</sup>	106.4180±20.4014 <sup>b</sup>	141.2030±16.5271 <sup>b</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a b c กำกับต่างกัน ในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ )



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงน้ำหนักเฉลี่ยของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมนมหมักกรดระดับต่างๆ

หมายเหตุ เดือน 0 คือ เริ่มต้นการทดลองลูกปลานิลมีอายุ 60 วัน

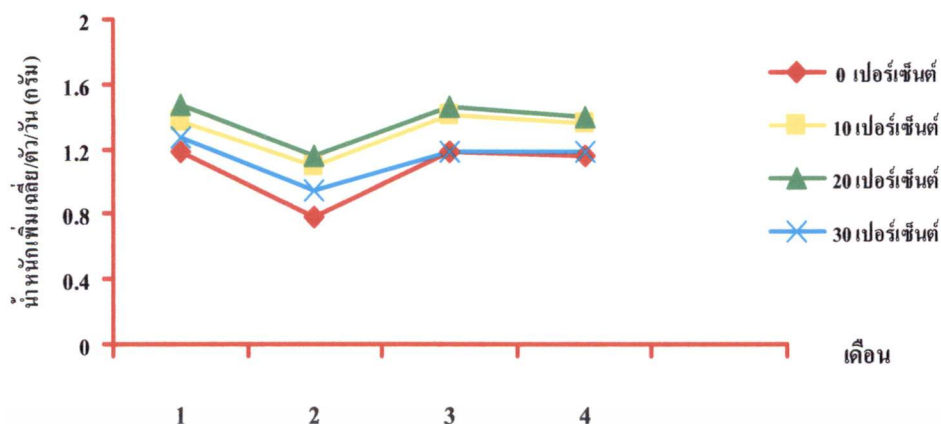
### 4.3 การเจริญเติบโตด้านน้ำหนักเพิ่มต่อวัน (daily weight gain)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารระดับนมหมักกรด 20 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันที่ดีที่สุด มีน้ำหนักเท่ากับ 1.4010 กรัม รองลงมาได้แก่ ปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารระดับนมหมักกรด 10 , 30 และ 0 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 1.3585 , 1.1766 และ 1.1621 กรัม ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าระดับของนมหมักกรดที่ผสมในอาหารมีผลต่อการเจริญเติบโตของปลานิลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารระดับนมหมักกรด 20 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักดีที่สุดแตกต่าง ( $p < 0.05$ ) จากปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารระดับนมหมักกรด 30 และ 0 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่าง จากอาหารระดับนมหมักกรด 10 เปอร์เซ็นต์ และปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารระดับนมหมักกรด 30 และ 0 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แสดงในตารางที่ 4.3 และ รูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.3 แสดงน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมนมหมักกรดระดับต่าง ๆ

ระดับนมหมัก (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักเฉลี่ย เริ่มต้น (กรัม/ตัว)	น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย ( กรัม/ตัว/วัน )			
		เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3	เดือนที่ 4
0	7.0072 ± 0.1303	1.1766±0.2047 <sup>a</sup>	0.7855±0.0626 <sup>b</sup>	1.1764±0.0106 <sup>b</sup>	1.1621±0.0287 <sup>b</sup>
10	7.0072 ± 0.1303	1.3714±0.0612 <sup>a</sup>	1.0903±0.0878 <sup>a</sup>	1.4128±0.1014 <sup>a</sup>	1.3585±0.0797 <sup>a</sup>
20	7.0072 ± 0.1303	1.4756±0.1823 <sup>a</sup>	1.1555±0.0464 <sup>a</sup>	1.4606±0.1248 <sup>a</sup>	1.4010±0.1699 <sup>a</sup>
30	7.0072 ± 0.1303	1.2665±0.3103 <sup>a</sup>	0.9485±0.2579 <sup>ab</sup>	1.1824±0.2266 <sup>b</sup>	1.1766±0.1376 <sup>b</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a b c กำกับต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ )



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมนมหมักกรดระดับต่างๆ

หมายเหตุ เดือน 0 คือ เริ่มต้นการทดลองลูกปลานิลมีอายุ 60 วัน

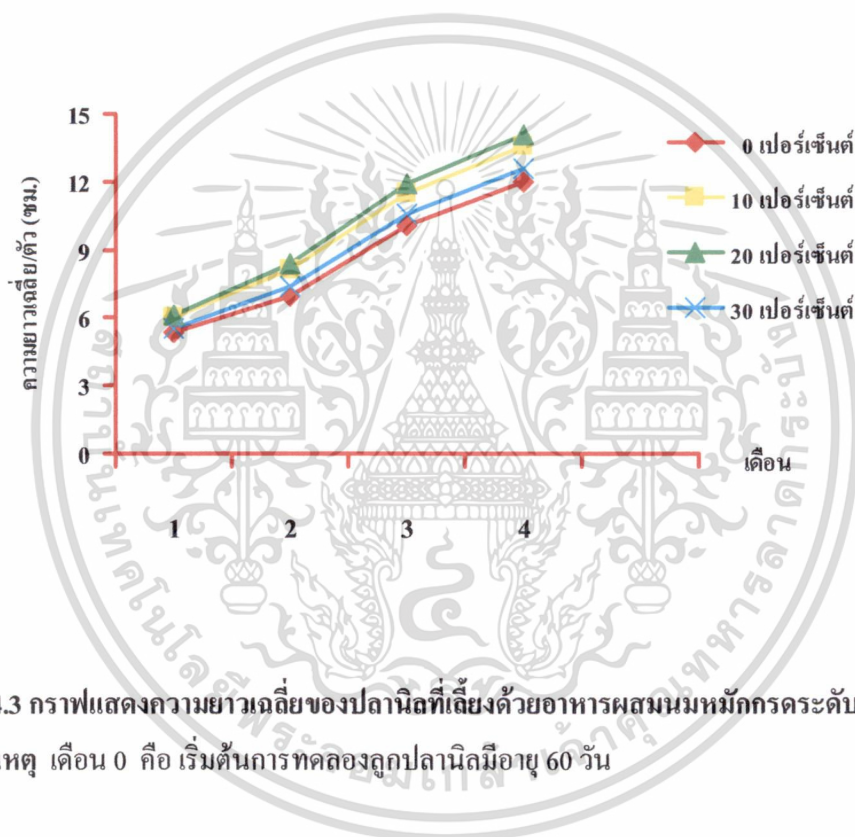
#### 4.4 การเจริญเติบโตด้านความยาวเพิ่มเฉลี่ย (average length gain)

ความยาวเริ่มต้นปลานิลเฉลี่ยเท่ากับ 7.4430 เซนติเมตร/ตัว เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารระดับนมหมักกรด 20 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตด้านความยาวดีที่สุด คือมีความยาวเพิ่มเฉลี่ยเท่ากับเท่ากับ 14.0795 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารระดับนมหมักกรด 10 , 30 และ 0 เปอร์เซ็นต์ มีความยาวเพิ่มเฉลี่ยเท่ากับ 13.5345 , 12.5970 และ 12.0170 เซนติเมตรตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ระดับของนมหมักกรดที่ผสมในอาหารมีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความยาวของปลานิลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารระดับนมหมักกรด 20 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตด้านความยาวดีที่สุดแตกต่าง ( $p < 0.05$ ) จากปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารระดับนมหมักกรด 30 และ 0 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างจากอาหารระดับนมหมักกรด 10 เปอร์เซ็นต์ และปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารระดับนมหมักกรด 30 และ 0 เปอร์เซ็นต์ มีความยาวเพิ่มเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แสดงในตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.3 , 4.4 และ 4.5

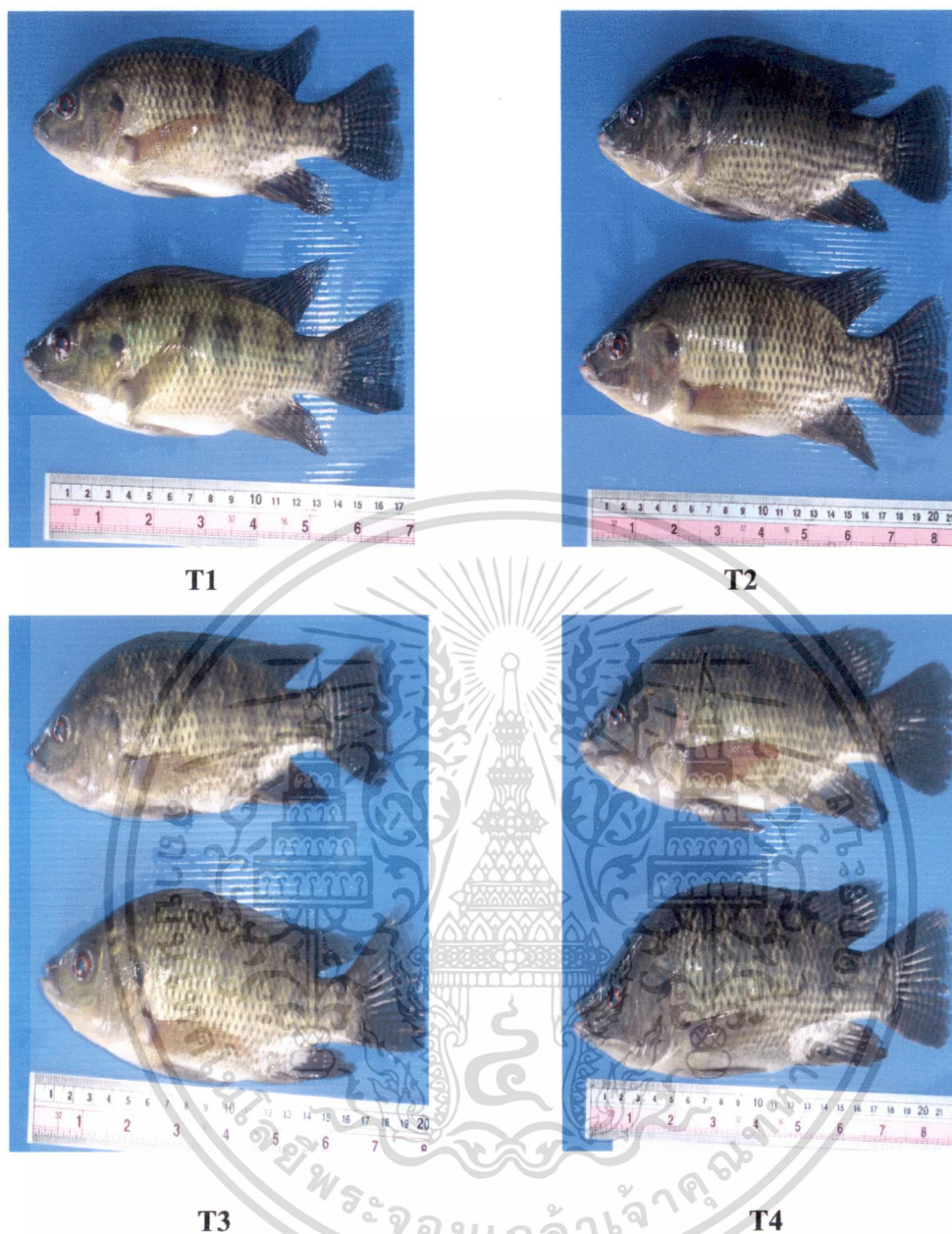
ตารางที่ 4.4 แสดงความยาวเพิ่มเฉลี่ยของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมนมหมักกรดระดับต่างๆ

ระดับนมหมัก (เปอร์เซ็นต์)	ความยาวเฉลี่ย เริ่มต้น (ซม./ตัว)	ความยาวเพิ่มเฉลี่ย ( ซม./ตัว )			
		เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3	เดือนที่ 4
0	7.4430 ± 0.1643	5.3220±0.3383 <sup>a</sup>	6.9620±0.5274 <sup>c</sup>	10.0870±0.7497 <sup>c</sup>	12.0170±0.9024 <sup>c</sup>
10	7.4430 ± 0.1643	6.0220±0.3527 <sup>a</sup>	8.0870±0.2672 <sup>ab</sup>	11.4645±0.2115 <sup>ab</sup>	13.5345±0.5356 <sup>ab</sup>
20	7.4430 ± 0.1643	6.1520±0.4930 <sup>a</sup>	8.3920±0.2921 <sup>a</sup>	11.8870±0.3347 <sup>a</sup>	14.0795±0.8212 <sup>a</sup>
30	7.4430 ± 0.1643	5.5720±0.7816 <sup>a</sup>	7.3495±0.9684 <sup>bc</sup>	10.5520±1.4084 <sup>bc</sup>	12.5970±0.8263 <sup>bc</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a b c กำกับต่างกัน ในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ )



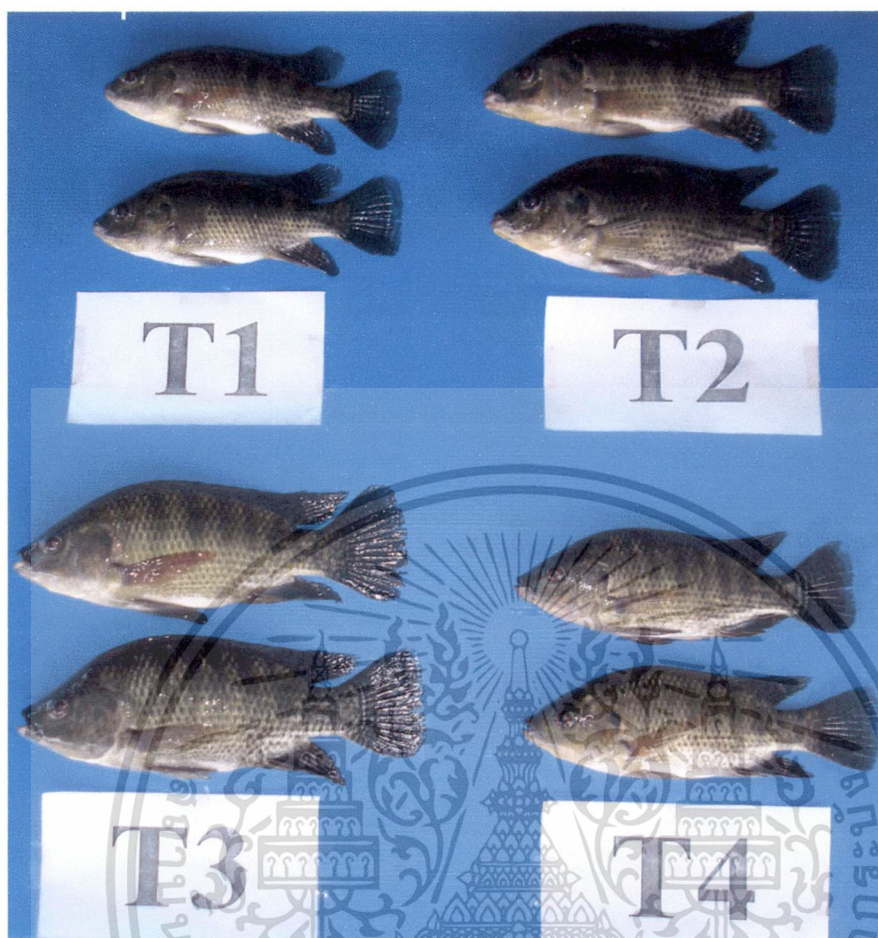
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความยาวเฉลี่ยของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมนมหมักกรดระดับต่างๆ  
หมายเหตุ เดือน 0 คือ เริ่มต้นการทดลองลูกปลานิลมีอายุ 60 วัน



รูปที่ 4.4 แสดงขนาดของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมนมหมักกรดระดับต่างๆ เดือน ที่ 4

- T1= สูตรอาหารนมหมักกรดระดับ 0 เปอร์เซ็นต์
- T2 = สูตรอาหารนมหมักกรดระดับ 10 เปอร์เซ็นต์
- T3 = สูตรอาหารนมหมักกรดระดับ 20 เปอร์เซ็นต์
- T4= สูตรอาหารนมหมักกรดระดับ 30 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงขนาดของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมนมหมักกรดระดับต่างๆ เดือน ที่ 4

- T1= สูตรอาหารนมหมักกรดระดับ 0 เปอร์เซ็นต์
- T2= สูตรอาหารนมหมักกรดระดับ 10 เปอร์เซ็นต์
- T3= สูตรอาหารนมหมักกรดระดับ 20 เปอร์เซ็นต์
- T4= สูตรอาหารนมหมักกรดระดับ 30 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

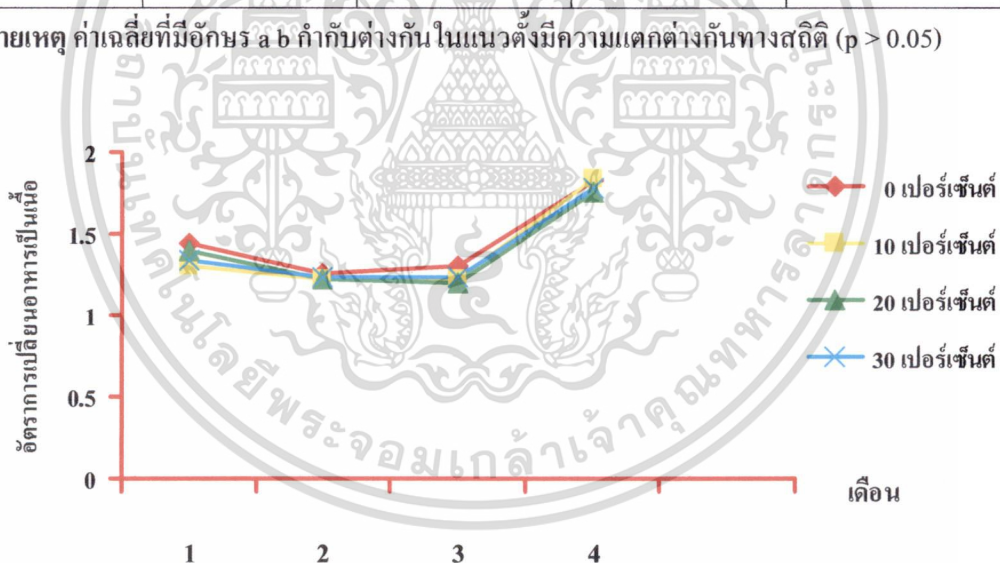
#### 4.5 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารระดับนมหมักกรด 20 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีที่สุดเท่ากับ 1.75 รองลงมาคืออาหารระดับนมหมักกรด 30, 0 และ 10 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 1.78 , 1.83 และ 1.84 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าระดับของนมหมักกรดที่ผสมในอาหารมีผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิลไม่แตกต่างกัน ( $p > 0.05$ ) แสดงในตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.6

ตารางที่ 4.5 แสดงอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ของปลานิล ระยะเวลา 4 เดือน

ระดับนมหมัก (เปอร์เซ็นต์)	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ			
	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3	เดือนที่ 4
0	$1.4460 \pm 0.3391^a$	$1.2615 \pm 0.0360^a$	$1.3025 \pm 0.0601^a$	$1.8306 \pm 0.1357^a$
10	$1.3074 \pm 0.1894^a$	$1.2249 \pm 0.0019^b$	$1.2238 \pm 0.0201^b$	$1.8405 \pm 0.0988^a$
20	$1.3914 \pm 0.0208^a$	$1.2237 \pm 0.0011^b$	$1.1987 \pm 0.0294^b$	$1.7590 \pm 0.1792^a$
30	$1.3369 \pm 0.1442^a$	$1.2292 \pm 0.0034^b$	$1.2376 \pm 0.0412^b$	$1.7843 \pm 0.1256^a$

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a b กำกับต่างกัน ในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

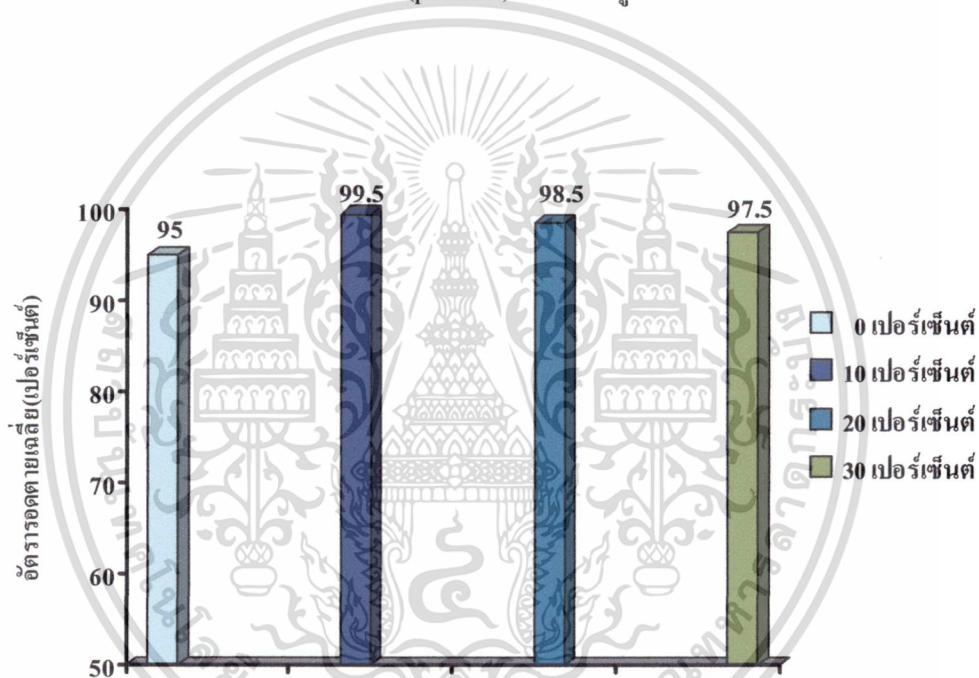


รูปที่ 4.6 กราฟแสดงอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมนมหมักกรดระดับต่างๆ ระยะเวลา 4 เดือน

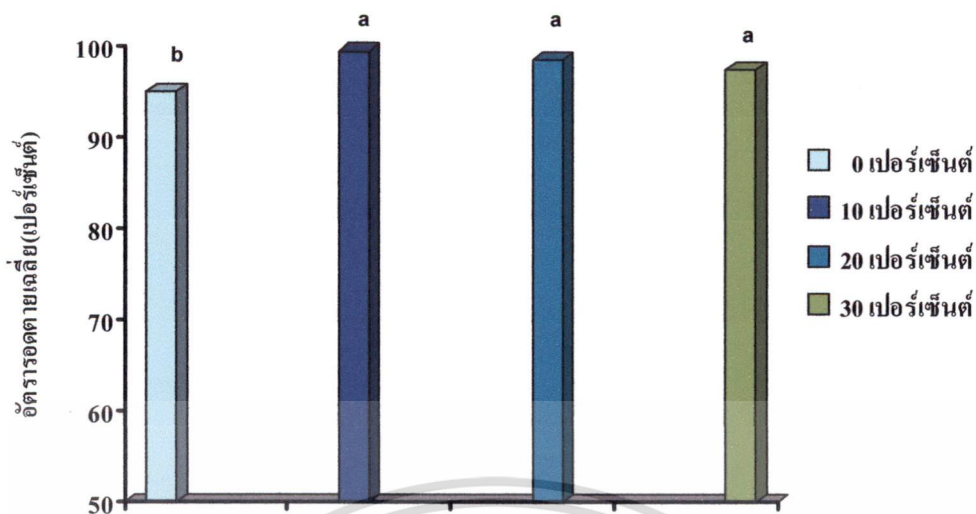
หมายเหตุ เดือน 0 คือ เริ่มต้นการทดลองลูกปลามีอายุ 60 วัน

#### 4.6 อัตราการรอดตายของปลานิล

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารระดับนมหมักกรด 10 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 99.5 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ ปลานิลที่เลี้ยง ด้วยอาหารระดับนมหมักกรด 20 , 30 และ 0 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 98.5 , 97.5 และ 95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าระดับของนมหมักกรดที่ผสมในอาหารมีผลต่ออัตราการรอดตายของปลานิลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารระดับนมหมักกรด 10 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยสูงสุดแตกต่าง ( $p < 0.05$ ) จากปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารระดับนมหมักกรด 0 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่าง จากปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารระดับนมหมักกรด 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ และปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารระดับนมหมักกรด 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แสดงในรูปที่ 4.7 และ 4.8



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงอัตราการรอดตายเฉลี่ยของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมนมหมักกรดระดับต่าง ๆ



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงอัตราการตายเฉลี่ยของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมนมหมักกรดระดับต่าง ๆ

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษ a b กำกับต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

#### 4.7 การวิเคราะห์ต้นทุนอาหาร

จากการศึกษาการใช้นมหมักกรดผสมในสูตรอาหารเลี้ยงปลานิลจากการทดลอง โดยการคำนวณอาหารปริมาณ 100 กิโลกรัม พบว่าอาหารที่ใช้เลี้ยงปลานิลระดับนมหมักกรด 30 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนต่อกิโลกรัมต่ำสุดเท่ากับ 12.83 บาท รองลงมา คือ อาหารระดับนมหมักกรด 20, 10 และ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 12.84, 12.85 และ 12.97 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ตารางที่ 4.6

จากการวิเคราะห์ต้นทุนต่อกิโลกรัมปลา พบว่าอาหารที่ใช้เลี้ยงที่ระดับนมหมักกรด 20 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนต่อกิโลกรัมปลาต่ำสุด เท่ากับ 23.47 บาท รองลงมา คือ อาหารสูตรระดับนมหมักกรดที่ 30, 10 และ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 24.25, 24.51 และ 25.94 บาท ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.6 แสดงต้นทุนของอาหารที่ใช้เลี้ยงปลานิล

วัตถุดิบ	ราคา (บาท/กก.)	ปริมาณ (กิโลกรัม) และราคา (บาท) ของวัตถุดิบที่ใช้ในการผสม							
		0 เปอร์เซ็นต์		10 เปอร์เซ็นต์		20 เปอร์เซ็นต์		30 เปอร์เซ็นต์	
		ปริมาณ	ราคา	ปริมาณ	ราคา	ปริมาณ	ราคา	ปริมาณ	ราคา
ปลาป่น (59.10)	29	12	348	12	348	12	348	12	348
กากถั่วเหลือง (44.12)	14	28	392	23.7	331.8	23.5	329	23	322
กากเมล็ดปาล์ม (17.94)	5	5	25	5	25	5	25	5	25
รำละเอียด (14.38)	9	23	207	31	279	30	270	30.1	270.9
ข้าวโพด (7.74)	7	18	126	15.2	106.4	15.3	107.1	15.6	109.2
ปลายข้าว (7.50)	7	12	84	10	70	10	70	9	63
น้ำมันพืช	15	1	15	1	15	1	15	1	15
วิตามินและเกลือแร่	100	1	100	1	100	1	100	1	100
นมหมักกรด (21)*	1	0	-	1.1 (10)**	10	2.2 (20)**	20	3.3 (30)**	30
รวม		100	1,297	100	1,285.2	100	1,284.1	100	1,283.1
ราคา (บาท) / 1 กก.			12.97		12.85		12.84		12.83

หมายเหตุ \* คิดจากสิ่งแห้ง

\*\* ตัวเลขในวงเล็บคิดจากน้ำหนักสดของนมหมักกรด

ตารางที่ 4.7 แสดงต้นทุนต่อกิโลกรัมปลา ของการเลี้ยงปลานิล ระยะเวลา 4 เดือน

สูตรอาหารนมหมักกรด	0 เปอร์เซ็นต์	10 เปอร์เซ็นต์	20 เปอร์เซ็นต์	30 เปอร์เซ็นต์
ราคาอาหาร (บาท)/กิโลกรัม	12.97	12.85	12.84	12.83
ปริมาณอาหารที่กิน (กิโลกรัม)	53.01	61.90	60.55	52.06
น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย/ตัว (กรัม)	139.46	163.02	168.13	141.20
น้ำหนักปลาทั้งหมดเฉลี่ย (กิโลกรัม)	26.497	32.44	33.12	27.53
ต้นทุนการเลี้ยง (บาท)	687.53	795.41	777.46	667.92
ต้นทุนต่อกิโลกรัม (บาท)	25.94	24.51	23.47	24.25

4.8 คุณสมบัติของน้ำ

4.8.1 อุณหภูมิ ผลการตรวจสอบอุณหภูมิของน้ำในกระชังที่เลี้ยงปลานิลมีค่าอยู่ระหว่าง 26.9 – 28.8 องศาเซลเซียส แสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าอุณหภูมิของน้ำที่ใช้เลี้ยงปลานิลด้วยอาหารผสมนมหมักกรดระดับต่างๆ

ระดับนมหมัก (เปอร์เซ็นต์)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)				
	เดือน 0	เดือน 1	เดือน 2	เดือน 3	เดือน 4
0	28.5-28.8	27.5-27.7	27.5-27.8	27.2-27.4	27.0-27.3
10	28.5-28.8	27.4-27.8	27.4-27.6	27.9-28.1	26.9-27.2
20	28.5-28.8	27.3-27.5	27.4-27.7	27.0-27.4	27.0-27.2
30	28.5-28.8	27.4-27.6	27.4-27.6	27.3-27.5	26.9-27.1

4.8.2 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ผลการตรวจสอบปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ในกระชังที่เลี้ยงปลานิลมีค่าอยู่ระหว่าง 4.02- 5.23 มิลลิกรัมต่อลิตรแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ที่ใช้เลี้ยงปลานิลด้วยอาหารผสมนมหมักกรด ระดับต่างๆ

ระดับนมหมัก (เปอร์เซ็นต์)	ออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)				
	เดือน 0	เดือน 1	เดือน 2	เดือน 3	เดือน 4
0	5.10-5.12	4.32-4.36	4.42-4.46	4.16-4.20	4.02-4.11
10	5.11-5.21	4.49-4.59	4.27-4.30	4.47-4.50	4.32-4.35
20	5.10-5.15	4.73-4.77	4.90-4.93	4.31-4.33	4.09-4.11
30	5.21-5.23	4.06-4.10	4.74-4.77	4.89-4.92	4.27-4.32

4.8.3 ความเป็นกรด-ด่าง ผลการตรวจสอบปริมาณค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ในกระชังที่เลี้ยงปลานิลมีค่าอยู่ระหว่าง 7.01- 8.10 แสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าความเป็น กรด-ด่าง (pH) ของน้ำ ที่เลี้ยงปลานิลด้วยอาหารผสมนมหมักกรด ระดับต่างๆ

ระดับนมหมัก (เปอร์เซ็นต์)	ความเป็น กรด-ด่าง (pH)				
	เดือน 0	เดือน 1	เดือน 2	เดือน 3	เดือน 4
0	7.40-7.90	7.93-8.05	7.54-7.58	7.54-7.60	7.04-7.15
10	7.50-8.00	7.92-8.01	7.54-7.58	7.51-7.53	7.01-7.15
20	7.41-7.90	7.92-7.93	7.47-7.52	7.55-7.58	7.09-7.17
30	7.5-8.10	7.90-8.01	7.48-7.52	7.53-7.60	7.02-7.15

**4.8.4 ความเป็นด่าง ผลการตรวจสอบปริมาณค่าความเป็นด่างของน้ำ**  
 ในกระชังที่เลี้ยงปลานิลมีค่าอยู่ระหว่าง 165.00-168.75 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) ของน้ำ ที่ใช้เลี้ยงปลานิลด้วยอาหารผสมนมหมัก  
 ๓๐ ระดับต่างๆ

ระดับนมหมัก (เปอร์เซ็นต์)	ความเป็นด่าง (Alkalinity) มิลลิกรัม/ลิตร				
	เดือน 0	เดือน 1	เดือน 2	เดือน 3	เดือน 4
0	167.59	168.32	166.44	167.98	167.52
10	165.06	165.45	165.12	166.55	165.00
20	168.75	166.41	167.44	167.43	165.04
30	167.53	167.68	165.22	165.28	167.57

**4.8.5 ความกระด้าง ผลการตรวจสอบปริมาณค่าความกระด้างของน้ำ**  
 ในกระชังที่เลี้ยงปลานิลมีค่าอยู่ระหว่าง 133.38-136.92 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าความกระด้าง (Hardness) ของน้ำที่ใช้เลี้ยงปลานิลด้วยอาหารผสมนมหมัก  
 ๓๐ ระดับต่างๆ

ระดับนมหมัก (เปอร์เซ็นต์)	ความกระด้าง (Hardness) มิลลิกรัม/ลิตร				
	เดือน 0	เดือน 1	เดือน 2	เดือน 3	เดือน 4
0	134.21	135.28	135.12	134.22	133.50
10	133.38	133.46	134.30	135.11	136.55
20	135.22	136.52	135.41	136.92	134.21
30	135.69	135.39	133.57	135.33	133.51

**4.8.6 แอมโมเนีย** ผลการตรวจสอบปริมาณค่าแอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) ของน้ำ  
ในกระชังที่เลี้ยงปลานิลมีค่าอยู่ระหว่าง 0.04-0.23 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 แสดงค่าปริมาณแอมโมเนีย (Ammonia,  $\text{NH}_3$ ) ของน้ำ ที่ใช้เลี้ยงปลานิลด้วยอาหาร  
ผสมนมหมักกรด ระดับต่างๆ

ระดับนมหมัก (เปอร์เซ็นต์)	แอมโมเนีย (Ammonia, $\text{NH}_3$ ) มิลลิกรัม/ลิตร				
	เดือน 0	เดือน 1	เดือน 2	เดือน 3	เดือน 4
0	0.04	0.11	0.14	0.19	0.20
10	0.06	0.11	0.19	0.17	0.21
20	0.08	0.13	0.14	0.18	0.21
30	0.04	0.12	0.18	0.19	0.23

**4.8.7 ไนไตรท์** ผลการตรวจสอบปริมาณค่าไนไตรท์ ( $\text{NO}_2$ ) ของน้ำ  
ในกระชังที่เลี้ยงปลานิลมีค่าอยู่ระหว่าง 0.001-0.011 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 แสดงค่าปริมาณไนไตรท์ (Nitrite,  $\text{NO}_2$ ) ของน้ำ ที่ใช้เลี้ยงปลานิลด้วยอาหารผสม  
นมหมักกรด ระดับต่างๆ

ระดับนมหมัก (เปอร์เซ็นต์)	ไนไตรท์ (Nitrite, $\text{NO}_2$ ) มิลลิกรัม/ลิตร				
	เดือน 0	เดือน 1	เดือน 2	เดือน 3	เดือน 4
0	0.003	0.003	0.009	0.003	0.009
10	0.003	0.006	0.010	0.003	0.011
20	0.004	0.006	0.008	0.004	0.005
30	0.001	0.001	0.009	0.001	0.008

## 4.9 วิจารณ์ผลการวิจัย

### 4.9.1 ผลต่อการเจริญเติบโต

การเลี้ยงปลานิลเพศผู้ในกระชังด้วยสูตรอาหารที่ผสมนมหมักกรด ในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยทุกสูตรมีระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองเลี้ยงปลานิลในครั้งนี้ ใช้ปลานิลขนาดความยาว 7.4430 เซนติเมตร น้ำหนัก 7.0072 กรัม (อายุ 60 วัน) เลี้ยงเป็นเวลา 4 เดือน พบว่าทุกระดับของนมหมักกรดที่ใช้ในสูตรอาหาร มีผลต่อการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย ความยาวเพิ่มเฉลี่ยดีกว่าสูตรอาหารที่ไม่ผสมนมหมักกรด เมื่อเลี้ยงปลานิลได้ครบ 4 เดือน พบว่าปลานิลที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่ผสมนมหมักกรดในระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตดีที่สุด สอดคล้องกับ Hansen *et al.* (1993) และ Sohn *et al.* (1994) กล่าวว่า ผลิตภัณฑ์โปรตีนจากนม มีสมรรถนะการเจริญเติบโตสูง เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์โปรตีนจากสัตว์ชนิดอื่นๆ เนื่องจากโปรตีนในนมผงส่วนใหญ่เป็นเคซีน (Casein) และโปรตีนในหางนมผงเป็นเบต้าแลคทอลบูมิน ( $\beta$ -Lactalbumin) ซึ่งเป็นโปรตีนคุณภาพดี มีความน่ากินสูง ส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตสูง แลคติกแบคทีเรียในขบวนการหมักทำให้เกิดจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ ซึ่งให้ผลในแง่การกระตุ้นการเจริญเติบโต หรือให้อัตราการเจริญเติบโตที่ดีขึ้นรวมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร (นวลจันทร์ และอุทัย, 2532) และโปรไบโอติกนั้นเกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร และการเพิ่มการย่อยและการใช้ประโยชน์ได้ของอาหาร เพราะฉะนั้น โปรไบโอติกจึงใช้ได้กับสัตว์ทุกชนิดและทุกระยะ (อุทัย, 2535) แลคติกแอซิดแบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้ของปลา ทำหน้าที่เป็นโปรไบโอติก ซึ่งช่วยในการปรับสมดุลของลำไส้ และยังช่วยกระตุ้นในการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ และกระบวนการภายในสัตว์น้ำให้ดีขึ้น และช่วยในการกำจัดจุลินทรีย์ก่อโรคเช่นจุลินทรีย์ในกลุ่ม *Lactobacillus* ที่ช่วยยับยั้ง *Streptococcus difficile* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในปลานิล ตลอดจนในการเลี้ยงพบว่าปลานิลมีการเจริญเติบโตสูง (Ringo and Gatesoupe, 1997; Lara-Flores *et al.*, 2003)

### 4.9.2 ผลต่ออัตราการรอดตาย

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าอาหารระดับนมหมักนมหมักกรด ทั้ง 4 สูตร มีผลทำให้อัตราการรอดตายของปลานิลเพศผู้ที่เลี้ยงในกระชังมีผลต่ออัตราการรอดตายของปลานิลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า ในสูตรอาหารที่ใช้นมหมักกรด มีผลทำให้ปลานิลมีอัตราการรอดตายของปลา สูงกว่าสูตรอาหารที่ไม่ใส่นมหมักกรด ซึ่งในนมหมักอาจมีจุลินทรีย์โปรไบโอติก ที่ส่งผลต่อการรอดของปลา สอดคล้องกับ David (1999) ได้ทำการศึกษาการใช้จุลินทรีย์โปรไบโอติก *Bacillus* sp. ผสมในอาหารกุ้ง เพื่อควบคุมเชื้อ *Vibrio* spp. และทำการเลี้ยงเป็นเวลา 60 วันพบว่ากุ้ง มีอัตราการรอดเฉลี่ย 80 – 100 เปอร์เซ็นต์/บ่อ

### 4.9.3 ผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิล พบว่า อาหารระดับนมหมักกรด 20 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีที่สุดเท่ากับ 1.75 รองลงมาคือ อาหารระดับนมหมักกรด 30 , 0 และ 10 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 1.78 , 1.83 และ 1.84 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าระดับของนมหมักกรดมีผลต่อประสิทธิภาพการใช้ อาหารของสัตว์น้ำ ทั้งนี้ ชนิด และ อายุของสัตว์น้ำน่าจะเป็นปัจจัยต่อการใช้อาหาร และมีผลต่อ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อในช่วงอายุต่างๆ

### 4.9.4 ผลของระดับนมหมักกรดต่อต้นทุนการผลิตปลา/กิโลกรัม

การศึกษาการใช้นมหมักกรดผสมในสูตรอาหารเลี้ยงปลานิลในกระชังเป็นแนวทางหนึ่งในการผลิตอาหารสัตว์น้ำใช้เองเพื่อลดต้นทุนการผลิต การศึกษาพบว่า การใช้นมหมักกรดในสูตรอาหารสามารถลดต้นทุนอาหารได้ระดับหนึ่ง และจากการวิเคราะห์ต้นทุนต่อกิโลกรัมปลา พบว่า การเลี้ยงปลานิลเพศผู้ในกระชัง พบว่าอาหารที่ใช้เลี้ยงที่ระดับนมหมักกรด 20 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนต่อกิโลกรัมปลาต่ำสุด เท่ากับ 23.47 บาท รองลงมา คือ อาหารสูตรระดับนมหมักกรดที่ 30, 10 และ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 24.25 , 24.51 และ 25.94 บาท ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

แสดงว่านมหมักกรดมีส่วนช่วยทำให้ต้นทุนการผลิตปลาต่อกิโลกรัมลดลงได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณ โปรตีนในอาหาร ปริมาณของนมหมักกรดที่จะใช้ในสูตรอาหาร และวัตถุดิบที่ใช้ในสูตรอาหาร ตรงกับ ชนิด และ อายุของสัตว์น้ำ และสิ่งที่สำคัญคือ สามารถใช้วัตถุดิบที่มีในท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์อีกทางหนึ่งด้วย

### 4.9.5 คุณสมบัติของน้ำ

คุณสมบัติของน้ำมีผลต่อการเจริญเติบโตของปลานิลเพศผู้ที่เลี้ยงในกระชังได้ตรวจสอบคุณภาพน้ำสัปดาห์ละครั้ง พบว่า คุณสมบัติของน้ำที่วัดได้อยู่ในเกณฑ์ที่ไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ โดยพบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 4.02 – 5.23 มิลลิกรัมต่อลิตร อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ วิรัช (2544); มั่นสิน และไพรพรรณ (2544) กล่าวว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นระดับปกติ สำหรับสัตว์น้ำทั่วไป ความเป็นกรด-ด่าง มีค่าอยู่ระหว่าง 7.01 – 8.10 ซึ่งค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วงเหมาะสม วิรัช (2544) และมั่นสิน และไพรพรรณ (2544) กล่าวว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วงเหมาะสม 6.5 – 9.0 เป็นช่วงที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำ อุณหภูมิมีค่าอยู่ระหว่าง 26.90 – 28.80 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดีเหมาะสมต่อการกินอาหารของสัตว์น้ำ ค่าความเป็นด่าง , ค่าความกระด้าง , ค่าแอมโมเนีย และค่าไนไตรท์ ก็อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเติบโตของสัตว์น้ำ คือมีค่า 165.00-168.75 , 133.38-136.92 , 0.04-0.23 และ 0.001-0.011 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

## บทที่ 5

### สรุปและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการใช้นมหมักกรดในสูตรอาหารเลี้ยงปลานิลเพศผู้ในกระชัง สรุปได้ ดังนี้

- 5.1.1 การเสริมนมหมักกรดในสูตรอาหารเลี้ยงปลานิล สามารถให้ผลด้านการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตาย ดีกว่า ปลาที่ไม่ได้รับนมหมักกรดในสูตรอาหารในทุกระดับ
- 5.1.2 ระดับของนมหมักกรดที่ 20 - 30 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลตอบแทนไม่แตกต่างกัน แต่ที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลตอบแทนทั้งในแง่การเจริญเติบโตที่ดี และต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัมปลาต่ำที่สุด
- 5.1.3 ด้านคุณภาพน้ำ พบว่าการใช้นมหมักกรดที่ 10- 30 เปอร์เซ็นต์ ผสมในสูตรอาหารเลี้ยงปลานิล ไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำ ในการเลี้ยงปลานิลในกระชัง

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

##### 5.2.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

5.2.1.1 การใช้นมหมักกรดผสมในสูตรอาหารเลี้ยงปลานิล เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้อาหารเลี้ยงปลาโดยทั่วไป นับว่าการใช้นมหมักกรดในสูตรอาหารสามารถลดต้นทุนด้านอาหารได้ในระดับหนึ่ง และปลามีแนวโน้มการเจริญเติบโตที่ดี แต่ทั้งนี้ควรคำนึงถึงความสะอาดในการหาแหล่งวัตถุดิบด้วย และระดับที่เหมาะสมของนมหมักกรดในสูตรอาหาร

5.2.2.2 การผลิตอาหารใช้เองอาจมีการสูญเสียวิตามิน โดยเฉพาะวิตามินซี ซึ่งมีความสำคัญมากต่อการเจริญเติบโต ด้านภูมิคุ้มกัน และช่วยลดความเครียดของสัตว์น้ำ การสูญเสียวิตามินซี อาจเกิดจากความร้อนในขั้นตอนการผลิตอาหาร ดังนั้นควรมีการใส่วิตามินในสูตรอาหารเพิ่มก่อนนำไปเลี้ยงสัตว์น้ำ

### เอกสารอ้างอิง

- กรมปศุสัตว์และหมูนุ่มสหกรณ์โคนมแห่งประเทศไทยจำกัด. 2544. เอกสารประกอบการประชุม  
สัมมนาเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การแก้ปัญหาอุตสาหกรรมนมทั้งระบบ วันที่ 15 – 16 มิถุนายน  
2544 โรงแรมรามาคาร์เด้นส์, กรุงเทพฯ. 68 หน้า.
- กฤษณ์ จันทโชติกุล.2538. พฤติกรรมของ *Listeria monocytogenes* ในระหว่างการหมักหางนมด้วย  
แบคทีเรียแลคติกอนิดมีโซฟายล์และเทอร์โมฟายล์. สัมมนา ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร  
ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 42 หน้า
- เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2544. การเพาะขยายและปรับปรุงพันธุ์ปลา. ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง  
คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 168 หน้า.
- ขจีนาถ โปธิเวชกุล, สุมาลี เหลือสกุล และสมใจ ศิริโชค.2541. การคัดเลือกจุลินทรีย์เพื่อใช้ผลิต  
เอนไซม์อะไมเลส โปรติเอส และไลเปส. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทร  
วิโรฒ. 14(2) : 18-32.
- ครรชิต จุดประสงค์, สมศรี เจริญเกียรติกุล, พงศธร สังข์เผือก, สมเกียรติ โกศลวัฒน์,  
รัชนี คงคาฉุยฉาย, เอกราช เกตวัลท์, เกรียงไกร วาสนจิตต์ และยุพาพร นาคงามอนงค์,  
2544. คุณค่าทางโภชนาการของนมและผลิตภัณฑ์นม. วารสารโภชนาการ. 36 (1) : 17-26.
- เครือวัลย์ สติติวัต. 2546. ผลผลิตของปลานิลทั่วโลกปี 2533 – 2541. วารสารการประมง  
(3) 54:271.
- จรัญธาดา กรรณสูต, วงศ์ปฐม กมลรัตน์ และรัชชัช งามศิริ. 2542. การจำแนกพันธุ์ปลานิลที่พบ  
ในน้ำทะเลความเค็มสูงเขตการเลี้ยงอาร์ทีเมีย สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเพชรบุรี โดย  
การตรวจวิเคราะห์เอนไซม์อิลคโตรโฟรีซิส. วารสารการประมง . 52 (6): 533-541.
- คาริวรรณ เศรษฐีธรรม.2542. การสุกัภิบาลอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อม คณะ  
สาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 173 หน้า.
- ทะเลนทร อุดทรี.2545. ศักยภาพของการใช้จุลินทรีย์จากระบบทางเดินอาหารของกึ่งก้ามกรามเป็น  
โพรไบโอติก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ  
บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น.95หน้า.
- ธารรัตน์ สุภศิริ 2542. Probiotic: แบคทีเรียเพื่อสุขภาพ. สารวารวิทยาศาสตร์. 53(6) : 357-  
360
- ปาริชาติ พะกะยะ. 2545. การจัดการการผลิตและผลผลิตของผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังใน  
จ.ขอนแก่น ปี 2545. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.  
153 หน้า.
- พายัพ ยังปักยี. 2541. ปลานิล. นิตยสารสัตว์น้ำ (ฉบับพิเศษ) 10: 175-180.

- ไพบุลย์ ใจเด็ด และสมพร นพเกื้อ. 2544. น้ำมันหมักกรด. เอกสารเผยแพร่ (จดหมายข่าวโคนม) ฉบับที่ 4 สำนักงานประสานงานเครือข่ายวิจัยและพัฒนา “การผลิตสัตว์” คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 15 หน้า.
- มนต์ชัย ดวงจินดา. 2544. การใช้โปรแกรม SAS เพื่อการวิเคราะห์งานวิจัยทางสัตว์. พิมพ์ครั้งที่ 3 โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา. ภาควิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 324 หน้า
- มานพ ตั้งตรงไพโรจน์, ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล, พรรณศรี จริโมภาส, สุจินต์ หนูขวัญ, กำชัย ลาวันยุทธิ, วีระ วัชรกรโยธิน และวิมล จันทโรทัย. 2536. การพัฒนาการเพาะเลี้ยงปลานิล. เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 23 สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ยม กลิ่นสุมาลย์. 2545. การจัดการการเลี้ยงปลานิลในกระชังบริเวณอ่างเก็บน้ำลำปะทาว อ. แกร่งคร้อ จ.ชัยภูมิ. รายงานการศึกษาอิสระ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 99 หน้า.
- ยุพินท์ วิวัฒน์ชัยเศรษฐ์. 2543. สัมมนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจเพื่อการส่งออก เรื่องการเลี้ยงปลานิลในกระชังสัตว์น้ำเศรษฐกิจ ปี 2000. วารสารการประมง 53: 81 – 92.
- ยุพินท์ วิวัฒน์ชัยเศรษฐ์. 2541. การเลี้ยงปลานิลในกระชังที่ จ. ขอนแก่น. วารสารการประมง 51(2): 167-177.
- รุ่งอรุณ อินสมมุติ. 2546. ศึกษาการใช้หมักกรดเสริมในอาหารเปิด. ปัญหาพิเศษ คณะเทคโนโลยี การผลิตสัตว์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร. 17 หน้า.
- วชิรา ลิ้มตราจิตต์. 2544. เวบี เพอมีเอท. วารสารสัตว์เศรษฐกิจ. 18(414):65-67.
- วนิดา ทองกล. 2545. ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้นมลูกวัววัยอ่อนเลี้ยงไรแดง. ปัญหาพิเศษ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 34 หน้า.
- วรรณดี บัญญัติรัชต, พรรษา ขอย้ายกลาง และอารุติ ดันเกษ. 2542. แลคติกแอซิกแบคทีเรียที่แยกได้จากอาหารหมักคอง. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 27(3): 255-264.
- วรรณภา เพ็ชรนภักดิ์, ศิริรัตน์ เฟ่งพิพัฒน์, สมเกียรติ ปิยะธีรชิตีวรกุล และเปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต. 2542, การใช้ *Lactobacillus* spp. เป็นโปรไบโอติกในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ *Penaeus monodon*. วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 24(1) : 41-51
- วราวุฒิ ครุสง และรุ่งนภา พงษ์สวัสดิ์มานิต. 2532. เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 209 หน้า.
- วิเชียร ลีลาวัชรมาศ. 2542. โปรไบโอติก. วารสารจาร์พา. 6(49) : 31-35.

- วิลาวณีย์ เจริญจิระตระกูล, เมตตา องค์สกุล และผกาพรรณ สิงห์ชัย.2539. ผลการยับยั้งของ *Lactobacillus* จากนมเปรี้ยวพร้อมดื่มที่มีต่อ *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium* และ *Escherichia coli* เมื่อเพาะเลี้ยงร่วมกัน. วารสารสงขลานครินทร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 8(3): 302-305
- วีระพงษ์ วุฒิพันธุ์ชัย. 2536. อาหารปลา. ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี. 216 หน้า.
- เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2542. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์น้ำ. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 255 หน้า.
- ศักดิ์ชัย ชูโชติ. 2536. การเลี้ยงปลาน้ำจืด. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 210 หน้า.
- สมาน ครอบกระโทก และสถาพร ทักษาดิพงษ์.2546. สถานการณ์การผลิตการตลาดโคเนื้อ-โคนม ในช่วงปี 2545 และคาดการณ์ปี 2546. วารสารวิชาการปริทัศน์.11 (11) : 3-5
- สุภาพร สุกสีเหลือง. 2538. การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. บริษัทพิมพ์ดี จำกัด เขตห้วยขวาง กรุงเทพฯ. 562 หน้า.
- สุเมธ ประทุมสุวรรณ. 2540. คุณภาพน้ำนมดิบสู่โรงงาน. วารสาร โคนม 16 (1): 55-60.
- ภวัต สังขะวัฒนะ.2544. การพัฒนาผลิตภัณฑ์นมหมักคล้ายโยเกิร์ตโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติก. วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยี. 143 หน้า
- ยุภารัตน์ เครื่องษา, พงศ์ศักดิ์ รัตนชัยกุลโสภณ และปาริชาติ พุ่มขจร.2541. การทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์โดยแลคติกแอซิกแบคทีเรียที่แยกจากอาหารหมัก. วารสารเทคนิคการแพทย์และกายภาพบำบัด. 10 (2) : 88-95.
- สินธิ แดงสกุล และลิลลา เรืองแป้น.2541. ประสิทธิภาพของโปรไบโอติกที่ผลิตจาก *Bacillus* เพื่อการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ.วารสารการประมง. 51(5) : 446-456
- อุทัยรัตน์ ณ นคร. 2529.การเพาะขยายพันธุ์ปลา. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 259 หน้า
- อำพล พงศ์สุวรรณ และอารีย์ สิทธิมั่งคั่ง. 2532. คู่มือการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. กรมประมง. 388 หน้า
- Adam,A.R., and M.O. Moss. 1995. Fermented and Microbial Foods. In Food Microbiology.255-258.

- Banks, R.C., R.W. Mcdiarmid, A.L. Gardner, and W.C. Starnes. 2003. Research curator of fishes, North Carolina State Museum of Natural Sciences. (cite 12 may 2005)  
Available from: <http://www.fishbase.org/Summary/SpeciesSummary.cfm.html>
- Fishelson, L., and Z. Yaron. 1983. International symposium in Tilapia in Aquaculture. Proceedings. Nazareth, Israel, May 8-13. 624
- Gomez-Gil, B., A. Roque, and J.E. Turnbull. 2000. The use and selection of probiotic bacteria for use in the culture of larval aquatic organisms. *Aquaculture*. 191 :259-270.
- Hansen, E.B. 2002. Commercial bacterial starter cultures for fermented foods of the future. *International Journal of Food Microbiology*. 78: 119-131.
- Iton, T., Y. Fujimoto, Y. Kawai, T. Toba, and T. Saito. 1995. Inhibition of food-borne pathogenic bacteria by bacteriocin from *Lactobacillus gasseri* *Letter in Appl. Microbiol.* 21 : 137-141.
- Jiravanichpaisal, P., P. Chuaychuwong, and P. Menasveta. 1997. The use of *Lactobacillus* sp. As the probiotic bacteria in the tiger shrimp (*Penaeus monodon* Fabricius). Poster session of the 2<sup>nd</sup> Asia-Pacific marine biotechnology conference and 3<sup>rd</sup> Asia-Pacific on algal biotechnology. 7-10 May 1997. Phuket Thailand. P.16.
- Keenleyside, M.H.A. 1991. Cichlid fishes behaviour, ecology and evolution. Chapman and Hall, Inc; London. 129-130
- Lara-Flores, M., M.A. Olvera-Novoa, B.E. Guzman-Mendez, and W. Lopez-Madrid. 2003. Use of the bacteria *Streptococcus faecium* and *Lactobacillus acidophilus*, and the yeast *Saccharomyces cerevisiae* as growth promoters in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*. 216, 193-201.
- Leroy, F., and De Vuyst, L. 2004. Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. *Trends in Food Science & Technology*. 15 : 67-78.
- Liu, S.Q. 2003. Practical implications of lactate and pyruvate metabolism by lactic acid bacteria in food and beverage fermentations. *International Journal of Food Microbiology*. 83: 115-131.
- Nogami, K., and M. Meada. 1992. Bacteria as biocontrol agents for rearing larvae of the Crab *Portunus trituber* Culatus. *Canadian Journal of fisheries and aquatic sciences*. 4 (9) : 2373-2376.

- Ostlie, H.M., M.H. Helland, and J.A. Narvhus. 2003. Growth and metabolism of selected strains of probiotic bacteria in milk. *International Journal of Food Microbiology*. 87, 17-27.
- Phianphak, W., S. Rengpipat, S. Piyatiratitibvorakul, and P. Menasveta. 1999. Probiotic Use of *Lactobacillus* spp. For Black Tiger Shrimp, *Penaeus monodon*. *J. Sci. Res. Chula. Univ.* Vol. 24, No. 1. 41-51.
- Philippart, J. C.L. and Ruwet, J.C.L., 1982. Ecology and distribution of tilapias. In. Pullin, R.S.V., Lowe, Mc., Connell, R.H.(eds.). *The Biology and Culture of Tilapias ICLARM Conference Proceedings 7, International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines ICLARM.* pp. 15 – 59.
- Portier, A., N.P. Boyaka, F. Bougoudogo, M. Dubarry, J.F. Huneau, D. Tome, A. Dodin, and M. Coste. 1993. Fermented milks and increased antibody responses against cholera in mice. *Int. J. Immunother.* 9, 217-224.
- Ringo, E. and F-J. Gatesoupe. 1998. Lactic acid bacteria in fish: a review. *Aquaculture* 160, 177-203
- Shiino, S.M. 1976. List of Common Names of Fishes of the World, those prevailing among English-speaking Nations. Science report of Shima Marineland, Japan. 4:262 p.
- Trewavas, E. 1983. Tilapiine Fishes of The Genera *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakilia*, British Museum (Natural History), London.

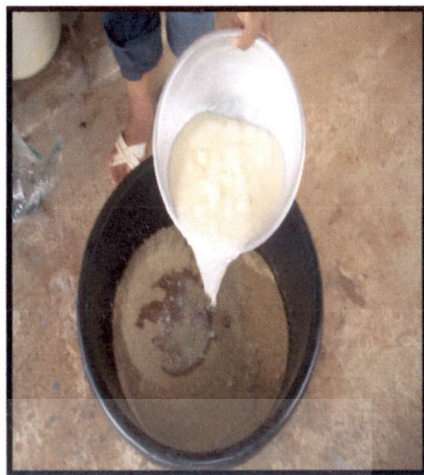


ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



นมหมักกรด



การผสมอาหาร



การอัดเม็ดอาหาร



ลักษณะเม็ดอาหาร



การลดความชื้น



อาหารที่ใช้เลี้ยง

### รูปภาคผนวก 1 แสดงขบวนการผลิตอาหารที่ใช้สำหรับเลี้ยงปลานิลเพศผู้ในกระชัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้