



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์)

ปริญญา

โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์

สัตว์บาล

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลการใช้มันสำปะหลังในสูตรอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตและจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารปลาอุกผสม

Effect of Cassava in Feed on Growth Performance and Microbial Flora in Digestive Tract of Hybrid *Clarias* Catfish (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*)

นางผู้วิจัย นางสาวนิจวัลย์ นະวาระ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์อุทัย คັນ โธ, วท.ม.)

กรรมการ

(อาจารย์สุกัญญา จัตตุพรพงษ์, วท.ม.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์อรพินท์ จินตสถาพร, วท.ค.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสกสม อาตมางกูร, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อัจจงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลการใช้มันสำปะหลังในสูตรอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต
และจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารปลาอุกผสม

Effect of Cassava in Feed on Growth Performance and Microbial Flora in Digestive Tract of
Hybrid *Clarias* Catfish (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*)

โดย

นางสาวนิจวัลย์ นະวาระ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์)

พ.ศ. 2550

นิวัฒน์ นวาระ 2550: ผลการใช้มันสำปะหลังในสูตรอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตและจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารปลาดุกลูกผสม ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์) สาขาโภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล ปรชชานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์อภัย คันโธ, วท.ม. 108 หน้า

การทดลองที่ 1 การสำรวจอาหารที่เกษตรกรผู้เลี้ยงปลาดุกลูกผสมผลิตใช้เองในฟาร์มของพื้นที่ 5 จังหวัดเขตภาคกลางซึ่งมีอัตราการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมหนาแน่น สุ่มเก็บทั้งหมด 22 ตัวอย่าง ตัวอย่างอาหารที่สุ่มเก็บมี 3 ชนิด คือ อาหารสด อาหารผสมสด และอาหารผสมอัดเม็ด นำมาวิเคราะห์ค่าโภชนะต่างๆ ทางเคมีด้วยวิธี Proximate นำข้อมูลมาเปรียบเทียบกับค่าตามคำแนะนำความต้องการ โภชนะของปลาดุกลูกผสม พบว่าอาหารปลาดุกลูกผสมที่เกษตรกรผลิตใช้เองในฟาร์มส่วนใหญ่มีค่าโภชนะต่างๆ ไม่เพียงพอกับความต้องการของตัวปลาดุกลูกผสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารสดและอาหารผสมสดมีน้ำเป็นองค์ประกอบสูงซึ่งทำให้ปริมาณการกินได้ของปลาต่ำกว่าอาหารในรูปแบบแห้ง มีความคงทนในน้ำต่ำทำให้ละลายน้ำเร็วส่งผลให้ต้นทุนค่าอาหารสูงเนื่องจากมีส่วนที่สูญเสียในน้ำมาก และมีความแปรปรวนของสารอาหารสูงส่งผลเสียต่อตัวปลา

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลการใช้อาหารสดและอาหารแห้งที่ใช้ข้าวโพดและมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในปลาดุกลูกผสม ต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก สัดส่วนจุลินทรีย์ และเนื้อเยื่อทางเดินอาหาร ใช้ปลาดุกลูกผสม (*Clarias macrocephalus* X *Clarias gariepinus*) พบว่า อาหารสด อาหารแห้งสูตรข้าวโพด มันสำปะหลัง และอาหารบริษัท ให้ผลการเจริญเติบโตของปลาดุกลูกผสมที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ต้นทุนการผลิตอาหารแห้งสูตรข้าวโพดและมันสำปะหลังถูกกว่าอาหารบริษัทและอาหารสดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) คุณภาพซากพบว่าปลาดุกลูกผสมกลุ่มที่กินอาหารบริษัท อาหารแห้งสูตรมันสำปะหลัง และสูตรข้าวโพดมีค่าไขมันในช่องท้องต่ำกว่าปลาดุกลูกผสมกลุ่มที่กินอาหารสดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ผลการศึกษาสัดส่วนประชากรจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารปลาดุกลูกผสม พบว่าปลาดุกลูกผสมกลุ่มที่กินอาหารแห้งสูตรมันสำปะหลัง อาหารบริษัท มีปริมาณเชื้อ *E. coli* น้อยกว่าปลาดุกลูกผสมกลุ่มที่กินอาหารสด และอาหารแห้งสูตรข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ปลาดุกลูกผสมกลุ่มที่กินอาหารแห้งสูตรมันสำปะหลัง อาหารบริษัท มีปริมาณเชื้อ *Lactobacillus* spp. มากกว่าปลาดุกลูกผสมกลุ่มที่กินอาหารแห้งสูตรข้าวโพด และอาหารสดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ส่วนลักษณะทางจุลกายวิภาคของทางเดินอาหารปลาดุกลูกผสม พบว่าความยาววิลด์ัสของลำไส้เล็กส่วนกลางของปลาดุกลูกผสมที่กินอาหารแห้งสูตรมันสำปะหลังมีค่ามากกว่า ปลาดุกลูกผสมกลุ่มที่กินอาหารแห้งสูตรข้าวโพด อาหารบริษัท และอาหารสดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

Nitjawan Nawara 2007: Effect of Cassava in Feed on Growth Performance and Microbial Flora in Digestive Tract of Hybrid Clarias Catfish (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*). Master of Science (Animal Nutrition and Feed Technology), Major Field: Animal Nutrition and Feed Technology, Department of Animal Science. Thesis Advisor: Associate Professor Uthai Kanto, M.S. 108 pages.

Experiment 1. A survey study on on-farm feed produced for hybrid *Clarias* catfish in 5 provinces at the central part of Thailand was conducted. A total of 22 feed samples were collected and could be grouped as wet feed, mix wet feed and mixed pellet feed according to their feeding forms and processing techniques. Results of the study have shown that majority of on-farm produced fish feeds contain inadequate nutrient content for requirement of hybrid *Clarias* catfish. The wet and mixed wet feed contains high proportion of water which could cause the lower dry matter intake of the fish. The feeds also had low water stability resulted in not only the rapid water pollution but also a higher feed cost due to the high portion of inconsumable feed. High variation of nutrient content in the feed samples especially wet feeds and mixed wet feeds were also found in the survey study. It is noteworthy that the variation of nutrient content could cause negative effect to the fish by nutrient availability and utilization.

Experiment 2. The effects of wet feed that using chicken viscera as the major component, dried home-made pelleted feed using cassava or corn as basal feed ingredient and commercial pelleted feed on growth performance, carcass composition, microbial flora and histological properties of the digestive tract of hybrid *Clarias* Catfish (*Clarias macrocephalus* X *Clarias gariepinus*) were studied. Results of the study have indicated that there were no significant different of growth rate among the animals fed experimental diets. Feed cost per kilogram of fishes on home-made corn and cassava pellets diets were significantly lower than commercial feed and wet feed respectively ($p < 0.01$). Fishes on cassava and corn pelleted diets, and on commercial diet had no significant different in abdominal fat content but significantly lower ($P < 0.05$) than those on the wet feed. The animals fed cassava pellets diets and commercial feed contained lower ($p < 0.01$) number of *E.coli* than those fed wet feed and pelleted corn diets. Catfish fed pelleted cassava diets and commercial feed contained significantly higher ($P < 0.01$) number of *Lactobacillus* spp. than those fed pelleted corn diets and wet feed respectively. Hybrid *Clarias* catfish fed cassava pellets diets showed higher ($P < 0.01$) villus height in hindgut of small intestine than those fed corn pellets diets, commercial feed and wet feed respectively.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ อุทัย คั่น โธ ประธานกรรมการที่ปรึกษา อาจารย์ สุกัญญา จิตตพรพงษ์ รองศาสตราจารย์ อรพินท์ จินตสถาพร กรรมการวิชาเอก ที่กรุณาให้ คำปรึกษา แนะนำในด้านการทดลอง เรียบเรียง ตรวจสอบ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ จนสำเร็จสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ สุภาวดี พุ่มพวง ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัยที่กรุณาให้คำแนะนำ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณมูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ที่กรุณามอบทุนในการทำวิจัย ขอขอบคุณภาควิชา เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและศูนย์พัฒนาเทคโนโลยีอาหารสัตว์น้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ที่ให้ความเอื้อเฟื้อสถานที่ทำการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาอาหารสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ทุกๆ ท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกท่านที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจมาโดยตลอด

และโดยเฉพาะอย่างยิ่งขอขอบพระคุณคุณแม่ ที่ให้การสนับสนุนทั้งทางด้านการเงินและ กำลังใจตลอดมา ขอขอบพระคุณคุณยายและน้องชายที่คอยให้กำลังใจมาโดยตลอดในการทำ วิทยานิพนธ์ในครั้งนี้จนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นิจวัลย์ นະวาระ

ตุลาคม 2550

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
ปลาดุกลูกผสม	20
อุปกรณ์และวิธีการ	37
อุปกรณ์	37
วิธีการ	42
ผลและวิจารณ์	50
สรุปและข้อเสนอแนะ	84
สรุป	84
ข้อเสนอแนะ	85
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	87
ภาคผนวก	99
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	108

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณค่าทางโภชนาของหัวมันสำปะหลัง และมันสำปะหลังอัดเม็ด (% น้ำหนักแห้ง)	9
2	เปรียบเทียบปริมาณ โภชนะต่างๆ ในมันสำปะหลังกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ให้พลังงานชนิดอื่นๆ	10
3	ผลการใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดในอาหารปลาดุกลูกผสม	15
4	ผลของระยะเวลาการตากมันสำปะหลังต่อระดับไซยาไนด์ (HCN) ในมันเส้น	19
5	ปริมาณความต้องการสารอาหารต่างๆ ของปลาดุกลูกผสม	28
6	ระดับที่เหมาะสมของวิตามินละลายน้ำในอาหารปลาดุก	28
7	ชนิดและปริมาณของแร่ธาตุที่แนะนำให้เติมในอาหารปลาดุก	29
8	สรุปผลของการย่อยคาร์โบไฮเดรตโดยเอนไซม์จากแหล่งต่างๆ	31
9	วัตถุดิบและส่วนประกอบ โภชนะของอาหารทดลองสูตรที่ 1 ซึ่งเป็นอาหารสด (โครงไก่และไส้ไก่) ผสมรำละเอียดเป็นหลัก	39
10	วัตถุดิบและส่วนประกอบ โภชนะของอาหารทดลองสูตรที่ 2	40
11	วัตถุดิบและส่วนประกอบ โภชนะของอาหารทดลองสูตรที่ 3	41
12	ส่วนประกอบโภชนะของอาหารปลาดุกลูกผสมแต่ละประเภทที่ทำการสำรวจ ค่าได้จากวิเคราะห์คิดเป็นน้ำหนักแห้งและการคำนวณคิดเป็นน้ำหนักสด	52
13	ปริมาณความต้องการสารอาหารเฉลี่ยของปลาดุกลูกผสม	53
14	ส่วนประกอบโภชนะจากการวิเคราะห์ (อาหารแห้ง) ของอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร	56
15	ค่าความหืน TBA ของอาหารปลาดุกลูกผสมทั้ง 4 สูตรที่ใช้ในการทดลอง มีอายุการเก็บรักษา 2 เดือน	57
16	การเจริญเติบโตของปลาดุกลูกผสมที่กินอาหารสดและอาหารแห้ง สูตร ข้าวโพด มันสำปะหลัง และอาหารบริษัท	60
17	ประสิทธิภาพของอาหาร และต้นทุนการผลิตปลาดุกลูกผสมที่กินอาหารสด และอาหารแห้งสูตรข้าวโพด มันสำปะหลัง และอาหารบริษัท	63

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
18	ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยของน้ำในแต่ละชุดการทดลอง โดยสุ่มวัด 2 ครั้ง ตลอดระยะเวลาการทดลองเลี้ยงปลาคุกกุผสม 2 เดือน	66
19	ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในแต่ละชุดการทดลอง โดยสุ่มวัด 2 ครั้ง ตลอดระยะเวลาการทดลองเลี้ยงปลาคุกกุผสม 2 เดือน	67
20	ปริมาณไนไตรท์เฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในแต่ละชุดการทดลอง โดยสุ่มวัด 2 ครั้ง ตลอดระยะเวลาการทดลองเลี้ยงปลาคุกกุผสม 2 เดือน	69
21	องค์ประกอบทางเคมีในตัวอย่างปลาคุกกุผสมที่กินอาหารสด อาหารแห้งสูตร ข้าวโพด มันสำปะหลัง และอาหารบริษัท	71
22	เปอร์เซ็นต์คุณภาพซากของปลาคุกกุผสมที่กินอาหารสด อาหารแห้งสูตร ข้าวโพด มันสำปะหลัง และอาหารบริษัท	73
23	น้ำหนักตับ และปริมาณไกลโคเจนในตับปลาคุกกุผสมที่กินอาหารสด อาหารแห้งสูตรข้าวโพด มันสำปะหลัง และอาหารบริษัท	75
24	จำนวน <i>E.coli</i> , <i>Lactobacillus spp.</i> และ จุลินทรีย์รวมในลำไส้ของปลาคุกกุผสมที่กินอาหารสด อาหารแห้งสูตรข้าวโพด มันสำปะหลัง และอาหารบริษัท	77
25	ลักษณะ โครงสร้างของวิลัสของเยื่อบุผิวมิวโคซาลำไส้เล็กของปลาคุกกุผสมที่กินอาหารสด อาหารแห้งสูตรข้าวโพด มันสำปะหลัง และอาหารบริษัท	79

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การสลายตัวของลินามารินและโลทอสตราลินเกิดสารพิษกรดไฮโดรไซยานิก	17
2	การรวมตัวของไซยาไนด์กับไทโอซัลเฟตได้สารประกอบไทโอไซยาเนตโดย ปฏิกิริยาของเอนไซม์โรคานีส	18
3	ท่อทางเดินอาหารของปลาชนิดต่างๆ	24
4	ส่วนประกอบโภชนะของอาหารปลาคุณลักษณะในรูปน้ำหนักแห้ง	53
5	ส่วนประกอบโภชนะของอาหารปลาคุณลักษณะในรูปน้ำหนักสด	54
6	ค่าความหืน TBA ของอาหารปลาคุณลักษณะทั้ง 4 สูตรที่ใช้ในการทดลองในวันที่ ผลิต	58
7	ค่าความหืน TBA ของอาหารปลาคุณลักษณะ 3 สูตรที่ใช้ในการทดลองในวันที่ ผลิต และที่อายุการเก็บรักษา 1, 2 เดือน	58
8	ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของปลาคุณลักษณะที่กินอาหารสด อาหารแห้ง สูตรข้าวโพด มันสำปะหลัง และอาหารบริษัท ตลอดระยะเวลาการทดลอง 2 เดือน	64
9	ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของปลาคุณลักษณะที่กินอาหารสด อาหารแห้งสูตร ข้าวโพด มันสำปะหลัง และอาหารบริษัท ตลอดระยะเวลาการทดลอง 2 เดือน	64
10	การใช้ประโยชน์โปรตีนสุทธิของปลาคุณลักษณะที่กินอาหารสด อาหารแห้งสูตร ข้าวโพด มันสำปะหลัง และอาหารบริษัท ตลอดระยะเวลาการทดลอง 2 เดือน	65
11	ต้นทุนค่าอาหาร (บาท/ปลา 1 กิโลกรัม) ของปลาคุณลักษณะที่กินอาหารสด อาหารแห้งสูตรข้าวโพด มันสำปะหลัง และอาหารบริษัท ตลอด ระยะเวลาการทดลอง 2 เดือน	65
12	องค์ประกอบทางเคมีในตัวปลาคุณลักษณะ ได้แก่เปอร์เซ็นต์โปรตีน และ เปอร์เซ็นต์ไขมันที่กินอาหารสด อาหารแห้งสูตรข้าวโพด มันสำปะหลัง และ อาหารบริษัท ตลอดระยะเวลาการทดลอง 2 เดือน	72

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
13	เปอร์เซ็นต์คุณภาพซาก ในส่วนของปริมาณเนื้อส่วนที่กินได้ และไขมันในช่องท้องของปลาตุ๊กตุ๊กผสมที่กินอาหารสด อาหารแห้งสูตรข้าวโพด มันสำปะหลัง และอาหารบริษัท ตลอดระยะเวลาการทดลอง 2 เดือน	74
14	จำนวน <i>E.coli</i> และ <i>Lactobacillus spp.</i> ในลำไส้ของปลาตุ๊กตุ๊กผสม ที่กินอาหารสด อาหารแห้งสูตรข้าวโพด มันสำปะหลัง และอาหารบริษัท ตลอดระยะเวลาการทดลอง 2 เดือน	78
15	ความสูงของวิลด์ส ของเยื่อบุผิวมิวโคซาลำไส้เล็กส่วนกลาง ของปลาตุ๊กตุ๊กผสมที่กินอาหารสด อาหารแห้งสูตรข้าวโพด มันสำปะหลัง และอาหารบริษัท ตลอดระยะเวลาการทดลอง 2 เดือน	80
16	ก. ตัวอย่างความยาววิลด์สของลำไส้เล็กส่วนต้นในกลุ่มที่กินอาหารสด ข. ตัวอย่างความยาววิลด์สของลำไส้เล็กส่วนต้นในกลุ่มที่กินอาหารแห้งสูตรข้าวโพด ค. ตัวอย่างความยาววิลด์สของลำไส้เล็กส่วนต้นในกลุ่มที่กินอาหารแห้งสูตรมันสำปะหลัง ง. ตัวอย่างความยาววิลด์สของลำไส้เล็กส่วนต้นในกลุ่มที่กินอาหารบริษัท	81
17	ก. ตัวอย่างความยาววิลด์สของลำไส้เล็กส่วนกลางในกลุ่มที่กินอาหารสด ข. ตัวอย่างความยาววิลด์สของลำไส้เล็กส่วนกลางในกลุ่มที่กินอาหารแห้งสูตรข้าวโพด ค. ตัวอย่างความยาววิลด์สของลำไส้เล็กส่วนกลางในกลุ่มที่กินอาหารแห้งสูตรมันสำปะหลัง ง. ตัวอย่างความยาววิลด์สของลำไส้เล็กส่วนกลางในกลุ่มที่กินอาหารบริษัท	82

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า	
18	ก. ตัวอย่างความยาววิลลัสของลำไส้เล็กส่วนท้ายในกลุ่มที่กินอาหารสด ข. ตัวอย่างความยาววิลลัสของลำไส้เล็กส่วนท้ายในกลุ่มที่กินอาหารแห้งสูตร ข้าวโพด ค. ตัวอย่างความยาววิลลัสของลำไส้เล็กส่วนท้ายในกลุ่มที่กินอาหารแห้งสูตรมัน ตำปะหลัง ง. ตัวอย่างความยาววิลลัสของลำไส้เล็กส่วนท้ายในกลุ่มที่กินอาหารบริษัท	83

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

CP	=	Crude protein
CF	=	Crude fiber
EE	=	Ether extract
HCN	=	Hydrocyanic acid
TBA	=	Thiobabaturic acid
NPU	=	Net protein utilization

ผลการใช้มันสำปะหลังในสูตรอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต
และจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารปลาอุกอุกผสม

Effect of Cassava in Feed on Growth Performance and Microbial Flora in
Digestive Tract of Hybrid *Clarias* Catfish
(*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*)

คำนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เนื่องจากมีการปลูกมันสำปะหลังกันมากเกือบทั่วประเทศ ยกเว้นในเขตภาคใต้ ผลผลิตของมันสำปะหลังถูกนำไปใช้ประโยชน์อย่างหลากหลายในอุตสาหกรรมหลายประเภท ซึ่งส่วนหนึ่งจะนำมาแปรรูปเป็นแป้งมันสำปะหลังเพื่อใช้เป็นอาหารมนุษย์ อีกส่วนหนึ่งนำไปแปรรูปเป็นมันเส้น และมันอัดเม็ดเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ โดยในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ของประเทศไทยได้หันมาให้ความสนใจศึกษาการใช้มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบพลังงานในอาหารสัตว์กันมากขึ้น ทั้งนี้เพื่อทดแทนการใช้ปลายข้าวและข้าวโพดซึ่งมีราคาแพง และมีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนสารพิษจากเชื้อราที่ก่อให้เกิดผลเสียต่อการเลี้ยงสัตว์อย่างมาก มันสำปะหลังมีข้อดีในการใช้เป็นอาหารสัตว์อยู่หลายประการ คือ แป้งในมันสำปะหลังเป็นแป้งอ่อน (Soft starch) ที่ย่อยง่าย และย่อยได้เร็ว ทำให้การใช้ประโยชน์ได้มีค่าสูง ส่งผลให้ความเครียดที่เกิดจากการย่อยและการดูดซึมอาหารของสัตว์ลดลง ทางเดินอาหารของสัตว์มีประชากรจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์อยู่จำนวนมาก มันสำปะหลังมีการปนเปื้อนสารพิษจากเชื้อราน้อยมากหรือแทบไม่มีเลย ทำให้สัตว์ที่ใช้มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์มีการให้ผลผลิตที่สูง ซึ่งผลการใช้มันสำปะหลังทดแทนการใช้ข้าวโพด ปลายข้าว หรือรำละเอียด ในการเลี้ยงสัตว์แทบทุกชนิด เช่น สุกร ไก่เนื้อ ไก่ไข่ และสัตว์น้ำ ปรากฏว่าประสิทธิภาพการผลิตของสัตว์ไม่แตกต่างกับสัตว์ที่กินอาหารข้าวโพด หรือปลายข้าวแต่ประการใด และจากการติดตามผลการใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์ของเกษตรกรพบว่าเกษตรกรมีความพึงพอใจในการใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์ สัตว์มีสุขภาพดี การใช้จ่ายปุ๋ยชีวณะในฟาร์มต่ำลง อัตราการตายต่ำ แต่อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการศึกษาในเชิงลึกลงไปเกี่ยวกับผลการใช้มันสำปะหลังในสูตรอาหารต่อสุขภาพ อัตราการเจริญเติบโต และสมรรถภาพการผลิตของปลาอย่างแท้จริง

การเลี้ยงปลาเชิงการค้าในปัจจุบันต้องการอาหารปลาที่มีคุณภาพดี ที่ช่วยทำให้ปลามีการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด และต้นทุนการผลิตต่ำซึ่งจะทำให้ผลตอบแทนสูงสุด มันสำปะหลังจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ช่วยลดต้นทุนการผลิตได้ เนื่องจากมันสำปะหลังมีคุณสมบัติที่ดีดังกล่าวข้างต้น ปลาเศรษฐกิจที่เกษตรกรนิยมเลี้ยงเชิงการค้าในปัจจุบัน ได้แก่ ปลาคูกลูกผสม เนื่องจากมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดี ให้ผลตอบแทนสูง แต่ในปัจจุบันการศึกษาในเรื่องการพัฒนาการผลิตอาหารใช้เองในฟาร์มและการใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารเลี้ยงปลาคูกลูกผสมยังมีน้อยมาก

ดังนั้นการศึกษารุ่นนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาเปรียบเทียบผลการใช้มันสำปะหลังและข้าวโพดในสูตรอาหารต่ออัตราการเจริญเติบโต สมรรถภาพการผลิตและจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารในปลาคูกลูกผสมในสภาพการผลิตอาหารใช้เองในฟาร์ม ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวจะเป็นแนวทางในการพัฒนาการผลิตอาหารปลาคูกลูกใช้เองในฟาร์มเกษตรกรให้มีคุณภาพดีขึ้น โดยทำให้ปลามีอัตราการเจริญเติบโตที่ดี สมรรถภาพการผลิตสูงขึ้น อัตราการตายต่ำ น้ำในบ่อเลี้ยงปลามีคุณภาพดีขึ้น ต้นทุนการผลิตปลาลดต่ำลง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสำรวจคุณค่าของโภชนะในอาหารปลาดุกลูกผสมที่เกษตรกรผลิตใช้เองในฟาร์ม โดยใช้วัตถุดิบสดเปรียบเทียบกับความต้องการ โภชนะของปลาดุกลูกผสม
2. เพื่อศึกษาผลการผลิตอาหารปลาใช้เองที่ฟาร์มโดยใช้วัตถุดิบอาหารสดกับวัตถุดิบอาหารแห้ง
3. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลการใช้มันสำปะหลังกับข้าว โปดเป็นวัตถุดิบอาหารแหล่งพลังงานในสูตรอาหารต่ออัตราการเจริญเติบโต และสมรรถภาพการผลิต ในปลาดุกลูกผสม
4. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของการใช้มันสำปะหลังกับอาหารสดที่เกษตรกรผลิตใช้เองในฟาร์มต่ออัตราการเจริญเติบโต และสมรรถภาพการผลิตในปลาดุกลูกผสม
5. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสัดส่วนประชากรจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ และจุลินทรีย์ที่ก่อโรค ในทางเดินอาหารปลาดุกลูกผสม เมื่อกินอาหารสูตรมันสำปะหลัง ข้าว โปดและอาหารสด
6. เพื่อศึกษาลักษณะทางจุลกายวิภาคของทางเดินอาหารปลาดุกลูกผสมที่กินอาหารสูตรมันสำปะหลัง ข้าว โปด และอาหารสดที่เกษตรกรนิยมใช้

การตรวจเอกสาร

มันสำปะหลัง

1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

มันสำปะหลังมีชื่อสามัญว่า Cassava (Alves, 2002) สำหรับในปัจจุบันมันสำปะหลังที่ปลูกเชิงการค้ามีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Manihot esculenta* Crantz. (เจริญศักดิ์, 2519 และคณัย, 2537) มันสำปะหลังได้รับการจัดหมวดหมู่ทางพฤกษศาสตร์ให้อยู่ในสกุลเดียวกับยางพาราและละหุ่ง ดังนี้ (Lancaster *et al.*, 1982)

Order: Geraniales

Class: Dicotyledonae

Sub-class: Archichlamydeae

Sub-division: Agiospermae

Family: Euphorbiaceae

Genus: *Manihot*

Tribe: Manihoteae

Species: *Esculenta*

มันสำปะหลังเป็นไม้พุ่มยืนต้นที่มีอายุอยู่ได้หลายปี (Shrubby perennial crop) ลักษณะลำต้นและความสูงของต้นมันสำปะหลังแตกต่างกันตามสายพันธุ์และสภาพแวดล้อม สามารถขยายพันธุ์ได้โดยใช้ท่อนพันธุ์ปักชำ ไบมีลักษณะเป็นแฉกๆ 5-9 แฉก สีเขียวเข้ม มีระบบรากฝอย (Fibrous root system) ซึ่งเป็นคลังสะสมอาหาร เมื่อปลูกได้ประมาณ 2 เดือน รากจะเริ่มสะสมแป้งใน Parenchyma cell ทำให้รากมีขนาดโตขึ้น เรียกว่าหัวมัน (Tuber) โดยทั่วไปแม้มันสำปะหลังจะเป็นพืชยืนต้น แต่เกษตรกรมักจะเก็บส่วนของหัวพืชนี้เมื่ออายุได้ประมาณ 1 ปี ซึ่งระยะนี้ต้นจะมีความสูงประมาณ 2-3 เมตร (เจริญศักดิ์, 2532 และคณัย, 2537)

มันสำปะหลังที่ปลูกกันอยู่ แบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 2 ประเภท (กรมวิชาการเกษตร)

ได้แก่

1. ประเภทที่ใช้ในการอุตสาหกรรม หรือประเภทขม (Bitter type) เรียกว่า “มันแป็ง” ปริมาณแป็งสูง อาจมีรสขม ไม่เหมาะในการรับประทาน เหมาะสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังประเภทต่างๆ เช่น แป็งมัน มันเส้น มันอัดเม็ด เป็นต้น
2. ประเภทที่ใช้เป็นอาหารมนุษย์ หรือประเภทหวาน (Sweet type) เรียกว่า “มันหวานนาทิง” เป็นมันสำปะหลังที่มีรสไม่ขม เนื้อแน่น เหนียว เมื่อต้มหรือนึ่งรสดี ซึ่งใช้บริโภคได้โดยตรง ปริมาณแป็งน้อยกว่าชนิดขม

จำนวนหัวมันของมันสำปะหลังในต้นหนึ่งๆ นั้นจะมีจำนวนคงที่ไม่เพิ่มขึ้นอีกตลอดชั่วอายุการเก็บเกี่ยว และโดยทั่วไปแล้วมันสำปะหลังต้นหนึ่งจะมีหัวมันอยู่ประมาณ 5-20 หัวต่อต้น ซึ่งจำนวนหัวมันจะมีมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และการเกษตรกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยวิทยาศาสตร์ (เจริญศักดิ์, 2519 และคณัย, 2537)

มันสำปะหลังสามารถเจริญเติบโตได้ดีในบริเวณที่มีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส (Cock, 1985) ปลูกได้ทั่วไปในประเทศเขตร้อน มีความทนทานต่อสภาพอากาศแล้งได้ดี โดยหลังจากปลูก เมื่อต้นมันสำปะหลังสามารถตั้งตัวได้แล้ว แม้จะขาดน้ำเป็นระยะเวลาติดต่อกัน 3-4 เดือน ก็สามารถดำรงชีพอยู่ได้ มันสำปะหลังเป็นพืชที่ทนทานต่อโรคพืชและแมลงได้ดี การปลูกและดูแลรักษาทำได้ง่าย สามารถปรับตัวได้ดีในดินที่มีความสมบูรณ์ต่ำ และสามารถปลูกในดินทุกชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งดินร่วนปนทรายและดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง นอกจากนี้มันสำปะหลังยังทนต่อสภาพดินเป็นกรดจัด เช่น ดินที่มีค่า pH ต่ำกว่า 4.4 แต่ไม่สามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตในดินที่เป็นด่าง ที่มีค่า pH มากกว่า 8 ขึ้นไป มันสำปะหลังเป็นพืชวันสั้น หากช่วงแสงของวันเกิน 10-12 ชั่วโมง จะมีผลทำให้ผลผลิตของมันสำปะหลังลดลง การปลูกมันสำปะหลังติดต่อกันหลายปีโดยไม่มีการใส่ปุ๋ยบำรุงดินอย่างถูกต้อง จะมีผลทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลงอย่างรวดเร็ว ตลอดจนโครงสร้างของดินถูกทำลายด้วย (เจริญศักดิ์, 2532 และคณัย, 2537)

2. การผลิตมันสำปะหลังของประเทศไทย

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย สานิต (2540) รายงานว่า การปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2540 มีพื้นที่ประมาณ 6.756 ล้านไร่ ซึ่งกระจายอยู่ในภาคต่างๆ ของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออก จากการผลิตหัวมันสำปะหลังสดปีละหลายล้านตันผลผลิตประมาณครึ่งหนึ่งนำมาใช้ในการผลิตแป้งมันสำปะหลังปีละประมาณ 2 ล้านตัน ส่วนที่เหลือผลิตเป็นมันเส้นและมันอัดเม็ดเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ประมาณ 4.5-6 ล้านตัน การปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทยจะปลูกได้ในพื้นที่ที่เป็นดินทราย หรือดินร่วนปนทราย แม้มีความอุดมสมบูรณ์ของดินไม่มากนัก และมันสำปะหลังยังทนสภาพแห้งแล้งได้ดี สามารถฟื้นตัวได้อย่างรวดเร็วเมื่อได้รับน้ำฝน แต่มันสำปะหลังก็มีข้อด้อยกล่าวคือ มันสำปะหลังเป็นพืชที่ทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับพืชชนิดอื่น ทั้งนี้เนื่องจากมันสำปะหลังมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง และมีการสร้างแป้งต่อหน่วยพื้นที่ปลูกที่สูงมาก อย่างไรก็ตามหากมีการใส่ปุ๋ยอย่างเหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งปุ๋ยอินทรีย์ ก็จะทำให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสูงขึ้นได้ และยังทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินดีขึ้นด้วย ผลที่ตามมาก็คือ ผลผลิตหัวมันสำปะหลังในปีถัดๆ ไปดีขึ้นด้วย (อุทัย และสุกัญญา, 2547)

มันสำปะหลังที่ปลูกกันในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นประเภทที่ใช้ในอุตสาหกรรม และใช้เลี้ยงสัตว์ มันสำปะหลังพวกนี้มีอยู่หลายพันธุ์ สำหรับพันธุ์ที่ปลูกกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทยก็มีหลายสายพันธุ์ กล่าวคือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 (KU. 50) พันธุ์ระยอง 5 ระยอง 60 ระยอง 72 ระยอง 90 เป็นต้น โดยพันธุ์ต่างๆ เหล่านี้เป็นพันธุ์ที่ปรับปรุงให้มีผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งสูงเหมาะที่จะเป็นการค้าได้ โดยที่พันธุ์ล่าสุดที่แนะนำให้เกษตรกรปลูกคือ พันธุ์ห้วยบง 60 ที่ได้รับการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ โดยมูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทยในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ร่วมกับมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งเป็นพันธุ์ที่จัดว่าให้ผลผลิตสูง เปอร์เซ็นต์แป้งสูง และสามารถปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย สายพันธุ์หนึ่ง (อุทัย และสุกัญญา, 2547)

3. ส่วนประกอบทางเคมี และคุณค่าทางโภชนาของมันเส้นและมันอัดเม็ด

มันสำปะหลังจัดเป็นวัตถุดิบประเภทพลังงาน มีโปรตีนอยู่ในระดับต่ำ (ประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์) และมีกรดอะมิโนต่ำเมื่อเทียบกับวัตถุดิบอาหารประเภทอื่นๆ (ตารางที่ 1 และ 2)

นอกจากนี้มันสำปะหลังยังมีระดับไขมันต่ำ (อุทัย และสุกัญญา, 2547) Onwueme and Charles (1994) ได้กล่าวว่า ในหัวมันสดประกอบด้วยสารอาหารต่างๆ ดังนี้ คาร์โบไฮเดรต 30-35 เปอร์เซ็นต์ (ประมาณ 70-90 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาล แป้ง เซมิเซลลูโลส (Hemicellulose) และเซลลูโลส (Cellulose) น้ำตาลมีอยู่ประมาณ 2-5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งอยู่ในรูปของซูโครส 71.03 เปอร์เซ็นต์ กลูโคส 12.84 เปอร์เซ็นต์ ฟรุกโทส 7.98 เปอร์เซ็นต์ และมอลโทส 2.98 เปอร์เซ็นต์ (เจริญศักดิ์, 2519) คาร์โบไฮเดรตของมันสำปะหลังส่วนใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ข่อยง่าย (Nitrogen free extract) ซึ่งมีอยู่สูงถึง 77-82 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง และส่วนใหญ่ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของคาร์โบไฮเดรตที่ข่อยง่ายเป็นสารประกอบจำพวกแป้ง (Starch) (สาโรช และคณะ, 2524) จึงทำให้คาร์โบไฮเดรตของมันสำปะหลังมีการข่อยได้สูง (อุทัย และคณะ, 2540 และ Montaldo, 1977) หัวมันสำปะหลังสดมี โปรตีน 0.5-1.5 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.3 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 1-2 เปอร์เซ็นต์ และแร่ธาตุ 1 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 60-65 เปอร์เซ็นต์ หรือน้ำหนักแห้ง 35-40 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นกับชนิดของดิน ความชื้นในดิน ภูมิอากาศและอายุการเก็บเกี่ยว

แป้งจากมันสำปะหลังมีองค์ประกอบหลัก 2 อย่าง คือ อะมิโลสและอะมิโลเพกติน แป้งมันสำปะหลังมีอะมิโลสขนาด 1,000-6,000 หน่วยกลูโคส อะมิโลเพกตินขนาด 2,000,000 หน่วยกลูโคส หรือคิดเป็นสัดส่วนอะมิโลส 17 เปอร์เซ็นต์ อะมิโลเพกติน 71 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจัดได้ว่าแป้งมันสำปะหลังเป็นแป้งจากส่วนรากมีสัดส่วนอะมิโลสต่ำ จึงมีการพองตัวที่ดี และมีค่าความสามารถในการละลายได้สูงกว่าแป้งจากธัญพืช (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2543)

มันสำปะหลังมีโปรตีนต่ำเฉลี่ยไม่เกิน 2.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และโปรตีนของมันสำปะหลังประกอบด้วยกรดอะมิโนจำเป็นในอาหารชนิดต่างๆ แต่จะมีกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ เช่น เมทไธโอนีน ซิสทีน และกรดอะมิโนที่จำเป็นอื่นๆ ในปริมาณต่ำ (Allen, 1985) ดังนั้นการใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานทดแทนธัญพืชในอาหารสุกรจะได้ผลดีเพียงใด จึงขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณภาพของแหล่งโปรตีน ที่นำมาเสริมเพื่อชดเชยกับปริมาณโปรตีนที่มีอยู่ต่ำในมันสำปะหลัง เพื่อทำให้ปริมาณกรดอะมิโนเมทไธโอนีน และกรดอะมิโนที่จำเป็นอื่นๆ พอเพียงกับความต้องการ และมากพอสำหรับการสร้างเนื้อเยื่อ และการกำจัดความเป็นพิษจากกรดไฮโดรซัยยานิก เนื่องจากเมทไธโอนีนและวิตามินบี 12 มีหน้าที่ช่วยลดความเป็นพิษและขับสารไฮยาไนด์ด้วย (อุทัย และสุกัญญา, 2547)

มันสำปะหลังมีระดับไขมันต่ำเพียง 0.4-1.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และมีกรดไขมันที่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ ได้แก่ กรดปาล์มิติก (Palmitic acid) และกรดไขมันไม่อิ่มตัว ได้แก่ กรดโอเลอิก (Oleic acid) ซึ่งมีอยู่ประมาณ 38.6 และ 44.8 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมดตามลำดับ ส่วนกรดไขมันลิโนเลอิก (Linoleic acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันจำเป็นในอาหารมีปริมาณเพียง 10.9 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด ดังนั้นเพื่อให้อาหารมีปริมาณไขมันพอเพียงกับความต้องการของสุกร และเพื่อเพิ่มความน่ากินของอาหาร รวมทั้งการดูดซึมและการใช้ประโยชน์จากโภชนาในอาหารเพิ่มขึ้น ควรเสริมไขมันลงในสูตรอาหารมันสำปะหลังประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ (สาโรช และคณะ, 2527 และ อุทัย, 2529)

มันสำปะหลังมีปริมาณวิตามินอยู่ในปริมาณต่ำ นอกจากนี้วิตามินอาจถูกทำลายและสูญเสียในระหว่างกระบวนการผลิตเช่น การตากแห้ง การผ่าน การบด จึงจำเป็นต้องเสริมวิตามินลงในสูตรอาหารมันสำปะหลังให้เพียงพอความต้องการของสัตว์ แต่มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบอาหารที่มีแร่ธาตุค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับวัตถุดิบอาหารพลังงานอื่นๆ โดยมันสำปะหลังแห้งจะมีแร่ธาตุ (เถ่า) เป็นองค์ประกอบโดยเฉลี่ยประมาณ 2.0 เปอร์เซ็นต์ แต่มีธาตุฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบต่ำ ทำให้มีปริมาณไฟเตทต่ำตามไปด้วย จึงทำให้ช่วยลดปัญหาการเกิดมลภาวะการปนเปื้อนของธาตุฟอสฟอรัสในสิ่งแวดล้อมได้ (สาโรชน์ และคณะ, 2527 และ Oke, 1978)

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาของหัวมันสำปะหลัง และมันสำปะหลังอัดเม็ด (% น้ำหนักแห้ง)

ส่วนประกอบทาง โภชนา	เจริญศักดิ์ (2532) ²	อุทัย และคณะ (2540) ²	Weurding <i>et al.</i> (2001) ²	Ravindran <i>et al.</i> (1982) ¹
ความชื้น (%)	63.28	-	11.4	-
คาร์โบไฮเดรต (%)	80.96	-	-	88.4
แป้ง (%)	-	-	61.7	-
กลูโคส (%)	-	-	0.3	-
โปรตีน (%)	3.21	2.0	2.3	2.9
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ ของสัตว์ปีก (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	-	3,500	-	-
ไขมัน (%)	0.22	0.75	0.4	1.4
เยื่อใย (%)	2.70	4.00	4.8	5.0
เถ้า (%)	2.31	-	6.1	2.3
แคลเซียม (มก./กก.)	0.12	-	-	-
ฟอสฟอรัส (มก./กก.)	0.04	0.05	-	-
โปแตสเซียม (มก./กก.)	0.26	-	-	-
กรดไฮโดรไซยานิก (ppm)	173	-	-	-

¹ หัวมันสำปะหลัง

² มันเส้น

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบปริมาณ โภชนะต่างๆ ในมันสำปะหลังกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ให้พลังงานชนิดอื่นๆ

องค์ประกอบทางโภชนะ (เปอร์เซ็นต์)	มันสำปะหลัง	ข้าวโพด	ปลายข้าว	รำละเอียด
โปรตีน	2.00	8.00	8.00	12.00
พลังงานสุกรใช้ประโยชน์ได้ (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	3260	3168	3596	3120
พลังงานสัตว์ปีกใช้ประโยชน์ได้ (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	3500	3370	3500	2710
ไขมัน	0.75	4.00	0.90	12.00
เยื่อใย	4.00	2.50	1.00	11.00
แคลเซียม	0.12	0.01	0.03	0.06
ฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์ได้	0.05	0.10	0.04	0.47
กรดอะมิโนจำเป็นในอาหาร				
ไลซีน	0.09	0.25	0.27	0.55
เมทไธโอนีน + ซีสทีน	0.06	0.39	0.32	0.50
ทรีโตนิน	0.02	0.09	0.10	0.10
ทรีโอนีน	0.07	0.32	0.36	0.25

ที่มา: อุทัยและสุกัญญา (2547)

มันสำปะหลังมีพลังงานรวมและพลังงานที่ย่อยได้ประมาณ 4,000-4,100 และ 3,650 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (Moller, 1978) และพลังงานใช้ประโยชน์ได้มีค่าประมาณ 3,260-3,300 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม (สาโรช และคณะ, 2527 และ อุทัยและสุกัญญา, 2547) ระดับพลังงานในมันสำปะหลังอาจแตกต่างกันเนื่องจากความแตกต่างของอายุ สายพันธุ์และกรรมวิธีการผลิต (Gomez *et al.*, 1984) ปริมาณเยื่อใยและเถ้าสูง มีผลทำให้มันสำปะหลังมีค่าพลังงาน ค่าการย่อยได้ ค่าการใช้ประโยชน์ได้ของอาหารต่ำลง

ส่วนของหัวมันสำปะหลังที่แปรรูปเป็นมันเส้นหรือมันอัดเม็ด สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มาก ทั้งการใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์และเป็นวัตถุดิบใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมการหมัก เป็นต้น เนื่องจากหัวมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานที่ดี คือ ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนใหญ่ เมื่อทำให้หัวมันแห้งและแปรรูปเป็นมันเส้นหรือมันอัดเม็ดแล้ว ส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ง่ายขึ้น (nitrogen-free extract; NFE) จะมีปริมาณสูงขึ้นเป็น 77-82 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก และประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ของคาร์โบไฮเดรตที่ง่ายขึ้นเป็นสารประกอบจำพวกแป้ง (starch) (สาโรช และคณะ, 2524) อีกทั้งแป้งในมันสำปะหลังเป็นแป้งอ่อนและย่อยง่ายจึงทำให้สัตว์สามารถนำไปย่อยและใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ และเหมาะสมที่จะเป็นวัตถุดิบอาหารแหล่งให้พลังงานแก่สัตว์กระเพาะเดี่ยว (อุทัย และคณะ, 2540; Montaldo, 1977)

4. ข้อดีของการใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์

การศึกษาการใช้ประโยชน์ของมันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์ ได้ทำมานานแล้ว โดย Oke (1978) รายงานว่ามันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งพลังงานที่ดีทั้งกับสัตว์กระเพาะเดี่ยวและกระเพาะรวม โดยที่แป้งในมันสำปะหลังสามารถถูกย่อยได้ง่ายมากเมื่อเทียบกับข้าวโพดซึ่งแป้งในข้าวโพดเป็นแป้งแข็ง นอกจากนี้ยังสามารถใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานหลักในอาหารสัตว์ปีกได้ด้วย แต่ต้องระวังเรื่องสารพิษ ระดับโปรตีนและระดับกรดอะมิโนในอาหาร สำหรับประเทศไทยก็มีการศึกษาการใช้มันสำปะหลังในอาหารสัตว์เป็นจำนวนมาก และผลการศึกษาต่างก็แสดงให้เห็นว่ามันสำปะหลังสามารถทดแทนวัตถุดิบอาหารพลังงานที่ใช้กันทั่วไป ซึ่งจากผลงานวิจัยและการใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์ของเกษตรกรและโรงงานอาหารสัตว์ อาจสรุปได้ว่ามันสำปะหลังมีข้อดีดังนี้

4.1 แป้งย่อยง่าย

แป้งมันสำปะหลังมีลักษณะเป็นแป้งอ่อน และมีอะไมโลเพคตินเป็นองค์ประกอบมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ คุณสมบัติของแป้งอ่อนดูดซับน้ำไว้ในโมเลกุลได้อย่างรวดเร็ว และแป้งของมันสำปะหลังมีอนุภาคที่ละเอียดมากเมื่อเทียบกับแป้งข้าวโพด ทำให้เอนไซม์อะไมเลสในทางเดินอาหารย่อยแป้งได้รวดเร็ว เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังมีพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับน้ำย่อยได้ดี และหากแป้งมันสำปะหลังได้รับการแปรรูปเป็นมันอัดเม็ดจะส่งผลให้เกิดการเจลาติไนเซชัน (Gelatinization) ของแป้งบางส่วนในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการอัดเม็ด (สุวรรณ, 2548) กล้า

ณรงค์และเกื้อกูล (2543) กล่าวว่า แป้งมันสำปะหลังคุดน้ำและพองตัวได้ง่ายกว่าแป้งในข้าวโพด ทำให้เอนไซม์อะไมเลส (Amylase) ในทางเดินอาหารย่อยแป้งมันสำปะหลังได้รวดเร็วกว่าด้วย เพราะโครงสร้างของเม็ดแป้งมันสำปะหลังมีอะไมโลเพกตินเป็นส่วนประกอบอยู่ 83% มากกว่าข้าวโพด ที่มีเพียง 72% และเม็ดแป้งข้าวโพดเองก็เกิดการพองตัวยาก สัตว์จึงย่อยได้ยากกว่ามันสำปะหลัง ซึ่งการที่แป้งย่อยได้ดีนี้จะมีผลทำให้ความเครียดที่เกิดจากการย่อยและการดูดซึมอาหารของสัตว์ลดลง และอาจมีผลทำให้สัตว์ก็มีสุขภาพดีมากขึ้นด้วย Reas (1996) รายงานว่า มันสำปะหลังมีการย่อยได้ของวัตถุดิบแห้ง อินทรีย์วัตถุ และพลังงานสูงสุดในส่วนต่างๆ ของทางเดินอาหารสุกรระยะรุ่น โดยเปรียบเทียบกับข้าวโพด ข้าวฟ่าง และข้าวบาร์เลย์

4.2 มีการปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อราอย่างมาก

มันสำปะหลังจัดได้ว่าเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ปลอดสารพิษจากเชื้อรา แม้ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังในสภาพการผลิตและการเก็บรักษาทั่วไปอาจมีการปนเปื้อนของเชื้อราอยู่บ้าง แต่เชื้อราเหล่านั้นจะมีการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินและสารพิษอื่นๆ น้อยมากหรือไม่สร้างเลย อีกทั้งไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อสัตว์ประการใด Scudamore *et al.* (1997) ตรวจสอบสารพิษจากเชื้อราในวัตถุดิบอาหารสัตว์ในปี 1992 จำนวน 330 ตัวอย่างจากโรงงานอาหารสัตว์ 186 แห่งในประเทศอังกฤษ ผลการตรวจไม่พบการปนเปื้อนสารพิษชนิดอื่นจากเชื้อรา ในตัวอย่างมันสำปะหลังจากประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เลย ขณะที่ในตัวอย่างข้าวโพด ไร่ข้าว กากเนื้อในปาล์ม กากเมล็ดฝ้าย ข้าวสาลี และข้าวบาเลย์ ซึ่งเก็บในสภาพเดียวกันในโรงงานอาหารสัตว์นั้น กลับพบการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซิน บี1 (Aflatoxin B1) ฟูโมนิซิน บี1 และบี2 (Fumonisin B1, B2) และ ซีราลีโนน (Zeralenone)

4.3 สุขภาพและภูมิคุ้มกันโรคของสัตว์ดีขึ้น

ผลการใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์มักพบว่า สัตว์ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรมันสำปะหลังมีสุขภาพดีขึ้น ความต้านทานโรคสูงขึ้น และต้องการใช้ยาปฏิชีวนะน้อยลงหรือไม่ต้องใช้เลย ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยที่พบว่าการใช้มันสำปะหลังในสูตรอาหารสัตว์ มีผลทำให้สัตว์มีความต้านทานต่อโรค และมีภูมิต้านทานโรคสูงขึ้น (อุทัย และสุกัญญา, 2547)

สุวรรณา และอุทัย (2545) อธิบายว่า Mucosal protein ในส่วนลำไส้เล็กทั้ง 3 ส่วน (ดูโอดินัม เจจูนัม และไอเลียม) ของไก่อกระทงที่กินอาหาร 3 กลุ่มคือ สูตรอาหารข้าวโพด มันเส้น และมันอัดเม็ด แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ Sucrase และ Maltase activity ในส่วนดูโอดินัม และ Sucrase activity ในส่วนเจจูนัมของไก่อกระทงที่กินอาหารข้าวโพดมีค่าต่ำกว่าไก่อกระทงกินอาหารมันเส้นและมันอัดเม็ดอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) การที่มันสำปะหลังสามารถย่อยและดูดซึมได้ง่ายในส่วนต้นของลำไส้เล็ก ทำให้กลูโคสหลงเหลืออยู่ในส่วนลำไส้เล็กส่วนต้นและส่วนปลายน้อยจึงไม่มีกลูโคสเหลือพอสำหรับจุลินทรีย์ที่หลงเหลือเข้ามากับอาหาร โดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่เป็นโทษ เช่น *Salmonella* หรือ *Escherichia coli* (*E. coli*) ทำให้จุลินทรีย์เหล่านั้นไม่สามารถเพิ่มจำนวนและเจริญเติบโตในส่วนลำไส้เล็กได้ จึงลดการทำลายผนังลำไส้เล็ก สัตว์ที่กินมันสำปะหลังจึงมีสุขภาพดีปราศจากโรคทางเดินอาหาร

สุวรรณา และคณะ (2548) ได้รายงานว่ ไก่เนื้อที่กินอาหารสูตรมันเส้นและมันอัดเม็ด มีปริมาณจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ได้แก่ *Lactobacillus* spp. และ *Bifidobacterium* spp. มากกว่า และมีปริมาณจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อโรค ได้แก่ *E. coli* น้อยกว่าสูตรอาหารข้าวโพด ทั้งในส่วนปลายลำไส้เล็ก และในส่วนซีกมื่ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้อาหารสูตรมันสำปะหลังทั้ง 2 สูตร ยังมีผลทำให้ไก่เนื้อมีระดับพีเอชทั้งในส่วนปลายลำไส้เล็ก และส่วนซีกมื่อต่ำกว่าไก่เนื้อที่กินสูตรอาหารข้าวโพดแม้ความแตกต่างจะไม่มีนัยสำคัญทางสถิติก็ตาม

สาธิต (2546) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบ ผลการใช้มันสำปะหลังและข้าวโพดในสูตรอาหารต่อเนื้อเยื่อลำไส้เล็กและระดับภูมิคุ้มกันต่อโรคอหิวาต์ในสุกร พบว่าสูตรที่กินอาหารสูตรที่ใช้มันเส้นเป็นแหล่งพลังงานมีความเข้มข้นของอิมมูโนโกลอบิวลินจีในเลือดเท่ากับ 22.88 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สูงกว่าการใช้ข้าวโพดและมันอัดเม็ด (18.17 และ 18.86 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงของอิมมูโนโกลอบิวลินจีภายใต้อิทธิพลของอายุสุกร พบว่าปริมาณของอิมมูโนโกลอบิวลินจีในแต่ละอายุของสุกร ที่เฉลี่ยจากสูตรอาหารทั้ง 3 สูตร มีความแตกต่างกัน ตามอายุ 2 กลุ่ม ($P < 0.01$) กล่าวคือ กลุ่มของสุกรที่อายุ 10 และ 14 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.79 และ 10.44 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับซึ่งมีค่าต่ำกว่ากลุ่มของสุกรที่มีอายุ 18, 20 และ 22 สัปดาห์ (27.85, 26.84 และ 23.94 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ) โดยมีแนวโน้มว่าสุกรที่มีอายุ 18 สัปดาห์ มีความเข้มข้นของอิมมูโนโกลอบิวลินจีสูงสุด

สาธิต (2546) ยังได้รายงานอีกว่า ระดับชีรัมนิวทรอลไลซ์ต่อวัคซินโรคอหิวาต์ในสุกร ที่กินอาหารสูตรที่ใช้มันเส้น มันอัดเม็ดและข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงาน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่กลุ่มกินอาหารสูตรมันเส้น มีแนวโน้มของระดับการตอบสนองของชีรัมนิวทรอลไลซ์ต่อโรคอหิวาต์ในสุกรสูงกว่าสุกรที่กินข้าวโพดและมันอัดเม็ด

กานดา และคณะ (2546) ได้รายงานถึงการปนเปื้อนของจุลินทรีย์โดยธรรมชาติบนมันเส้น มันอัดเม็ดและข้าวโพดในประเทศไทย พบว่ามันสำปะหลังมีการปนเปื้อนของ Lactic acid bacteria, Yeast และ *E. coli* ขณะที่บนข้าวโพดจะพบเฉพาะ *E. coli* เท่านั้น โดยพบว่าสุกรที่กินอาหารสูตรมันสำปะหลังมีประชากรของจุลินทรีย์ *Lactobacillus* spp. และ Yeast มากกว่าสุกรที่กินอาหารสูตรข้าวโพด แต่มีค่า pH และประชากรของจุลินทรีย์ *E. coli* ที่ปลายลำไส้น้อยกว่าสุกรที่กินอาหารสูตรข้าวโพด ($P < 0.05$) สภาพทางเดินอาหารดังกล่าวมีผลให้สุกรที่กินอาหารสูตรมันสำปะหลังมีสุขภาพและความต้านทานโรคดีกว่าสุกรที่กินอาหารสูตรข้าวโพด

การที่สัตว์มีสุขภาพและความต้านทานโรคดีขึ้นเมื่อกินอาหารสูตรมันสำปะหลังนั้น เนื่องจากแป้งที่ย่อยง่ายและได้รับสารพิษต่ำ การที่แป้งในทางเดินอาหารช่วงแรกก่อนถึงลำไส้เล็กถูกย่อยได้ดีกว่านั้นจะส่งเสริมให้มีการเจริญของ Lactic acid bacteria เช่น *Lactobacillus* spp. มากขึ้นในทางเดินอาหารส่วนท้าย ส่งผลให้ปริมาณประชากร *Lactobacillus* spp. สูงขึ้นและ pH ต่ำลง (มีกรดแลคติกมากขึ้น) ทำให้มีการกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันโรคในสัตว์ให้สูงขึ้น

4.4 ลดกลิ่นเหม็นจากมูลสัตว์

รายงานผลจากเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์กล่าวว่า อาหารสูตรมันสำปะหลังจะทำให้กลิ่นเหม็นของมูลสุกรลดลง ส่งผลให้แมลงวันมารบกวนน้อยลง และทำให้ลดแมลงที่ทำหน้าที่เป็นพาหะนำโรคร้ายในคอกเลี้ยงสัตว์ ถึงแม้ว่าจะไม่มีข้อมูลจากงานวิจัยมาสนับสนุนข้อความดังกล่าว แต่จากการที่สัตว์ที่ได้รับอาหารสูตรมันสำปะหลัง มีผลทำให้สภาพความเป็นกรดเป็นด่างในทางเดินอาหารมีค่าต่ำลง และมีปริมาณ *E. coli* ลดลงในทางเดินอาหารส่วนปลาย จะส่งผลให้มีการผลิตสาร Indole และ Skatole (3-methyl indole) ซึ่งเป็นสารที่ส่งกลิ่นในมูลสัตว์และความเป็นกรดเป็นด่างต่ำลงในทางเดินอาหารของสัตว์ อาจส่งผลให้ pH ในมูลสุกรต่ำลงด้วย ทำให้มีสภาพไม่เหมาะที่จะให้ไข่แมลงวันฟักตัวออกเป็นตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของแมลงวันได้ จึงทำให้สภาพแวดล้อมของฟาร์มสุกรดีขึ้น (อุทัย และสุกัญญา, 2547)

4.5 สามารถใช้มันสำปะหลังทดแทนธัญพืชได้อย่างเต็มที่ ในสูตรอาหารสัตว์ทุกชนิดและทุกระยะ

การศึกษาทดลองใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ มีจำนวนมากในช่วงระยะที่ผ่านมา รวมทั้งมีการใช้มันสำปะหลังจริงในฟาร์มของเกษตรกรและโรงงานผลิตอาหารสัตว์ โดยผลการใช้สามารถยืนยันได้ว่ามันสำปะหลังสามารถใช้ทดแทนธัญพืช (ข้าวโพดหรือปลายข้าว) ได้อย่างเต็มที่ ในอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ เช่น อาหารสุกร ไก่เนื้อ ไก่ไข่ โคนม โคเนื้อ เป็นต้น ทั้งนี้รวมไปถึงอาหารปลาด้วย (อุทัย และสุกัญญา, 2547)

รายงานจากการศึกษาผลของการใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพด ในสูตรอาหารปลาดุกลูกผสม โดยอรพินท์ และคณะ (2542) พบว่าสามารถใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร (สูตร 4) โดยให้สมรรถภาพการผลิตได้เช่นเดียวกับสูตรอาหารที่ใช้ข้าวโพดเป็นหลัก (สูตร 1) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ผลการใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดในอาหารปลาดุกลูกผสม

	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4
ระดับการทดแทน :	0	50%	75%	100%
ระดับมันสำปะหลังในสูตร :	0	13%	20%	26%
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง (กรัม)	84.06	82.96	80.46	98.80
การเติบโต (กรัม/วัน)	0.70	0.69	0.67	0.82
ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม)	144.00	115.00	147.00	176.00
ประสิทธิภาพการใช้อาหาร	1.72	1.36	1.83	1.79
อัตราการรอด (%)	88.60	90.30	86.10	98.90

ที่มา: อรพินท์ และคณะ (2542)

4.6 เป็นวัตถุดิบที่ไม่มีการตัดต่อทางพันธุกรรม

อุทัย และสุกัญญา (2547) กล่าวว่า มันสำปะหลังที่ปลูกในประเทศไทยเป็นพืชสาย

พันธุ์กรรมคาที่ได้รับบริการรับรองแล้วว่าไม่มีการตัดแปรหรือการตัดต่อทางพันธุกรรม จึงสามารถใช้ในการผลิตสัตว์เพื่อการส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศ โดยเฉพาะสหภาพยุโรปที่มีความเข้มงวดในเรื่องนี้

4.7 ลดต้นทุนการผลิตสัตว์

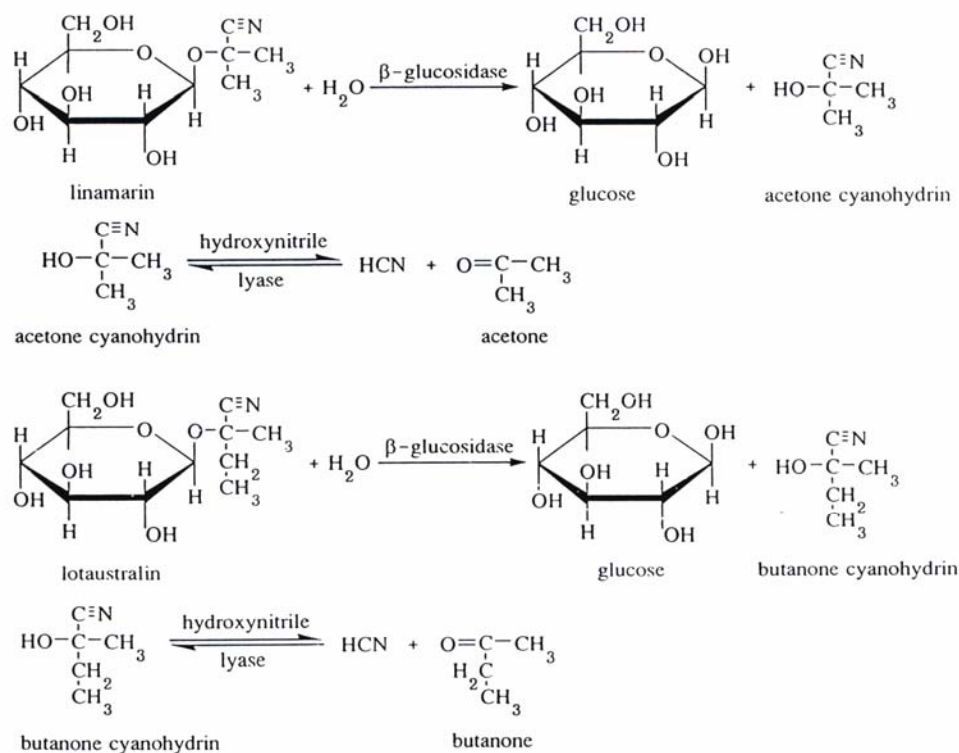
ถึงแม้ว่าจะมีการปรับคุณค่าทางอาหารของมันสำปะหลัง ให้เทียบเท่ากับข้าวโพดและปลายข้าวแล้วก็ตาม สูตรอาหารมันสำปะหลังก็มักจะมีราคาถูกกว่าเสมอ ทั้งนี้เนื่องจากโดยปกติแล้วมันสำปะหลังจะมีราคาต่อหน่วยถูกกว่าข้าวโพดและปลายข้าวมาก ดังนั้นการใช้สูตรอาหารมันสำปะหลังในการเลี้ยงสัตว์จึงสามารถลดต้นทุนการผลิตสัตว์ได้ โดยไม่เพียงแต่ลดต้นทุนค่าอาหารลงเท่านั้น แต่ยังลดต้นทุนจากการลดการใช้สารปฏิชีวนะและสารเคมีในการผลิตสัตว์ จึงนับว่าเป็นประโยชน์ต่อการผลิตอาหารปลอดภัยจากสัตว์ อีกทั้งทำให้อัตราการตายของสัตว์ลดลง และสัตว์มีสุขภาพดีขึ้นด้วย ซึ่งทั้งหมดเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่ง ที่ทำให้มีการยอมรับการใช้มันสำปะหลังในสูตรอาหารสัตว์กันอย่างกว้างขวางทั้งในประเทศไทยและในประเทศอื่นๆ ทั่วโลก (อุทัย และ สุกัญญา, 2547)

5. สารพิษและแนวทางในการลดสารพิษในมันสำปะหลัง

ในหัวมันสำปะหลังสดมีสารพิษกรดไฮโดรไซยานิก (Hydrocyanic acid; HCN) ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของส่วนประกอบในน้ำยางสีขาวข้นได้เปลือก ที่เรียกว่า ไชยาโนเจนิกกลูโคไซด์ (Cyanogenic glucoside) (เจริญศักดิ์, 2532) สารนี้จะประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆ คือ ลินามาริน (Linamarin) และโลทอสตราลิน (Lotaustralin) ในสัดส่วน 93 และ 7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สารทั้งสองนี้สังเคราะห์จากกรดอะมิโนวาเลีน (Valine) และไอโซลูซีน (Isolucine) ตามลำดับ (Onwueme, 1978) ทั้งนี้สาร ไชยาโนเจนิกกลูโคไซด์ทั้งสองชนิดดังกล่าวจะไม่ก่ออันตรายต่อพืช เนื่องจากสารเหล่านี้ถูกสังเคราะห์เปลี่ยนไปเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ แอสปาราจีน (asparagine) กรดแอสพาร์ติก (aspartic acid) กรดกลูตามิก (glutamic acid) และกลูตามีน (glutamine) (Nartey, 1973)

Nartey (1973) และ Lykkesfeld and Miller (1994) กล่าวว่า ในสภาพการเจริญเติบโตปกติจะไม่พบกรดไฮโดรไซยานิกในต้นหรือในหัวมันสำปะหลัง แต่เมื่อเซลล์ถูกทำลายหรือแตกออก

ไม่ว่าจะด้วยการสับหรือผ่านระหว่างทำมันเส้น มีผลทำให้ไปเร่งการทำงานของเอนไซม์ที่อยู่ในบริเวณภายนอกเซลล์ คือ เอนไซม์ลินามาราส (linamarase) หรือเบต้ากลูโคซิเดส (β -glucosidase) เอนไซม์ลินามาราสนี้จะทำปฏิกิริยาเร่งให้สารลินามารินสลายตัวเองออก จึงเกิดเป็นกรดไฮโดรไซยานิก อะซีโตน (acetone) และน้ำตาลกลูโคส (glucose) เช่นเดียวกับสารโลทอสตราลินจะถูกย่อยสลายและได้กรดไฮโดรไซยานิก กลูโคส และบิวทานอน (butanone) ดังแสดงในภาพที่ 1



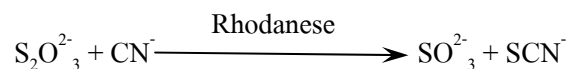
ภาพที่ 1 การสลายตัวของลินามารินและโลทอสตราลินเกิดสารพิษกรดไฮโดรไซยานิก

ที่มา: Conn (1994)

ความเป็นพิษของกรดไฮโดรไซยานิกมีกลไกการออกฤทธิ์ในระดับเซลล์ของสัตว์ โดยไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไซโตโครมออกซิเดส (Cytochrome oxidase) และเอนไซม์กลูโคซิลทรานเฟอร์เรส (Glucosyltransferase) โดยรวมตัวกับธาตุเหล็กที่อยู่ในรูปเฟอร์ริก (Ferric) ภายในไซโตโครม (Cytochrome) เกิดเป็นสารประกอบไซยาโนไซโตโครมออกซิเดส (Cynocytochrome oxidase complex) ซึ่งสารนี้จะไปขัดขวางการทำงานในกระบวนการขนส่ง

(Electron transport system) ในไมโทคอนเดรีย (Mitochondria) มีผลกระทบต่อการทำงานของเซลล์ และการใช้ออกซิเจนของเซลล์ถูกขัดขวาง การสังเคราะห์อะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (Adenosinetriphosphate, ATP) หยุดชะงัก ทำให้ในเลือดมีออกซิเจนสูง ระบบหายใจขัดข้อง เซลล์ต่างๆ เช่น ระบบประสาท กล้ามเนื้อ ตลอดจนหัวใจทำงานผิดปกติ (มาลินี, 2525 และ รุ่งเรืองและคณะ, 2547)

ร่างกายสัตว์สามารถกำจัดกรดไฮโดรไซยานิกได้ โดยการเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนกรดไฮโดรไซยานิกเป็นสารที่ไม่เป็นพิษในรูปไทโอซัลเฟต และขับออกนอกร่างกายทางปัสสาวะ ส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่ตับโดยเอนไซม์โรดานีส (Rhodanese) หรือไทโอซัลเฟตซัลเฟอร์ทรานเฟอร์เรส (Thiosulfatesulfurtransferase) และยังสามารถพบเอนไซม์นี้ได้เนื้อเยื่อไตและไทรอยด์ โดยไปเร่งปฏิกิริยาการรวมตัวของไซยาไนด์กับสารไทโอซัลเฟต ได้เป็นสารประกอบไทโอไซยาเนต (สารโรซ และเยวมาลย์, 2528) ดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งการกำจัดสารพิษได้อย่างมีประสิทธิภาพเพียงใดขึ้นอยู่กับสารประกอบที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบในร่างกายสัตว์ และจากอาหารที่ได้รับ (Hill, 1977)



ภาพที่ 2 การรวมตัวของไซยาไนด์กับไทโอซัลเฟตได้สารประกอบไทโอไซยาเนตโดยปฏิกิริยาของเอนไซม์โรดานีส

ที่มา: Cheeke and Shull (1985)

การลดปริมาณกรดไฮโดรไซยานิก สามารถทำได้หลายวิธี (อุทัย และสุกัญญา, 2547) ดังนี้

1. การปอกเปลือก เนื่องจากปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกในหัวมันสำปะหลังในส่วนที่เปลือกจะมากกว่าเนื้อ ดังนั้นการปอกเปลือกจึงช่วยลดปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกได้
2. การล้างน้ำหรือการแช่น้ำ กรดไฮโดรไซยานิกสามารถละลายน้ำได้ ดังนั้นการนำหัวมันสำปะหลังไปล้างน้ำและแช่น้ำหลายๆ ครั้งสามารถลดปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกได้

3. การทำให้แห้ง โดยการแปรรูปเป็นมันเส้นหรือเป็นมันอัดเม็ด การทำมันเส้นโดยการหันหัวมันสำปะหลังเป็นชิ้นเล็กๆ และทำให้แห้งโดยวิธีการผึ่งหรือการตากแดด จะกระตุ้นทำให้เกิดการย่อยสลายสารไซยาโนเจนิกกลูโคไซด์ และมีการปลดปล่อยสารพิษกรดไฮโดรไซยานิกออกมา และจะระเหยออกสู่อากาศ ทำให้ปริมาณสารพิษที่เหลืออยู่ในมันเส้นน้อยลง โดยเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการผึ่งหรือตากแดดให้นานขึ้น จะมีผลทำให้ปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกในมันเส้นลดน้อยลง ดังที่แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลของระยะเวลาการตากมันสำปะหลังต่อระดับไซยาไนด์ (HCN) ในมันเส้น

จำนวนวันที่ตาก	ระดับไซยาไนด์ (พีพีเอ็ม)
0	111.83
1	111.96
2	110.96
3	109.96
4	90.72
5	52.22
6	22.97

ที่มา: Khajareern *et. al.* (1982)

4. การผ่านความร้อนโดยการต้ม อบ นึ่ง โดยปกติเอนไซม์ลินามาเลสสามารถทำงานได้ในสภาวะที่เหมาะสม เช่น ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และ pH 5.5-6.0 ดังนั้นเมื่อให้ความร้อนแก่มันสำปะหลังที่อุณหภูมิสูงกว่า 72 องศาเซลเซียส จะทำให้เอนไซม์ลินามาเลสถูกทำลายให้เสื่อมสภาพไปและไม่สามารถทำงานได้ (เจริญศักดิ์, 2532)

5. การหมัก เนื่องจากกระบวนการหมักจะทำให้ pH ต่ำลงและมีสภาพเป็นกรดซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายสารไซยาโนจีนิกกลูโคไซด์ ทำให้กรดไฮโดรไซยานิกไหลรวมกันออกมากับน้ำ และออกจากไซโล (silo) หมักต่อไป ประกอบกับการหมักจะมีจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการใช้สารประกอบไนโตรเจนสูง ดังนั้นกรดไฮโดรไซยานิกซึ่งจัดเป็นสารประกอบไนโตรเจนจึงถูกทำลายได้ด้วยจุลินทรีย์นี้ (เจริญศักดิ์, 2532)

6. การทำเป็นแป้ง การทำแป้งมันสำปะหลังมี 2 วิธี คือ แบบแห้งและแบบเปียก ในการทำแป้งมันแบบแห้ง หัวมันจะผ่านกระบวนการทำให้แห้งโดยการนำมาเผาหรืออบแล้วบดให้ละเอียด ซึ่งในขั้นตอนดังกล่าวนี้จะมีผลทำให้ให้กรดไฮโดรไซยานิคลดลงได้ เช่นเดียวกับการทำแป้งมันแบบเปียก ที่จะนำหัวมันมาโม่และน้ำแป้งไปตกตะกอน ก่อนที่จะนำไปอบแห้งต่อไป (Jones, 1998)

ปลาดุกลูกผสม

1. ชีวิตประวัติและลักษณะบางประการของปลาดุกลูกผสม

ปลาดุกเป็นปลาน้ำจืดพื้นเมืองของไทยอาศัยอยู่ตามแหล่งน้ำธรรมชาติทั่วทุกภาคของประเทศ โดยชอบอาศัยอยู่บริเวณพื้นโคลน ไม่ชอบน้ำใส อยู่ได้ทั้งในน้ำนิ่งและน้ำไหล อาศัยอยู่ตามลำคลอง หนอง บึง และแหล่งน้ำจืดทั่วไป ปลาดุกเป็นปลาที่เลี้ยงง่าย สามารถเลี้ยงได้ทั้งในบ่อดิน บ่อซีเมนต์ และในกระชัง สามารถเลี้ยงได้หนาแน่น กินได้ทั้งเนื้อและผักเป็นอาหาร โตเร็ว ใช้ระยะเวลาเลี้ยงสั้น สามารถเลี้ยงได้หลายรุ่นภายใน 1 ปี ให้ผลผลิตต่อพื้นที่สูงและให้ผลผลิตต่อปีสูงสุดเป็นอันดับ 1-3 ตลอดมา โดยมีผลผลิตเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 40,000 ตัน/ปี ปลาดุกเป็นสัตว์น้ำที่อดทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดี มีความแข็งแรงทนต่อโรคและพยาธิ สามารถทนทานต่อการขนส่งในระยะทางไกลๆ ได้ และจำหน่ายง่ายเนื่องจากเป็นที่นิยมรับประทานและเป็นที่ต้องการของตลาดมาก (มงคล, 2548) อุทัยรัตน์ (2544) กล่าวว่า ปลาดุกจัดอยู่ในครอบครัวแคลริโออิดี (Family Clariidae) ลักษณะทั่วไปเป็นปลาไม่มีเกล็ด รูปร่างเรียวยาว ลำตัวมีสีค่อนข้างเหลืองจนถึงสีเทาปนดำ ครีบหลังยาว ไม่มีกระโคง ครีบท้องยาวเกือบถึงโคนหาง มีอวัยวะช่วยในการหายใจซึ่งทำให้ปลาดุกมีความอดทน ปลาดุกที่พบในประเทศไทยมีอยู่ 5 ชนิด แต่ปลาดุกที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายและมีความสำคัญทางเศรษฐกิจในปัจจุบัน คือ ปลาดุกด้าน ปลาดุกอูย และปลาดุกลูกผสม

ปลาดุกลูกผสมเป็นปลาดุกลูกผสมที่เกิดจากแม่พันธุ์ปลาดุกอูยผสมกับพ่อพันธุ์ปลาดุกยักษ์ โดยปลาดุกยักษ์มีถิ่นกำเนิดที่แอฟริกา มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Clarias gariepinus* (African sharpteeth catfish) เป็นปลาในตระกูลแคทพิซเช่นเดียวกับปลาดุกอูย ซึ่งประเทศไทยนำเข้าจากประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวและจีนบางส่วน เป็นปลาที่มีขนาดโต กินอาหารได้ทุกชนิด ทนทานต่อโรคและสภาพแวดล้อมดี แต่ข้อเสียมีเนื้อเหลวและสีซีด ไม่น่ารับประทาน ซึ่งกรมประมงได้ให้ชื่อว่าปลาดุกเทศ ส่วนปลาดุกอูย ซึ่งมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Clarias*

macrocephalus เป็นปลาพื้นเมืองไทย มีเนื้อรสชาติดี แต่ข้อเสียคือ เลี้ยงโตช้าต้องใช้เวลาเลี้ยงถึง 6–8 เดือน เมื่อนำปลาดุกอุยเทศเมียผสมกับปลาดุกเทศเพศผู้จะได้ลูกผสมที่โตเร็ว ทนทานต่อโรคสูง และรสชาติคล้ายปลาดุกอุยมาก และช่วงระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงสำหรับตลาดประเทศไทยสั้นลงเหลือ 80–100 วัน ได้ปลาขนาด 3–4 ตัว ต่อกิโลกรัม ซึ่งลูกปลาที่เกิดจากคู่ผสมนี้ทางกรมประมงให้ชื่อว่า ปลาดุกอุยเทศ แต่โดยทั่วไป ชาวบ้านเรียกกันว่า บิ๊กอุย หรือ อุยบ่อ

(<http://chaythai2004.tripod.com>) ลักษณะทั่วไป ปลาดุกลูกผสม มีลักษณะก้ำกึ่งระหว่างแม่ปลาดุกอุยและพ่อปลาดุกยักษ์ กระโหลกที่ท้ายทอยแหลมเป็น 3 หยัก มีปากดำ มีฟันที่เพดานปากและมีกระดูกที่รูปร่างตัววายเหมือนปลาดุกอุย แต่ลำตัวยาวเพียง 0.8 เท่าของลำตัว มีนิสัยการกินคล้ายปลาดุกอุยคือกินทั้งสัตว์และพืช แต่ชอบกินสัตว์มากกว่าพืช รสชาติดี เนื้อเป็นสีเหลืองและไม่เหลว จึงเป็นที่นิยมของคนไทย ส่วนการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างปลาดุกอุยเทศผู้กับปลาดุกเทศเพศเมีย ลูกที่ได้ไม่แข็งแรงและเหลือรอดน้อย เมื่อเทียบกับการเพาะพันธุ์เพื่อให้ได้ปลาบิ๊กอุย ในปัจจุบันนี้อาจกล่าวได้ว่าปลาดุกลูกผสมนั้นเป็นที่นิยมเลี้ยงของเกษตรกร เนื่องจากเลี้ยงง่าย มีการเจริญเติบโตรวดเร็ว อีกทั้งทนทานต่อโรคและสภาพแวดล้อมได้ดี และเป็นที่นิยมบริโภคของประชาชน เนื่องจากมีรสชาติดีและราคาถูก (เวียง, 2542)

อุทัยรัตน์ (2544) กล่าวว่า ปัจจุบันมีการเพาะพันธุ์ปลาดุกกันแพร่หลายแทบจะทั่วประเทศ หากพิจารณาจากสถิติผลผลิตการเลี้ยงสัตว์น้ำจืดของกรมประมง ร่วมกับการสำรวจตลาดการจำหน่ายอาหารปลาของบริษัทผลิตอาหารปลาดุก จะพบว่าฟาร์มเลี้ยงปลาส่วนใหญ่อยู่ในภาคกลาง จังหวัดที่สำคัญ ได้แก่ อ่างทอง สิงห์บุรี ฉะเชิงเทรา ปทุมธานี กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ นครปฐม เพชรบุรี ราชบุรี ภาคเหนือเป็นแหล่งที่เลี้ยงปลาดุกมากรองลงมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาคเหนือตอนล่าง จังหวัดที่สำคัญ ได้แก่ นครสวรรค์ ชัยนาท อุทัยธานี พิจิตร พิษณุโลก สุโขทัย กำแพงเพชร ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการเลี้ยงในจังหวัดศรีสะเกษ บุรีรัมย์ นครราชสีมา กาฬสินธุ์ เพชรบูรณ์ ภาคใต้เริ่มเลี้ยงปลาดุกไม่นานมานี้เองโดยมีการเลี้ยงพอๆ กับภาคอีสาน ในจังหวัดสตูล ปัตตานี ตรัง นครศรีธรรมราช สงขลา พังงา ระนอง ซึ่งในปัจจุบันจะเห็นได้ว่าการเลี้ยงปลาดุกได้เริ่มทวีความสำคัญขึ้นเป็นลำดับ และจากการส่งเสริมของกรมประมง การเลี้ยงปลาดุกก็ได้ขยายจากภาคกลางไปสู่ภาคอื่นๆ

2. ระบบการย่อยอาหาร

ระบบการย่อยอาหารของปลาเป็นระบบหนึ่งที่มีความสำคัญโดยตรงต่อการเจริญเติบโต

ของปลา โดยอาหารจะถูกย่อยจากสารอาหารที่มีโมเลกุลใหญ่และซับซ้อนให้เป็นสารอาหารที่มีโมเลกุลเล็ก เพื่อที่จะดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือด แล้วถูกเผาผลาญในระดับเซลล์ได้เป็นพลังงานออกมาเพื่อใช้ในการชีวิตประจำวัน ถ้าปลาได้สารอาหารครบทั้งคุณภาพและปริมาณ และมีการย่อยและการดูดซึมอาหารที่มีประสิทธิภาพ ก็จะมีการเจริญเติบโตที่ดี แต่ในทางตรงกันข้ามถ้าได้ธาตุอาหารที่ไม่เหมาะสมหรือมีการย่อยและการดูดซึมไม่ดีก็จะเจริญเติบโตช้า (Halver, 1989)

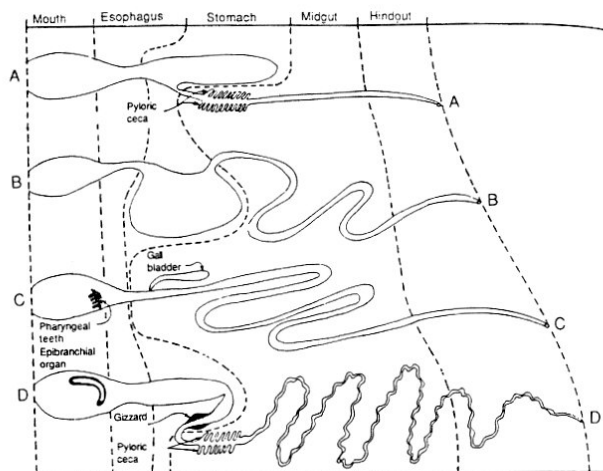
ระบบการย่อยอาหารปลาแต่ละชนิด อาจมีความแตกต่างกันทางด้านกายวิภาคหรือสรีรวิทยา แต่อย่างไรก็ตามระบบการย่อยอาหารจะประกอบด้วยส่วนสำคัญเหมือนกัน ได้แก่ ท่อทางเดินอาหาร (Digestive tract) (ดังภาพที่ 3) อวัยวะช่วยย่อยอาหาร (Accessory gland) ซึ่งได้แก่ ตับ ตับอ่อน และถุงน้ำดี และเอนไซม์ย่อยอาหาร (Digestive enzyme) (วีรพงศ์, 2536) การย่อยอาหารในสัตว์น้ำคล้ายคลึงกับในสัตว์เลือดอุ่น ประกอบด้วยกระบวนการย่อย 3 กระบวนการ คือ กระบวนการย่อยขนาดของอาหารให้เล็กลงด้วยวิธีกล (Mechanical degradation) กระบวนการละลายอาหารด้วยน้ำย่อย (Enzyme solubilization) และกระบวนการทำให้อาหารเป็นของเหลวและไขมันแตกตัว (Emulsification) (เวียง, 2542)

อาหารที่ปลากินเข้าไปในปากกลืนผ่านหลอดอาหารลงไปยังกระเพาะอาหารและลำไส้ ซึ่งจะมีการย่อยอาหาร โดยอาศัยเอนไซม์สำหรับย่อยอาหารที่หลั่งมาจากท่อทางเดินอาหาร และจากตับ ตับอ่อน และถุงน้ำดี มาทำหน้าที่ร่วมกันในการย่อยโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน จากนั้นจึงถูกดูดซึมผ่านผนังของท่อทางเดินอาหารเข้าสู่กระแสเลือดร่วมกับธาตุอาหารอื่นๆ แล้วพาไปยังเซลล์เพื่อที่จะได้นำไปใช้งานในเซลล์นั้นๆ การศึกษาด้านระบบการย่อยอาหารของปลาทำให้ทราบถึงพฤติกรรมการกินอาหารของปลา ระยะเวลาที่อาหารหมดจากกระเพาะอาหาร และประสิทธิภาพการย่อยอาหาร ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการผลิตอาหารปลาและการให้อาหารปลา (วีรพงศ์, 2536)

ปลาถูกจัดเป็นปลากินเนื้อ มีระบบทางเดินอาหารที่มีส่วนของกระเพาะอาหารเป็นถุง (มานพ และคณะ, 2533) ในกระบวนการย่อยอาหารมีน้ำย่อยทำหน้าที่ย่อยอาหารให้มีขนาดเล็กลงสามารถซึมผ่านผนังเซลล์ของลำไส้ ซึ่งโปรตีนจะถูกย่อยเป็นกรดอะมิโน ไขมันถูกย่อยเป็นกรดไขมันและกลีเซอรไรด์ คาร์โบไฮเดรตถูกย่อยเป็นน้ำตาล การย่อยของปลาเกิดขึ้นที่กระเพาะอาหารและลำไส้เท่านั้นเนื่องจากมีน้ำย่อยอยู่หลายชนิด มีเพียงปลาบางชนิดเท่านั้นที่อาจมีการย่อยอาหารที่ปากและคอกอ (วีรพงศ์, 2536) น้ำย่อยโปรตีนพบที่กระเพาะอาหารและลำไส้ ที่กระเพาะอาหาร

พบน้ำย่อยเปปซินจะทำงานได้ดีที่ pH เป็นกรด น้ำย่อยโปรตีนที่พบในลำไส้มีหลายชนิด ส่วนใหญ่หลังจากผนังลำไส้และตับอ่อน ได้แก่ ทริปซิน (Trypsin) ไคโมทริปซิน (Chymotrypsin) คาร์บอกซีเปปติเดส (Carboxy peptidase) ซึ่งลำไส้ปลามี pH อยู่ในช่วง 7-9 เมื่อเริ่มการย่อยอาหาร pH จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย สำหรับปลาที่ไม่มีกระเพาะอาหาร ไม่มีการหลังกรดออกมา การย่อยโปรตีนเกิดขึ้นที่ลำไส้เท่านั้น เพราะฉะนั้นปลาที่มีกระเพาะจะย่อยโปรตีนได้ดี นอกจากนี้พบว่าปลาที่มีกระเพาะอาหารส่วนใหญ่มีอัตราการย่อยอาหารช้ากว่าปลาที่ไม่มีกระเพาะอาหาร (กลุ่มวิจัยอาหารสัตว์น้ำ, 2534) น้ำย่อยไขมันพบที่กระเพาะอาหาร ไพโรลิคซีก้า ตับอ่อน และลำไส้ น้ำย่อยที่พบส่วนใหญ่ คือ ไลเปส (Lipase) ย่อยไตรกลีเซอไรด์เป็นกรดไขมัน และน้ำย่อยเอสเทอเรส (Esterase) ย่อยเอสเทอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อย น้ำย่อยไลเปสทำงานร่วมกับน้ำดี ซึ่งมีกรดโคลิค (Cholic acid) และกรดทอโรเซนโนเดสออกซิคอลิค (Traurochenodesoxycholic acid) โดยทำให้ไขมันมีพื้นที่ผิวมากขึ้น ทำให้น้ำย่อยสามารถย่อยไขมันได้ง่ายขึ้น ประสิทธิภาพการทำงานของน้ำย่อยไขมันในกระเพาะอาหารจึงต่ำกว่าที่ลำไส้ นอกจากนี้กระเพาะอาหารยังมีสภาพ pH เป็นกรดสูง กระเพาะอาหารจึงมีหน้าที่เพียงบดผสมไขมันแล้วส่งมาที่ลำไส้ให้ทำการย่อย สำหรับการย่อยคาร์โบไฮเดรต ปลาแต่ละชนิดมีการย่อยที่แตกต่างกันมาก โดยมีน้ำย่อยแอลฟา อะไมเลส (α -amylase) ปลากินพืช และปลากินทั้งพืชและเนื้อ น้ำย่อยแอลฟา อะไมเลส จะหลังจากผนังลำไส้ ตับอ่อน ตับ และไพโรลิคซีก้า แต่ปลากินเนื้อส่วนใหญ่ จะหลั่งออกมาจากตับอ่อนเพียงอย่างเดียว และหลั่งออกมาในปริมาณที่น้อยกว่าจึงทำให้ปลากินเนื้อมีประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรตไม่ดี การย่อยแป้งหรือคาร์โบไฮเดรตของปลากินเนื้อจึงทำได้ในปริมาณจำกัด

ตับจะมีหน้าที่สำคัญเกี่ยวข้องกับระบบการย่อยอาหารเนื่องจากอาหารที่ปลากินจะถูกย่อยให้มีขนาดเล็กจนสามารถดูดซึมที่ลำไส้เล็กเข้าสู่กระแสเลือดและท่อน้ำเหลืองเพื่อลำเลียงมายังตับซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการใช้และสังเคราะห์โภชนาตามที่ร่างกายต้องการ (Tennant, 1997) ตับทำหน้าที่เป็นแหล่งสำรองคาร์โบไฮเดรต และโปรตีนเพื่อนำออกมาใช้เป็นพลังงานได้อย่างรวดเร็วเมื่อร่างกายต้องการ ลักษณะของเซลล์ตับจะมีการเปลี่ยนแปลงตามโภชนาที่ร่างกายได้รับ กล่าวคือถ้าปลาอยู่ในสภาวะที่ขาดแคลนโภชนาซึ่งอาจจะเป็นเนื่องจากได้รับอาหารที่ไม่เพียงพอ หรือสัดส่วนของโภชนาไม่เหมาะสม หรือปลามีอาการป่วยทำให้มีความต้องการ โภชนาที่มากกว่าปกติ เซลล์ตับจะมีไกลโคเจนและโปรตีนสะสมอยู่น้อยหรือไม่มีการสะสม ส่วนในสภาวะที่ปลาได้รับโภชนาเกินความต้องการจะมีไกลโคเจนสะสมมากขึ้น การศึกษาระดับค่าดัชนีน้ำหนักตับ (Hepato-somatic index: HIS) จะบอกถึงสภาวะของตับ โภชนาที่ปลาได้รับ และสุขภาพของปลาได้



ภาพที่ 3 ท่อทางเดินอาหารของปลาชนิดต่างๆ

A = ปลาเรนโบว์เทรา (ปลากินเนื้อมีกระเพาะอาหารรูปตัววาย)

B = ปลาคู (ปลากินพืชและเนื้อแต่ส่วนใหญ่จะกินเนื้อ และมีกระเพาะอาหารเป็นถุง)

C = ปลาไน (ปลากินพืชและเนื้อแต่ส่วนใหญ่จะกินพืช และไม่มีกระเพาะอาหาร)

D = ปลานวลจันทร์ (ปลากินแพลงก์ตอนพืชมีกระเพาะอาหารเป็นท่อ)

ที่มา: เวียง (2542)

3. ความต้องการสารอาหาร

ถ้าปลาได้รับอาหารในปริมาณเพียงพอกับความจำเป็นและเป็นอาหารที่มีคุณภาพดี (มีสารอาหารต่างๆเป็นองค์ประกอบครบถ้วน อาหารมีการย่อยและดูดซึมได้ดี และมีสารเป็นองค์ประกอบน้อยที่สุด หรือไม่มีเลย) ปลาจะมีการเจริญเติบโตรวดเร็ว มีสุขภาพดี แข็งแรง และมีลูกดก (ประเสริฐ และคณะ, 2525) เวียง (2542) กล่าวว่า อาหารประกอบด้วยสารอาหารซึ่งเป็นสารเคมีที่มีความสำคัญและจำเป็นต่อร่างกาย สารอาหารมี 6 ประเภท คือ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน วิตามิน เกลือแร่ และน้ำ ทุกประเภททำหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบต่างๆในร่างกายให้เป็นไปตามปกติ นอกจากนั้นยังมีหน้าที่พิเศษเฉพาะตัวของสารอาหารนั้นๆ อีกมาก อาหารที่สัตว์น้ำกิน หลังจากถูกย่อยเป็นสารอาหารมีขนาดโมเลกุลเล็กกลงจะถูกดูดซึมขนส่งไปยังเซลล์ต่างๆ เพื่อให้สัตว์น้ำได้ใช้ประโยชน์ในการดำรงชีวิตประจำวัน การเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ โดยที่สารอาหารแต่ละประเภทจะมีบทบาทที่แตกต่างกันไป

ความต้องการโปรตีนในอาหาร

ความต้องการโปรตีนของปลาแต่ละชนิดจะไม่เท่ากันขึ้นกับชนิดของปลา โดยปลากินเนื้อจะต้องการโปรตีนในอาหารสูงกว่าปลากินพืช และปลาที่กินทั้งพืชและเนื้อ นอกจากนี้การกำหนดปริมาณโปรตีนในอาหารปลายังต้องพิจารณาถึงปัจจัยอื่นๆ อีกหลายอย่าง เช่น วัยหรือขนาด สภาวะแวดล้อม ปริมาณอาหารที่ให้ในแต่ละวัน ประเภทและคุณภาพของอาหารที่เลี้ยง เป็นต้น ปริมาณโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงของสัตว์น้ำคือโปรตีนที่น้อยที่สุดที่ทำให้สัตว์น้ำเจริญเติบโตดีที่สุด การใช้โปรตีนเพื่อการเจริญเติบโตสัตว์น้ำต้องได้รับโปรตีนจากอาหารประจำวันในปริมาณที่เพียงพอับความต้องการ (เวียง, 2542) อาหารที่มีพลังงานจากไขมันและคาร์โบไฮเดรตไม่เพียงพอับความต้องการของสัตว์น้ำแม้จะมีระดับโปรตีนสูงเกินความต้องการก็ไม่ทำให้สัตว์น้ำเจริญเติบโตได้ดี ทั้งนี้เพราะโปรตีนจะถูกเปลี่ยนสภาพเป็นพลังงานเพื่อเสริมพลังงานจากไขมันและคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เพียงพอ ดังนั้นพลังงานในอาหารจะต้องได้สัดส่วนกับปริมาณโปรตีนในอาหาร ทั้งนี้เพราะพลังงานเป็นตัวควบคุมปริมาณอาหารที่ปลากินในแต่ละวัน ถ้าอาหารมีพลังงานสูงก็จำเป็นต้องมีโปรตีนและสารอาหารอื่นสูงด้วย (มะลิ, 2530)

เนื่องจากปัจจัยหลายๆ อย่างจึงเป็นผลให้ระดับความต้องการโปรตีนในอาหารมีช่วงกว้าง โดย มะลิ (2530) รายงานว่า ความต้องการโปรตีนของปลาอยู่ในช่วง ร้อยละ 25-40 ของน้ำหนักอาหาร ใกล้เคียงกับที่ Garling and Willson (1976) รายงานว่า ปลา Channel catfish จะมี การเจริญเติบโตสูงสุด เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีนในช่วง 22-40 เปอร์เซ็นต์ และ National Research Council (1983) ซึ่งรายงานว่าปลา Channel catfish ต้องการโปรตีนในอาหาร 25-45 เปอร์เซ็นต์

ความต้องการไขมันในอาหาร

ปลามีความต้องการไขมันเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของน้ำ ขนาด อายุของปลา การทำงานของร่างกาย วิธีการให้อาหาร ปริมาณแสง สภาวะแวดล้อม คุณสมบัติทางเคมีของน้ำ องค์ประกอบของอาหาร และชนิดของปลา (Halver, 1989) สูตรโครงสร้างของไขมันที่แตกต่างกัน จะทำให้การเจริญเติบโตต่างกัน จากการทดลองโดยให้ปลา channel catfish ระยะปลาน้ำ เลี้ยงด้วยอาหารที่มีไขมันต่างชนิดกัน พบว่า สูตรอาหารที่ประกอบด้วยไขมันชนิด Triglyceride มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด รองลงมาได้แก่ Free fatty acid และ Ethyl ester ตามลำดับ (Stickney and Andrews, 1971)

การทำอาหารปลาโดยทั่วไปจะต้องเติมกรดไขมันที่จำเป็น 2 ชนิด คือ กรดลิโนเลอิก (O6) และกรดไลโนลีนิก (O3) ซึ่งกรดไขมัน 2 ชนิดนี้ร่างกายจะนำไปใช้สร้างกรดไขมันอะแรคซิดोनิกซึ่งร่างกายปลาไม่สามารถสร้างขึ้นเองได้ นอกจากนี้กรดไขมันทั้งสองยังเป็นส่วนประกอบของ ฟอสโฟลิปิด (Phospholipid) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์เยื่อหุ้มหัวใจ เยื่อหุ้มประสาท (ประเสริฐ และคณะ, 2525) อาหารที่ประกอบด้วยกรดไขมันที่ถูกออกซิไดซ์ได้ง่าย และมี α -Tocopheral ต่ำจะทำให้ปลาเกิดการเจริญเติบโตช้า และมีอัตราการรอดตายต่ำ (NRC, 1993) จากการศึกษาทดลองของ วิมล และพิสมัย (2538) ทำให้ทราบว่าปลาคุณกฤษมีความต้องการกรดไขมันที่จำเป็นทั้ง O6 และ O3 ในอาหารเพื่อการเจริญเติบโต และการแลกเปลี่ยนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยระดับที่เหมาะสมของกรดไขมันที่จำเป็น O6 และ O3 มีค่าอยู่ระหว่าง 1.0 – 1.6 เปอร์เซ็นต์ และ 0.8 – 0.9 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักในอาหาร สุพิศ (2535) รายงานว่าการให้น้ำมันตับปลาคอดซึ่งมี Eicosapentaenoic acid และ Docosahexaenoic acid สูง ผสมลงในอาหารปลา Channel catfish ให้ได้ผลดีกว่าการใช้น้ำมันพืช ซึ่งมีกรดไขมัน 18:2O6 และ 18:3O3 ทั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า O3 HUFA ในน้ำมันตับปลาคอดมีผลต่อการกระตุ้นการเจริญเติบโตของปลา Channel catfish อาการที่เกิดจากการขาด EFA (Essential fatty acid) ที่สำคัญในปลามี 2 ลักษณะ คือ อัตราการเจริญเติบโตลดลง และอัตราการแลกเปลี่ยนลดลง (Halver, 1989)

ความต้องการคาร์โบไฮเดรตในอาหาร

คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานที่มีราคาถูกที่สุด และยังเป็นต้นกำเนิดสารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตรวมทั้งช่วยสำรองโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต จึงมักนิยมใส่คาร์โบไฮเดรตลงในอาหารปริมาณมากเพื่อลดต้นทุนการผลิตให้น้อยลง อาหารสัตว์น้ำควรมีคาร์โบไฮเดรตที่ใช้ประโยชน์ได้อยู่ด้วย ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรตในอาหารแตกต่างกันตามชนิดของสัตว์น้ำ ประเภท และปริมาณของคาร์โบไฮเดรตในอาหาร และกรรมวิธีในการเตรียมอาหาร (เวียง, 2542) โดยปกติปลาสามารถย่อยคาร์โบไฮเดรตที่มีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อนได้ดีกว่าคาร์โบไฮเดรตที่มีโครงสร้างซับซ้อน ปลากินเนื้อไม่สามารถย่อยคาร์โบไฮเดรตได้ดี ส่วนในปลากินทั้งพืชและเนื้อ และปลากินพืชจะย่อยคาร์โบไฮเดรตได้ดีกว่า (Chow, 1980) แต่ถ้าในอาหารมีคาร์โบไฮเดรตมาก ความสามารถในการย่อยอาหารก็จะลดน้อยลง และอาจทำให้เกิดการสะสมไกลโคเจนในตับ ซึ่งถ้ามีการสะสมมากเกินไปจะเกิดอันตรายกับปลาได้ โดย Garling and Wilson (1976) กล่าวว่า คาร์โบไฮเดรตในอาหารปลา Channel catfish ที่มีปริมาณเด็กซ์ทรินอยู่ร้อยละ 2.5-10 ของน้ำหนักอาหาร จะทำให้ปลามีน้ำหนักเพิ่มขึ้น แต่ถ้าปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงถึงร้อยละ 15-20 จะทำให้น้ำหนักปลาลด

ประสิทธิภาพของคาร์โบไฮเดรตชนิดต่างๆ ที่ใช้เป็นแหล่งพลังงานของปลาฉลามมีค่าแตกต่างกัน พบว่าปลาฉลามสามารถใช้อาหารคาร์โบไฮเดรตในอาหารได้ 44.3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคาร์โบไฮเดรตที่ได้จากแป้งสาลีทำให้ปลาฉลามมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด (วิมล และคณะ, 2539) ระดับของคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมต่อการอนุบาลลูกปลาฉลามต้องมีคาร์โบไฮเดรตในอาหารที่ระดับ 52.13 เปอร์เซ็นต์ โดยทำให้ลูกปลามีการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายสูงสุด (วารภรณ์, 2536) ดังนั้นถ้ามีการเลือกวัตถุดิบที่เหมาะสมก็จะช่วยให้ปลามีการเจริญเติบโตดีและลดต้นทุนในการเลี้ยงปลาได้ สัดส่วนระหว่างระดับพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตและไขมัน กับระดับโปรตีนในอาหารมีผลต่อการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอดตายปลาฉลาม อาหารที่มีระดับโปรตีนมากเกินไป และมีแหล่งพลังงานที่ไม่ได้มาจากโปรตีนน้อยเกินไปจะมีผลในการระงับการเจริญเติบโต การศึกษาในปลาฉลามพบว่า การเพิ่มโปรตีนในอาหารมากกว่า 45 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ได้เพิ่มสัดส่วนพลังงานที่ไม่ได้มาจากโปรตีนจะทำให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง โดยปลาที่ได้รับโปรตีนที่ระดับสูงร้อยละ 42 หรือมากกว่า และมีระดับพลังงานที่ไม่ได้มาจากโปรตีนต่ำกว่า 1.5 กิโลแคลอรี/กรัม การเจริญเติบโตของปลาฉลามจะหยุดชะงัก แต่เมื่อระดับโปรตีนลดลงเหลือ 36 เปอร์เซ็นต์ และระดับพลังงานเท่าเดิมปลาฉลามจะมีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น และเมื่อเพิ่มระดับพลังงานจากวัตถุดิบที่ไม่ได้มาจากโปรตีนในอาหารที่มีระดับโปรตีนทั้งสูงและต่ำจะทำให้การเจริญเติบโตของปลาดีขึ้น จึงสรุปได้ว่าเมื่ออาหารปลาที่มีระดับพลังงานที่มาจากโปรตีนสูง ๆ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนจะลดลง ดังนั้นระดับโปรตีนจะต้องได้สัดส่วนกับปริมาณพลังงานที่มีในอาหาร เพราะว่าปลาจะกินอาหารให้ได้พลังงานตามที่ร่างกายต้องการแล้วจะหยุดกิน ถ้าให้พลังงานมากปลาจะกินอาหารได้น้อย และได้รับปริมาณโภชนาที่จำเป็นในอาหารน้อยตามไปด้วยพลังงานในอาหารจึงเป็นตัวกำหนดปริมาณอาหารที่ปลากินในแต่ละวันด้วย (De silva and Pepera, 1984)

จากการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของคาร์โบไฮเดรตจากปลายข้าวดิบต่อไขมันในอาหารปลาฉลาม พบว่าอาหารที่มีโปรตีน 33 เปอร์เซ็นต์ พลังงานรวม 4,280-4,390 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ควรใช้คาร์โบไฮเดรตจากปลายข้าวดิบ 50 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน 4.4 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นสัดส่วนได้เท่ากับ 11.2 : 1 โดยอาหารชนิดนี้จะทำให้ปลามีการเจริญเติบโตดี ดับมีน้ำหนักและปริมาณไขมันปกติ (วิมล และคณะ, 2539)

ตารางที่ 5 ปริมาณความต้องการสารอาหารต่างๆ ของปลาดุกลูกผสม

ปริมาณความต้องการ สารอาหาร	เวียง (2542)	วีรพงษ์ (2536)	อิทธิพร (2532)	ประเสริฐ และคณะ (2525)	ประเสริฐ และอุทัย (2530)
โปรตีน (%)	33-36	25-35	25-32	26-34	25-35
คาร์โบไฮเดรต (%)	35-40	30-40	30-40	20	20-40
ไขมัน (%)	6-8	10-15	1.5-4	6-7	6
เยื่อใย (%)	≤ 8	≤ 8	≤ 8	≤ 8	≤ 8

ตารางที่ 6 ระดับที่เหมาะสมของวิตามินละลายน้ำในอาหารปลาดุก

วิตามิน	ระดับวิตามิน (มก./อาหาร 1 กก.)		
	1	2	3
บี1	20	20	-
บี2	20	20	5
บี6	20	20	5
กรดแพนโทเทนิค	50	50	-
กรดโฟลิก	5	5	-
ไนอะซิน	100	100	-
ซี	100	100	1,000

ที่มา: เวียง (2542)

- 1-ปลาดุกด้านขนาด 4-5 กรัม
- 2-ปลาดุกด้านขนาด 4-5 กรัม
- 3-ปลาดุกอุยขนาด 0.18 และ 6.7 กรัม

ตารางที่ 7 ชนิดและปริมาณของแร่ธาตุที่แนะนำให้เติมในอาหารปลาดุก

แร่ธาตุ	ปริมาณที่แนะนำให้เติม (มก.) ในอาหาร (1 กก.)		
	ปลาดุก ¹	ปลาดุกค้ำ ²	ปลาดุกลูกผสม ³
แร่ธาตุหลัก :			
แคลเซียม	5,000	1,000	-
ฟอสฟอรัส	5,000	600	-
แมกนีเซียม	500	80	-
โซเดียม	-	25	165
โพแทสเซียม	-	300	45
คลอรีน	-	350	-
กำมะถัน	-	90	-
แร่ธาตุรอง :			
แมงกานีส	25	10	25
ไอโอดีน	5	0.6	5
ทองแดง	3	0.8	5
สังกะสี	150	7.8	20
เหล็ก	44	10	30
โคบอลต์	0.05	0.07	0.05
ซีลีเนียม	-	0.008	0.3
โมลิบดีนัม	-	0.35	-

ที่มา: เวียง (2542)

1-ปลาดุก (ดัดแปลงจาก มะลิ, 2530)

2-ปลาดุกค้ำ (ดัดแปลงจาก Butthep *et al.*, 1985)

3-ปลาดุกลูกผสม (ดัดแปลงจาก ดวงรัตน์, 2540 และวิมล, 2538)

เวียง (2542) กล่าวว่า จากรายงานการทดลองศึกษาปริมาณความต้องการสารอาหารชนิดต่างๆ ของปลาหลายประเภท ยังไม่สามารถมีข้อสรุปได้แน่ชัดถึงค่าปริมาณความต้องการสารอาหารชนิดต่างๆ ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากมีความผันแปรขึ้นอยู่กับ อายุ น้ำหนัก และสายพันธุ์ปลา เป็นต้น

4. การย่อยคาร์โบไฮเดรต และบทบาทสำคัญของคาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรตในอาหารสัตว์น้ำอาจแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ 3 กลุ่ม คือน้ำตาล แป้ง และเยื่อใย แป้งจะต้องถูกย่อยให้มีขนาดเล็กลงก่อนที่จะซึมเข้าสู่ร่างกายได้ น้ำตาลซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีขนาดของโมเลกุลเล็กอยู่แล้วและมักพบในอาหารสัตว์น้ำในปริมาณไม่มากนัก ร่างกายสัตว์น้ำจะดูดซึมไปใช้ได้โดยไม่ต้องถูกย่อยอีก ส่วนเอนไซม์ของสัตว์น้ำย่อยเยื่อใยไม่ได้ แต่ก็มีส่วนช่วยให้อาหารถูกย่อยได้มากขึ้นหากมีในอาหารไม่มากจนเกินไป (เวียง, 2542)

การย่อยคาร์โบไฮเดรตในสัตว์น้ำเกิดขึ้นในลำไส้เมื่ออาหารเหลว (Chyme) ซึ่งเกิดจากการคลุกเคล้าระหว่างอาหารกับเมือกและน้ำย่อยในกระเพาะถูกส่งผ่านเข้าลำไส้ตอนต้น อาหารเหลวนี้อาจกระตุ้นให้ต่อมในผนังเยื่อเมือกของลำไส้ผลิตฮอร์โมนหลายชนิด เพื่อกระตุ้นต่อให้ต่อมในตับอ่อนและลำไส้ผลิตเอนไซม์ย่อยคาร์โบไฮเดรต (ตารางที่ 8) ฮอร์โมนที่กระตุ้นให้ตับอ่อนผลิตน้ำย่อยเพื่อย่อยคาร์โบไฮเดรตคือ ฮอร์โมนซีครีติน (Secretin) และฮอร์โมนแพนกรีโอไซมิน (Pancreozymin) ส่วนฮอร์โมนที่กระตุ้นให้ต่อมในผนังเยื่อเมือกของลำไส้ผลิตเอนไซม์คือ ฮอร์โมนเอนเทอโรครินิน (Enterocrinin) (อิทธิพร, 2532)

ตารางที่ 8 ผลผลิตจากการย่อยคาร์โบไฮเดรตโดยเอนไซม์จากแหล่งต่างๆ

แหล่งผลิต เอนไซม์	ตั้งกระตุ้น	ชนิดของ เอนไซม์ที่ผลิต	คาร์โบไฮเดรตที่ ถูกย่อย	ผลผลิตจากการย่อย
ตับอ่อน	ฮอร์โมนซีคริติน และแพนกรีโอไซ มินจากผนังเยื่อ เมือกในลำไส้	อะไมเลส	แป้ง ไกลโคเจน	โอลิโกแซคคาไรด์ มอลโตไตรโอส มอลโตส
ลำไส้	ฮอร์โมนเอนเตอ โรครินินจากผนัง เยื่อเมือกในลำไส้	ซูเครส แลกเตส มอลเตส ไอโซมอลเตส	ซูโครส แลกโตส มอลโตส ไอโซมอลโตส โอลิโกแซคคาไรด์	กลูโคสและฟรุกโตส กลูโคสและกาแลกโตส กลูโคส กลูโคส

ที่มา: เวียง (2542)

อิทธิพร (2532) รายงานว่า ในปัจจุบันบทบาทและหน้าที่ของคาร์โบไฮเดรตต่อการผลิตอาหารปลา นับว่ามีความสำคัญอย่างมาก ทั้งนี้เพราะคาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานที่ราคาถูกที่สุด วีรพงศ์ (2536) ยังรายงานอีกว่า คาร์โบไฮเดรตเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานแก่สิ่งมีชีวิตที่มีราคาถูกที่สุด หาได้โดยง่าย และสัตว์น้ำสามารถนำไปใช้ได้เลยในทันที หรือจะเก็บไว้ในรูปของไขมันเพื่อเป็นพลังงานสำรองก็ได้ เมื่อเวลาที่ร่างกายขาดคาร์โบไฮเดรตก็จะเปลี่ยนรูปจากไขมันกลับมา ทำให้มีการศึกษาถึงการทดแทนโปรตีนบางส่วนด้วยคาร์โบไฮเดรต (Protein sparing action) โดยการลดโปรตีนในสูตรอาหารลงบางส่วนแล้วเพิ่มคาร์โบไฮเดรตเข้าไป เพื่อให้ปลามีการเจริญเติบโตเท่าเดิม แนวทางดังกล่าวทำให้ต้นทุนอาหารปลาลดลง ซึ่งอาจมีผลทำให้ได้กำไรมากขึ้น จึงได้มีการนำแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญ เช่น แป้งมันสำปะหลัง หรือข้าวโพด ปลายข้าว รา เป็นต้น เพิ่มเข้าไปในสูตรอาหารเพื่อลดปริมาณการใช้ปลาป่น ซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญและมีราคาแพง แนวทางดังกล่าวสามารถใช้ได้ดีกับปลากินพืช และปลากินพืชและเนื้อเท่านั้น เนื่องจากมีเอนไซม์ย่อยคาร์โบไฮเดรตอยู่ในปริมาณมาก ทำให้ผสมคาร์โบไฮเดรตในสูตรอาหารได้มาก แต่อย่างไรก็ตามระดับของคาร์โบไฮเดรตที่ปลาแต่ละชนิดจะใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ก็แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดและความสูงของคาร์โบไฮเดรต การทดแทนโปรตีนบางส่วนด้วยไขมัน แม้จะทำให้

ให้ปลาเจริญเติบโตได้ดี แต่ก็ไม่เป็นที่นิยมในทางปฏิบัติ เนื่องจากไขมันมีราคาแพงกว่าคาร์โบไฮเดรตเป็นอย่างมาก อาจมีผลทำให้ต้นทุนอาหารสูงขึ้น

ในทางปฏิบัติพบว่าคาร์โบไฮเดรตมีความสำคัญอย่างมากต่อการเลี้ยงปลา เพราะเป็นแหล่งพลังงานที่มีราคาถูกที่สุด ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนอาหารปลาให้ต่ำลง ปลาที่ได้รับคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่าความต้องการจะนำโปรตีนหรือไขมันที่สะสมในร่างกายมาเผาผลาญให้เกิดพลังงาน แทนที่จะใช้เพื่อการเจริญเติบโตอย่างเดียว ทำให้ปลาอาจมีการเจริญเติบโตช้าลง สำหรับปลาที่ได้รับคาร์โบไฮเดรตมากเกินไปเกินความต้องการ จะทำการสะสมคาร์โบไฮเดรตดังกล่าวภายในตับในรูปของไกลโคเจน ซึ่งปลาอาจนำมาสลายพลังงานเมื่อขาดอาหาร หรืออาจเปลี่ยนรูปเป็นไขมันสะสมในเนื้อเยื่อของร่างกาย ทำให้ปลาอ้วนขึ้น (ประเสริฐ และคณะ, 2525)

โดยทั่วไปแล้วทางด้านโภชนาการอาหารปลา ถือว่าแป้งเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของปลามากกว่าน้ำตาลเนื่องจากแป้งเป็นสาร โมเลกุลใหญ่ เมื่อถูกย่อยก็จะได้รับสาร โมเลกุลขนาดเล็กลง ได้แก่ เดกซ์ตริน (Dextrin) มอลโตส (Maltose) และกลูโคส (Glucose) ตามลำดับ แล้วกลูโคสก็จะดูดซึมผ่านผนังท่อทางเดินอาหารเข้าไปอย่างช้าๆ ทำให้น้ำตาลในเลือดไม่สูง จึงทำให้เกิดการเผาผลาญพลังงานได้มาก ในขณะที่น้ำตาลซึ่งเป็นสาร โมเลกุลเล็กอยู่แล้วไม่ต้องถูกย่อยอีก ก็สามารถดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้ทันที ทำให้การดูดซึมเกิดอย่างรวดเร็ว และมีน้ำตาลในเลือดสูงมาก ซึ่งอาจมีผลทำให้น้ำตาลบางส่วนที่ยังไม่ได้ถูกดูดซึมถูกขับออกมาทางปัสสาวะ จึงทำให้ปลาใช้ประโยชน์จากน้ำตาลในการเผาผลาญพลังงานได้น้อยกว่าแป้ง (เวียง, 2542)

5. จุลินทรีย์ที่พบประจำถิ่นในระบบทางเดินอาหาร

ระบบทางเดินอาหารของสัตว์แรกเกิดจะไม่มีจุลินทรีย์เป็นองค์ประกอบ แต่จุลินทรีย์จากสภาพแวดล้อมจะเข้าไปในระบบทางเดินอาหารภายในระยะเวลาไม่กี่นาทีหลังคลอด และแม้จะเป็นแหล่งให้จุลินทรีย์ที่สำคัญแก่ลูกสัตว์ แบคทีเรียในระบบทางเดินอาหารจะมีการเปลี่ยนแปลงตามการเปลี่ยนแปลงของอาหารที่กิน ระบบทางเดินอาหารเป็นส่วนที่จะมีจุลินทรีย์จำนวนมากและแตกต่างกันถึง 400-500 ชนิด โดยเฉพาะในลำไส้ส่วนโคลอนจะมีจุลินทรีย์มากที่สุดประมาณ 10^{11} เซลล์/กรัมของมูล และในลำไส้ใหญ่จะมีจุลินทรีย์อยู่ประมาณ 50 ชนิด โดยจะมีความแตกต่างกันไปตามชนิดของอาหาร (บุษบา, 2543)

จุลินทรีย์ที่พบในระบบทางเดินอาหาร มี 2 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มที่ก่อให้เกิดโรค (Pathogenic) คือ จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคต่างๆ หรือที่ทำให้ร่างกายเกิดความผิดปกติเช่น อี. โคไล (*E. coli*) และซัลโมเนลล่า (*Salmonella*) (John *et al.*, 1989)

2. ประเภทที่ไม่ก่อโรค (Non - pathogenic) คือ จุลินทรีย์ที่ไม่ก่ออันตรายต่อร่างกาย นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ในหลายกรณี เช่น จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์จะสามารถสร้างโคโลนิเคลือบผิวของวิลไลที่ผนังลำไส้ แข็งและครอบครองพื้นที่บนเยื่อทางเดินอาหารได้ดี (Tannock, 1999) นอกจากนี้ยังหลั่งสารทำลายจุลินทรีย์ก่อโรคไม่ให้มีมากเกินไปจนเป็นอันตรายต่อร่างกายสัตว์ ทำให้เกิดสมดุลของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร และการหมักย่อยของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ยังก่อให้เกิดกรดไขมันสายสั้นซึ่งเป็นประโยชน์ต่อระบบทางเดินอาหารสัตว์อีกด้วย

จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ได้แก่ แลคโตบาซิลลัส (*Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*) สเตรปโตคอคคัส (*Streptococcus faecium*) บาซิลลัส (*Bacillus subtilis*) ไบฟิโดแบคทีเรีย (*Bifidobacterium spp.*) และ ยีสต์ เป็นต้น (อุทัย, 2535 และ John *et al.*, 1989)

แลคโตบาซิลลัส จัดเป็นจุลินทรีย์กลุ่มหลักที่พบมากในลำไส้เล็กตอนปลาย จัดเป็นแบคทีเรียในกลุ่มแกรมบวก เซลล์มีรูปร่างเป็นท่อนยาว ไม่สร้างสปอร์ สามารถทนต่อสภาพที่มีออกซิเจนได้ (Facultive bacteria) มีเพียงบางสายพันธุ์เท่านั้นที่ไม่ทนต่อออกซิเจน จัดเป็นจุลินทรีย์ในกลุ่มแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก (Lactic acid bacteria) สามารถหมักย่อยอาหารให้ผลิตผลสุดท้ายเป็นกรดแลคติก (Sneath *et al.*, 1986)

ไบฟิโดแบคทีเรีย เป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์อีกตัวหนึ่งที่พบมากในลำไส้ใหญ่ เป็นแบคทีเรีย ในกลุ่มแกรมบวก เซลล์มีรูปร่างเป็นแท่งสั้นหรือยาว ไม่แน่นอนสามารถเปลี่ยนแปลงได้ ไม่สร้างสปอร์ ไม่ทนต่อสภาวะที่มีออกซิเจน สามารถหมักย่อยได้ผลิตผลสุดท้ายเป็นกรดอะซิติกและกรดแลคติก จึงจัดอยู่ในกลุ่มแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก (Sneath *et al.*, 1986)

สัตว์ที่มีสุขภาพดี ระบบทางเดินอาหารจะมีจุลินทรีย์ต่างๆ เหล่านี้อยู่ในสภาพที่สมดุล เป็นสภาพที่มีจุลินทรีย์ผลิตกรดแลคติกอยู่เป็นจำนวนมาก แต่เมื่อใดก็ตามถ้าสภาวะสมดุลของจุลินทรีย์ต่างๆ เหล่านี้เสียไป ซึ่งอาจเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น สัตว์มีความเครียดเอง จากอุณหภูมิสูงหรือต่ำ

มากผิดปกติ การเลี้ยงสัตว์อย่างแออัด การเคลื่อนย้าย การเปลี่ยนแปลงอาหารอย่างกะทันหัน และการใช้ยาปฏิชีวนะที่ออกฤทธิ์ได้กว้าง ทั้งหมดนี้จะไปรบกวนภาวะสมดุลของเชื้อจุลินทรีย์ประจำถิ่น (Normal flora) ที่มีภายในลำไส้ทำให้ลดจำนวนลง ทำให้เชื้อที่ก่อโรคลำไส้เพิ่มจำนวนขึ้นได้

6. สถานการณ์การผลิตอาหารปลาที่ใช้ในฟาร์มเกษตรกร

สุกัญญา และคณะ (2547) ได้ทำการสำรวจสถานะการผลิตอาหารสัตว์น้ำใช้เองของเกษตรกรที่ฟาร์ม รวมทั้งวิธีการใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์น้ำของผู้เลี้ยงสัตว์น้ำในภาคกลาง พบว่าการเลี้ยงสัตว์เศรษฐกิจทั่วไปในประเทศไทยมีการพัฒนาและขยายตัวอย่างต่อเนื่องมานานแล้ว เกษตรกรสามารถผลิตอาหารใช้เองในฟาร์มได้อย่างเหมาะสม แต่สำหรับการเลี้ยงสัตว์น้ำการผลิตอาหารใช้เองในฟาร์มยังมีไม่มากนัก จึงต้องซื้ออาหารในราคาสูง ทำให้ไม่คุ้มกับการลงทุนเลี้ยง ซึ่งผลจากการสำรวจแม้โดยภาพรวมพบว่าทั้งลักษณะการเลี้ยง ชนิดของสัตว์น้ำ อาหารและวิธีการให้อาหารของผู้เลี้ยงในแต่ละเขต แต่ละจังหวัด มีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก แต่ผู้เลี้ยงส่วนใหญ่มีปัญหาในการเลี้ยงคล้ายกันคือ ปลาโตช้า อัตราแลกน้ำหนักไม่ดี ปลาป่วย และตายมาก หรือมีปัญหาตัวเหลือง มีกลิ่นโคลนในเนื้อ ขายได้ราคาต่ำ ผลที่สุดคือ ขาดทุน

สุกัญญา และคณะ (2547) ยังรายงานว่า จากการสำรวจข้อมูลอาหารสัตว์น้ำในเขตจังหวัดปทุมธานี เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์น้ำกว่าร้อยละ 80 ยอมรับว่าไม่มีความรู้ในเรื่องการผสมอาหารใช้เองมาก่อนเลย ส่วนที่เหลือพอมีความรู้บ้าง และปัญหาที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับอาหารในการเลี้ยงสัตว์น้ำ เกษตรกรส่วนใหญ่ระบุว่า อาหารสำเร็จที่ใช้มีราคาแพงและคุณภาพไม่ดี หาซื้อยาก มีการปลอมปน ไม่มีกลิ่นหอมของปลาปนเลย รายที่ซื้อวัตถุดิบมาผสมเองระบุว่าไม่ค่อยได้วัตถุดิบตามที่ต้องการ ส่วนปัญหาที่เกิดขึ้นกับตัวสัตว์น้ำเองมักพบปัญหาปลาตายมาก โดยเฉพาะช่วงปลาเล็ก อัตรารอดต่ำ ปลาป่วยบ่อย เป็นดีซ่านเรื้อรัง และมักตายในที่สุด ปลาที่ไม่ตายส่วนมากโตช้า ส่วนข้อมูลการสำรวจอาหารสัตว์น้ำในเขตจังหวัดสุพรรณบุรีและจังหวัดอื่นๆ พบว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับอาหารในการเลี้ยงสัตว์น้ำ เกษตรกร ส่วนใหญ่มีปัญหาเดียวกันหรือใกล้เคียงกันกับเกษตรกรในเขตจังหวัดปทุมธานี

จากการสำรวจข้อมูลของ สุกัญญา และคณะ (2547) พบว่าอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์น้ำของเกษตรกรในเขตจังหวัดต่างๆ จะมีลักษณะที่ใกล้เคียงกันซึ่งพอแยกได้ดังนี้ คือ

1. อาหารสำเร็จรูป มักจะใช้เลี้ยงปลาในระยะเล็ก ยกเว้นบางฟาร์มอาจใช้เลี้ยงปลาในระยะอื่นด้วย ซึ่งอาจจะเนื่องจากยังไม่มีความรู้และความเชื่อมั่นพอที่จะผลิตอาหารใช้เองในฟาร์ม แต่การใช้อาหารสำเร็จรูปมักไม่ให้แบบเต็มทีเพราะมีราคาแพงจะทำให้ต้นทุนการเลี้ยงสูงมาก อาจไม่คุ้มกับการลงทุนได้ นอกจากนี้ยังมีเกษตรกรบางรายนำอาหารผสมสำเร็จของสัตว์ชนิดอื่น อาทิ อาหารสุกรขุน อาหารไก่ มาใช้เลี้ยงปลาหรือใช้อาหารผสมสำเร็จของปลานำมาบดแล้วผสมกับวัตถุดิบอื่นๆ ที่พอหาได้แล้วนำไปเลี้ยงปลา

2. อาหารสด เกษตรกรผู้เลี้ยงปลาคูส่วนใหญ่มักซื้ออาหารสด เช่น ปลาทะเลสด (ปลาเป็ด) ไข่ไก่ หัวไก่ ไคร้ไก่ เครื่องในไก่ เป็ดมาบดแล้วให้ปลากินสดๆ โดยไม่ต้องผสมกับวัตถุดิบอื่น ซึ่งง่ายต่อการปฏิบัติ และโดยรวมปลาที่เลี้ยงมีอัตราการเติบโตดี แต่การใช้อาหารสดพวกนี้มีปัญหาเรื่องเก็บรักษายากและมักทำให้มีปัญหาในเรื่องของน้ำเสียตามมาส่งผลกระทบต่อปลาที่มีอัตราการตายสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูร้อน นอกจากนี้วัตถุดิบพวกนี้มีราคาที่ค่อนข้างสูงขึ้นไปเรื่อยๆ จึงทำให้ต้นทุนในการเลี้ยงปลาสูงด้วย

3. ผสมอาหารใช้เองในฟาร์ม สำหรับลักษณะอาหารปลาที่ผสมส่วนใหญ่เป็นอาหารสดหรืออาหารเปียก โดยใช้ปลาทะเลสด ไคร้ไก่ ไข่ไก่ เป็นวัตถุดิบหลัก ผสมกับรำละเอียดหรือรำสกัดน้ำมัน แต่ปัจจุบันเริ่มมีการใช้มันสำปะหลังเป็นส่วนผสมในอาหารกันมากขึ้น โดยมีการใช้มันสำปะหลังในรูปแบบที่แตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ หรือความพร้อมในการจัดการ รวมทั้งแหล่งของมันเป็นสำปะหลังที่จะนำมาใช้ด้วย นอกจากนี้ยังมีเกษตรกรบางรายที่ทำเป็นอาหารอัดเม็ดหรืออัดเป็นแท่งซึ่งเป็นอาหารแห้ง โดยใช้วัตถุดิบหลายตัว อาจมีทั้งวัตถุดิบสดและแห้งปนกันแล้วใช้เครื่องบดและอัดเม็ดแบบมินิเซอร์ หากอาหารที่ออกมายังไม่แห้งก็จะนำไปตากจนแห้งเพื่อให้เก็บไว้ใช้นาน

โดยทั่วไปแล้วเกษตรกรนิยมที่จะผลิตอาหารใช้เองที่ฟาร์ม ทั้งนี้เพราะการใช้อาหารสำเร็จรูปของบริษัท มักมีผลทำให้ต้นทุนการเลี้ยงปลาสูง กำไรน้อย หรืออาจทำให้เกษตรกรเลี้ยงปลาขาดทุนได้ แต่ความรู้ด้านโภชนศาสตร์สัตว์น้ำและการพัฒนาด้านการผลิตอาหารสัตว์น้ำใช้เองที่ฟาร์มของเกษตรกรยังมีน้อยมาก โดยเฉพาะการใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์น้ำ ขณะที่เกษตรกรเองมีความสนใจในการใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์น้ำมาก การปฏิบัติการผลิตอาหารสัตว์ที่ฟาร์มของเกษตรกรในปัจจุบันมักจะทำแบบตามกัน และยังมีข้อที่ต้องปรับปรุงอีกมาก ผลการทดลองใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารปลาในเบื้องต้นของเกษตรกรในภาคสนาม พบว่าการใช้มัน

ลำปะหลังเป็นอาหารสัตว์น้ำให้ผลดีในหลายๆ ด้าน โดยเฉพาะการทำให้สัตว์น้ำแข็งแรงขึ้น การเจ็บป่วยน้อยลง เนื้อมีความอร่อยมากขึ้นเมื่อนำไปปรุงอาหาร ทำให้เกษตรกรมีความพอใจ และสนใจที่ใช้มันลำปะหลังเป็นสูตรอาหารสัตว์น้ำอย่างต่อเนื่องและในปริมาณเพิ่มมากขึ้น

อุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์น้ำนับวันมีแต่ขยายตัวมากขึ้น เพราะความนิยมการบริโภคมีมากขึ้นนอกจากนี้ยังเป็นสัตว์ที่มีศักยภาพในการส่งออกได้มาก เพราะมีข้อบังคับต่างๆ ในการส่งออกน้อยมาก หรือแทบไม่มีเลย อีกทั้งประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนซึ่งมีสภาวะอุณหภูมิเหมาะสมกับการเลี้ยงสัตว์น้ำมาก ขณะที่มันลำปะหลังเป็นวัตถุดิบอาหารที่มีศักยภาพที่จะให้ผลดีหลายประการในการเป็นอาหารสัตว์น้ำ ดังนั้นการส่งเสริมให้มีการใช้มันลำปะหลังในสูตรอาหารสัตว์น้ำเพิ่มมากขึ้น เท่ากับเป็นการส่งเสริมการผลิตสัตว์ให้มีความเหมาะสมเพื่อการส่งออกมากขึ้นด้วย (สุกัญญา และคณะ,2547)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. แบบสอบถามข้อมูลการเลี้ยงปลาคุณกุ่มผสมและอาหารที่เกษตรกรผลิตใช้เองในฟาร์ม และอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างอาหารในฟาร์ม ได้แก่ ถุงพลาสติก และถังใส่น้ำแข็ง ในการทดลองที่ 1

2. ปลาคุณกุ่มผสม (*Clarias macrocephalus* X *Clarias gariepinus*) ขนาด 7-10 เซนติเมตร น้ำหนัก 10-15 กรัม จำนวน 1,600 ตัว

3. บ่อซีเมนต์ ขนาด 1 x 1.2 x 1.2 เมตร น้ำลึกประมาณ 70 เซนติเมตร (1 ตัน) และมีระบบเติมอากาศเป็นสายยางต่อกับหัวทราย บริเวณบ่อเป็นโรงเรือนอากาศถ่ายเทได้สะดวก ด้านบนมีหลังคาทำด้วยกระเบื้อง

4. อาหารที่ใช้ทดลองเป็นอาหารในรูปอาหารสด และอาหารแห้งอัดเม็ด สูตรอาหารทดลองมี 4 สูตร ดังนี้

สูตรที่ 1 อาหารปลาทดลองใช้อาหารสด (โครงไก่) ผสมกับรำละเอียด ตามสัดส่วนที่เกษตรกรใช้ในการผลิตอาหารใช้เองที่ฟาร์ม อัตรา 6:5:1 (น้ำหนักสด) อัตรา 1:5:1 (น้ำหนักแห้ง) และให้ในรูปอาหารปั่น

สูตรที่ 2 อาหารใช้ข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงาน และให้ในรูปอาหารอัดเม็ดลอยน้ำ

สูตรที่ 3 อาหารใช้มันเส้นเป็นแหล่งพลังงาน และให้ในรูปอาหารอัดเม็ดลอยน้ำ

สูตรที่ 4 อาหารเม็ดสำเร็จรูปลอยน้ำผลิตโดยบริษัทอาหารสัตว์ (ราคา 20 บ./กก.)

อาหารสูตรที่ 1 เป็นอาหารสดที่เกษตรกรต่างๆ ไปใช้ผสมเองที่ฟาร์ม อาหารสูตรที่ 2 และ 3 จำนวนให้มีองค์ประกอบทางโภชนาครบตามความต้องการของปลาคุณกุ่มผสม แนะนำโดย เวียง (2542) องค์ประกอบวัตถุดิบอาหารของอาหารทดลองสูตรที่ 1, 2 และ 3 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 วัตถุดิบและส่วนประกอบโภชนะของอาหารทดลองสูตรที่ 1 ซึ่งเป็นอาหารสด (โครงไก่ และไส้ไก่) ผสมรำละเอียดเป็นหลัก

วัตถุดิบอาหาร (กิโลกรัม)	ปริมาณที่ใช้ ในสูตรอาหารสด	ปริมาณที่ใช้ ในสูตรอาหารแห้ง	ราคาวัตถุดิบ (บาท/กก.)
ไส้ไก่ (ความชื้น 80%)	261.5	59.4	6.5
รำละเอียด	39	39	5.75
เกลือ	0.40	0.40	3.50
สารเหนียว	0.22	0.22	80
พรีมิกซ์	1.00	1.00	47.90
รวม	302.12	100	
ราคาสูตรอาหาร (แห้ง) (บาท/กก.)			6.59
ส่วนประกอบโภชนะจากการคำนวณ (อาหารแห้ง)			
โปรตีน (%)		38	
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (กิโลแคลอรี/กก.)		3234.42	
ไขมัน (%)		16.93	
เยื่อใย (%)		6.62	
แคลเซียม (%)		1.45	
ฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์ได้ (%)		1.02	
ไลซีน (%)		1.86	
เมทไธโอนีน+ ซิสทีน (%)		0.98	
ทริปโตเฟน (%)		0.22	
ทรีโอนีน (%)		1.31	

ตารางที่ 10 วัตถุดิบและส่วนประกอบโภชนะของอาหารทดลองสูตรที่ 2

วัตถุดิบอาหาร (กิโลกรัม)	ปริมาณที่ใช้ ในสูตรอาหารแห้ง	ราคาวัตถุดิบ (บาท/กก.)
ปลาป่น (60% โปรตีน)	15	27
กากถั่วเหลือง (44% โปรตีน)	40.4	10.40
ข้าวโพด	40	6.20
น้ำมันพืช	3	23
เกลือ	0.35	3.50
ฟอสฟอรัส	1	47.90
สารเหนียว	0.25	80
รวม	100	
ราคาสูตรอาหาร (แห้ง) (บาท/กก.)		12.11
ส่วนประกอบโภชนะจากการคำนวณ (อาหารแห้ง)		
โปรตีน (%)	30.00	
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (กิโลแคลอรี/กก.)	3267.38	
ไขมัน (%)	5.90	
เยื่อใย (%)	3.98	
แคลเซียม (%)	0.86	
ฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์ได้ (%)	0.65	
ไลซีน	1.93	
เมทไธโอนีน+ ซิสทีน	1.01	
ทริปโตเฟน	0.37	
ทรีโอนีน	1.01	

ตารางที่ 11 วัตถุดิบและส่วนประกอบโภชนะของอาหารทดลองสูตรที่ 3

วัตถุดิบอาหาร (กิโลกรัม)	ปริมาณที่ใช้ ในสูตรอาหารแห้ง	ราคาวัตถุดิบ (บาท/กก.)
ปลาป่น (60% โปรตีน)	15	27
กากถั่วเหลือง (44% โปรตีน)	45.23	10.40
มันสำปะหลัง	34	3.95
ดีแอล-เมทไธโอนีน	0.2	70
น้ำมันพืช	4	23
เกลือ	0.35	3.50
พรีมิกซ์	1	47.90
สารเหนียว	0.22	80
รวม	100	
ราคาสูตรอาหาร (แห้ง) (บาท/กก.)		11.82
ส่วนประกอบโภชนะจากการคำนวณ (อาหารแห้ง)		
โปรตีน (%)	30	
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (กิโลแคลอรี/กก.)	3331.21	
ไขมัน (%)	5.97	
เยื่อใย (%)	4.68	
แคลเซียม (%)	0.90	
ฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์ได้ (%)	0.63	
ไลซีน	2.00	
เมทไธโอนีน+ ซิสทีน	1.13	
ทริปโตเฟน	0.37	
ทรีโอนีน	1.19	

วิธีการ

การศึกษาผลการใช้มันสำปะหลังในสูตรอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตและจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารปลาคุณลักษณะแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 การสำรวจคุณค่าทางโภชนาของอาหารปลาคูกลูกผสมของเกษตรกรที่ผลิตอาหารใช้เองในฟาร์มในจังหวัดเขตภาคกลางของประเทศไทย

แผนการทดลอง

วางแผนการศึกษาโดยการสำรวจกรรมวิธีการผลิตอาหาร และวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารปลาใช้เองในฟาร์มของเกษตรกรในเขตจังหวัดภาคกลางทั้งหมด 5 จังหวัด ได้แก่ สุพรรณบุรี ปทุมธานี นครปฐม ราชบุรี และสมุทรปราการ จังหวัดละ 5 ฟาร์ม

การเก็บข้อมูลตัวอย่าง และการบันทึกผล

ออกสำรวจการผลิตอาหารปลาคูกลูกผสมใช้เองในฟาร์มเลี้ยงปลาเขตพื้นที่จังหวัดต่างๆ ในภาคกลางทั้ง 5 จังหวัดตามที่กำหนดไว้เพื่อสอบถามข้อมูลสูตรอาหารและกรรมวิธีการผลิตแบบต่างๆ ที่เกษตรกรผลิตเองเพื่อใช้เลี้ยงปลาคูกลูกผสม และทำการสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารเพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าประกอบทางโภชนา

การวิเคราะห์ตัวอย่าง

วิเคราะห์หาค่าประกอบทางโภชนาของอาหารปลาคูกลูกผสม (Proximate analysis) ตามวิธีของ A.O.A.C. (1990) ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างอาหารจากฟาร์มเกษตรกร โดยเกษตรกรผลิตอาหารขึ้นเอง

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการศึกษานำมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน พร้อมทั้งทำการวิเคราะห์ผลการสำรวจโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา เพื่อเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ ค่าองค์ประกอบโภชนะทางเคมีในอาหารปลาคุกกุผสม ที่สุ่มเก็บตัวอย่างมาจากฟาร์มเกษตรกรที่ผลิตอาหารปลาคุกกุผสมใช้เองที่ฟาร์มซึ่งสามารถแบ่งรูปแบบของอาหารออกเป็น อาหารสด อาหารผสมสดและอาหารผสมอัดเม็ด กับค่าความต้องการทางโภชนะของปลาคุกกุผสมตามคำแนะนำข้างต้น รวมทั้งทำการประเมินคุณค่าทางโภชนะของอาหารที่เกษตรกรผลิตใช้เองแบบต่างๆ กับความต้องการ โภชนะของปลาคุกกุผสม

การทดลองที่ 2 การศึกษาผลการใช้อาหารสดและอาหารแห้งที่ใช้ข้าวโพดและมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในปลาคุกกุผสม ต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก สัตว์ส่วนจุลินทรีย์ และเนื้อเยื่อทางเดินอาหาร

สัตว์และอาหารทดลอง

ปลาคุกกุผสม (*Clarias macrocephalus* X *Clarias gariepinus*) ขนาด 7-10 เซนติเมตร น้ำหนัก 10-15 กรัม จำนวน 1,600 ตัว แบ่งการทดลองออกเป็น 4 กลุ่มการทดลอง แต่ละกลุ่มประกอบไปด้วย 4 ซ้ำ ซ้ำละ 100 ตัว สุ่มปลาให้ได้รับอาหารทดลอง ดังนี้ กลุ่มที่ 1 อาหารสด กลุ่มที่ 2 อาหารสูตรข้าวโพด กลุ่มที่ 3 อาหารสูตรมันสำปะหลัง กลุ่มที่ 4 อาหารบริษัท

การเตรียมสัตว์ทดลอง

ทำการเลี้ยงปลาคุกกุผสมในบ่อซีเมนต์ก่อนเริ่มทำการทดลอง เพื่อฝึกให้ปลาคู่คุ้นเคยกับอาหารและสภาพแวดล้อม เป็นเวลา 1 สัปดาห์ โดยให้อาหารวันละ 2 ครั้ง เช้า-เย็น เวลา 9.00 น. และ 16.00 น. จากนั้นคัดปลาที่มีความยาว 7-10 เซนติเมตร น้ำหนักอยู่ระหว่าง 10-15 กรัม เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ขนาด 1x1.2x1.2 เมตร ซึ่งบรรจุน้ำ 1,000 ลิตร (1 ตัน) พร้อมสายยางต่อกับหัวทราย สำหรับให้อากาศทุกบ่อ แต่ละบ่อใส่ปลา 100 ตัว รวมทั้งสิ้น 16 บ่อ ใช้ลูกปลาทั้งสิ้น 1,600 ตัว

การจัดการอาหารและน้ำระหว่างการเลี้ยง

ให้อาหารปลาแต่ละสูตรวันละ 2 ครั้ง เข้า-เย็น เวลา 9.00 น. และ 16.00 น. ทุกวัน (ยกเว้นวันที่ทำการชั่งวัดจะงดให้อาหาร) ให้อาหารอัตราร้อยละ 3 ของน้ำหนักตัว ใน 2 สัปดาห์แรก และปรับอาหารภายหลังการชั่งวัดแต่ละครั้งโดยให้อาหารในอัตราร้อยละ 3, 2.5 และ 2 ของน้ำหนักตัวในสัปดาห์ที่ 4, 6 และ 8 ตามลำดับ การเปลี่ยนถ่ายน้ำและดูดตะกอนก้นบ่อกระทำสัปดาห์ละ 2 ครั้ง เพื่อคงสภาพของน้ำให้มีคุณภาพดีเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของปลาคูกลูกผสมตลอดการทดลอง โดยการเปลี่ยนถ่ายน้ำในแต่ละครั้งนั้นมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำในอัตราที่ไม่เกิน 30% ของปริมาตรน้ำเดิม ตลอดระยะเวลาของการเลี้ยง

การเก็บและบันทึกข้อมูล

เก็บข้อมูลคุณภาพอาหาร การเจริญเติบโต ประสิทธิภาพของอาหาร ต้นทุนการผลิต คุณภาพน้ำ คุณภาพซาก องค์กรประกอบทางเคมีในตัวปลา สัดส่วนจุลินทรีย์ และเนื้อเยื่อทางเดินอาหาร ดังนี้

1. การเก็บข้อมูลคุณภาพอาหาร

1.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหาร และอาหารทดลองแบบ Proximate analysis โดยวิเคราะห์ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า ฟอสฟอรัส แคลเซียม พลังงานรวม และ NFE ตามวิธีของ A.O.A.C (1990)

1.2 วิเคราะห์หาความหืนของอาหารในระยะเวลาที่เก็บรักษาอาหารไว้ 2 เดือน โดยวิเคราะห์ค่า TBA (Thiobabituric acid) ซึ่งต้องวิเคราะห์ทั้งหมด 3 ครั้ง ดังนี้

ครั้งที่ 1 เก็บอาหารมาวิเคราะห์ TBA ตั้งแต่แรกผลิต

ครั้งที่ 2 เก็บอาหารมาวิเคราะห์ TBA เมื่ออายุอาหารที่จัดเก็บไว้ได้อายุ 1 เดือน

ครั้งที่ 3 เก็บอาหารมาวิเคราะห์ TBA เมื่ออายุอาหารที่จัดเก็บไว้ได้อายุ 2 เดือน

2. การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต

ทำการเก็บข้อมูลเมื่อสิ้นสุดการทดลอง โดยบันทึกค่าดังนี้

- 2.1 น้ำหนักเฉลี่ย
- 2.2 น้ำหนักเพิ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Weight gain, WG)
- 2.3 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวัน (Specific growth rate, SGR)

3. การเก็บข้อมูลประสิทธิภาพของอาหาร

- 3.1 ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ย (Feed intake, FI)
- 3.2 ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวัน
- 3.3 ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion ratio, FCR)
- 3.4 ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (Protein efficiency ratio, PER)
- 3.5 การใช้ประโยชน์โปรตีนสุทธิ (Net protein utilization, NPU)

4. การเก็บข้อมูลต้นทุนค่าอาหารในการผลิตปลา 1 กิโลกรัม

5. การเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำ

- 5.1 วิเคราะห์ค่าไนโตรเจนในบ่อน้ำที่เลี้ยงปลาดุกลูกผสม
- 5.2 วิเคราะห์ค่าแอมโมเนียในบ่อน้ำที่เลี้ยงปลาดุกลูกผสม

6. การเก็บข้อมูลคุณภาพซาก

6.1 ศึกษาคุณภาพซากของปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลองโดยสุ่มปลามาชำละ 2 ตัวแล้วแบ่งซากออกเป็น 4 ส่วน คือ ส่วนเนื้อ หัวครีบกระดูก อวัยวะภายใน และไขมันในช่องท้อง นำค่าที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ซากแต่ละส่วนต่อน้ำหนักตัวปลา

6.2 ค่าดัชนีน้ำหนักตับ (Hepato-somatic Index: HIS) ศึกษาโดยการสุ่มเก็บตัวอย่างตับปลาชำละ 1 ตัว ชั่งน้ำหนักตับและน้ำหนักปลาเพื่อนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตับต่อ

น้ำหนักตัวปลา

6.3 วิเคราะห์หาค่าไกลโคเจนในตับปลาโดยการสุ่มเก็บตัวอย่างตับปลามาวิเคราะห์ซ้ำ
ละ 1 ตัว

7. การเก็บข้อมูลองค์ประกอบเคมีในตับปลา

ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตับปลาแบบ Proximate analysis เมื่อเริ่มการ
ทดลองและสิ้นสุดการทดลอง โดยสุ่มปลามาซ้ำละ 2 ตัว วิเคราะห์ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย
และเถ้า ตามวิธีของ A.O.A.C (1990)

8. การเก็บข้อมูลสัดส่วนประชากรจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ และก่อโรคในทางเดินอาหาร
ปลาที่ถูกผสมที่กินอาหารสดและอาหารแห้งที่ใช้ข้าวโพดและมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงาน

เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ปลาอายุ 2 เดือน สุ่มปลาจากแต่ละซ้ำในแต่ละกลุ่ม ๆ ละ 1 ตัว
เพื่อฆ่าและเก็บตัวอย่างลำไส้ส่วนต้น ส่วนกลาง และส่วนปลายจากปลาแต่ละตัว แล้วนำไปตรวจ
นับเชื้อจุลินทรีย์ทันที

การตรวจนับเชื้อจุลินทรีย์

นำสิ่งย่อยจากลำไส้แต่ละตัวอย่างมาเจือจางเชื้อ (Dilution plate count) เพิ่มครั้งละ 10
เท่า เป็นลำดับ (Ten-fold serial dilution) ตามวิธีของ Michael and Burton (1995) ซึ่งในการทดลอง
วัด 3 ระดับ ได้แก่ 10^{-1} 10^{-2} และ 10^{-3}

عدادสารละลายเจือจาง 0.1 มิลลิลิตร ใส่ในอาหารเลี้ยงเชื้อเฉพาะแต่ละชนิด
(Selectivemedia) โดย *E. coli* ใช้ Coliform agar (Difco) ตามวิธีของ Christen *et al.* (1992)
Lactobacillus spp. ใช้ Lactobacilli MRS agar (Merck) ตามวิธีของ De Man *et al.* (1960) เชื้อ
แบคทีเรียทั้งหมด (Total viable bacteria) ใช้ Plate Count Agar (PCA agar) ตามวิธีของ Houghtby
(1992) ในขั้นตอนการ Spread plate เกลี่ยเชื้อให้ทั่วผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยแต่ละเชื้อใช้
สารละลายเจือจางในระดับที่กำหนด 3 ระดับ ระดับละ 2 ซ้ำ นำไปบ่ม เชื้อ *Lactobacillus* spp. บ่ม

ในตู้ CO₂ incubator ปรับระดับคาร์บอนไดออกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จะเห็นโคโลนีสีขาวขุ่น ขนาดเล็กถึงปานกลาง ส่วนเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด และเชื้อ *E. coli* ทำโดยนำจานเชื้อ บ่มในตู้ Incubator ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เชื้อ *E. coli* จะเห็นโคโลนีสีน้ำตาลเงินม่วง กลม นูน วาว

การนับโคโลนี จะเลือกนับจานเลี้ยงเชื้อเจือจาง 2 ระดับ ที่มีโคโลนีอยู่ในช่วง 30-300 โคโลนี แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาจำนวนโคโลนีของเชื้อต่อตัวอย่าง 1 กรัม (Colony forming units/g; cfu/g) จากสมการ

$$N = \frac{\sum C}{V [n1 + 0.1n2] d}$$

V = Volume of sample

C = Number of colony

n1 = Number of plate (1 dilution step)

n2 = Number of plate (2 dilution step)

d = Lowest count dilution

9. การเก็บข้อมูลเนื้อเยื่อของทางเดินอาหารปลาอุกกลุ่มผสมที่กินอาหารสดและอาหารแห้งที่ใช้ข้าวโพดและมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงาน

เมื่อปลาอายุ 2 เดือน สิ้นสุดการทดลอง ทำการสุ่มปลาในแต่ละกลุ่ม ๆ ละ 3 ตัว เพื่อฆ่าและเก็บตัวอย่างลำไส้ส่วนต้น ส่วนกลาง และส่วนปลายจากปลาแต่ละตัวเพื่อศึกษาลักษณะทางสรีระวิทยา

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely randomized design) แบ่งการทดลองเป็น 4 ชุด ชุดละ 4 ซ้ำ โดยแต่ละชุดได้รับอาหารแต่ละสูตรต่างกันทั้งหมด 4 สูตร ดังนี้

ชุดที่ 1 เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 1 อาหารสด (โครงไก่) ผสมกับรำละเอียด ตามสัดส่วนที่เกษตรกรใช้ในการผลิตอาหารใช้เองที่ฟาร์ม และให้ในรูปแบบอาหารปั่น

ชุดที่ 2 เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 2 อาหารใช้ข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงาน และให้ในรูปแบบอาหารอัดเม็ดลอยน้ำผลิตโดยเครื่องเอ็กทрудเดอร์ขนาดเล็ก

ชุดที่ 3 เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 3 อาหารใช้มันเส้นเป็นแหล่งพลังงาน และให้ในรูปแบบอาหารอัดเม็ดลอยน้ำผลิตโดยเครื่องเอ็กทрудเดอร์ขนาดเล็ก

ชุดที่ 4 เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 4 อาหารเม็ดสำเร็จรูปลอยน้ำผลิตโดยบริษัทอาหารสัตว์

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่ม โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับ $P < 0.05$ ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สถานที่ทำการทดลอง

1. โรงเรียนเลี้ยงสัตว์ทดลอง ภาควิชาเพาะเลี้ยง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
2. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการทางโภชนาการ ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาอาหารสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม
3. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการทางโภชนาการ และห้องปฏิบัติการตรวจนับเชื้อจุลินทรีย์ ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์น้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

ระยะเวลาการทดลอง

ตั้งแต่ ธันวาคม 2549 ถึง กุมภาพันธ์ 2550

งบประมาณ

ได้รับเงินทุนสนับสนุนจากมูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทยในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

การทดลองที่ 1 ผลการสำรวจคุณค่าทางโภชนาของอาหารปลาชุกชุมผสมของเกษตรกรที่ผลิตอาหารใช้เองในฟาร์มในจังหวัดเขตภาคกลางของประเทศไทย

จากการสำรวจฟาร์มเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาชุกชุมที่ผลิตอาหารใช้เองที่ฟาร์ม สามารถแยกรูปแบบของอาหารที่เกษตรกรผลิตเองได้เป็น 3 รูปแบบ ได้แก่

1. อาหารสดหรืออาหารเปียก (ความชื้น เท่ากับ 67.62 % ww) จากการสำรวจการเลี้ยงปลาชุกชุมผสมมีปริมาณการใช้อาหารสดคิดเป็นร้อยละ 54.55 ของจำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาชุกชุมทั้งหมดที่ทำการสำรวจ วัตถุประสงค์หลักที่เกษตรกรใช้ในการผลิตอาหารสดคือ ปลาทะเลสด ไข่ไก่ ไคโรนกระดูกไก่ หัวไก่ ไข่เป็ด ไคโรนกระดูกเป็ด โดยใช้เครื่องมือเซอร์เป็นตัวบดวัตถุประสงค์ให้อาหารออกมาในรูปของอาหารก้อนหรืออาหารป่น แต่บางครั้งอาหารสดที่ผลิตออกมามีลักษณะค่อนข้างเหลวขึ้นอยู่กับลักษณะของวัตถุดิบที่นำมาผลิต

2. อาหารผสมสด (ความชื้น เท่ากับ 63.72 % ww) จากการสำรวจการเลี้ยงปลาชุกชุมผสมมีปริมาณการใช้อาหารผสมสดคิดเป็นร้อยละ 18.18 ของจำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาชุกชุมทั้งหมดที่ทำการสำรวจ วัตถุประสงค์หลักที่เกษตรกรใช้ในการผลิตอาหารผสมสดคือ ไข่ไก่ ไคโรนกระดูกไก่ หัวไก่ ไข่เป็ด ไคโรนกระดูกเป็ด ปลาทะเล วัตถุประสงค์ที่ใช้ประกอบคือ รำละเอียด และมันสำปะหลังนึ่ง วิธีการทำใช้เครื่องมือเซอร์เป็นตัวบดและผสมวัตถุดิบให้เข้ากัน เกษตรกรบางรายใช้เครื่องมือเซอร์ 2-3 ตัวในการผลิต เพื่อเพิ่มความละเอียดของวัตถุดิบและทำให้วัตถุดิบผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ได้คั้นอาหารผสมสดอยู่ในรูปของอาหารก้อนหรืออาหารป่นเช่นเดียวกับอาหารสด แต่มีลักษณะเป็นก้อนไม่เหลวเหมือนอาหารสด

3. อาหารผสมอัดเม็ด (ความชื้น เท่ากับ 25.90 % ww) จากการสำรวจการเลี้ยงปลาชุกชุมผสมมีปริมาณการใช้อาหารผสมอัดเม็ดคิดเป็นร้อยละ 27.27 ของจำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาชุกชุมทั้งหมดที่ทำการสำรวจ การผลิตอาหารผสมอัดเม็ดใช้วัตถุดิบประกอบหลายชนิดตามสัดส่วนที่เกษตรกรแต่ละฟาร์มกำหนด อาทิเช่น ปลาป่น ถั่วเหลือง รำละเอียด เป็นต้น โดยใช้เครื่องมือเซอร์ผสมและอัดแท่งอาหารออกมาแล้วนำมาตากให้แห้ง

จากผลวิเคราะห์ค่าทางโภชนาการต่างๆ ของอาหารทั้ง 3 แบบ เปรียบเทียบกับค่าตามคำแนะนำความต้องการ โภชนาของปลาคุณลูกผสมพบว่า ระดับโภชนาส่วนใหญ่ในอาหารที่เกษตรกรผลิตเองมีไม่พอเพียงกับความต้องการของตัวปลาคุณลูกผสม เนื่องจากอาหารส่วนใหญ่ที่เกษตรกรผลิตอยู่ในรูปของอาหารสดซึ่งมีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่มากในเนื้ออาหาร จึงมีค่าโภชนาต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักอาหารในปริมาณที่ต่ำ ปลาสามารถกินอาหารในสภาพสดได้ปริมาณไม่มากพอที่จะทำให้ได้รับโภชนาเพียงพอกับความต้องการ ปริมาณการกินอาหารของสัตว์จะขึ้นอยู่กับความจุของกระเพาะอาหารของสัตว์แต่ละชนิด และขึ้นอยู่กับปริมาณสารอาหารที่เป็นองค์ประกอบในอาหาร ดังนั้นถ้าอาหารมีปริมาณสารอาหารต่อหนึ่งหน่วยต่ำปลาต้องกินอาหารในปริมาณมากจึงจะเพียงพอกับความต้องการ แต่ปลาเป็นสัตว์ที่มีกระเพาะเล็กจึงกินอาหารได้ในปริมาณน้อยจึงทำให้ได้รับปริมาณสารอาหารไม่เพียงพอความต้องการ นอกจากนี้ค่าโภชนาต่างๆ ในอาหารแต่ละรูปแบบที่เก็บมาถึงแม้จะเป็นอาหารแบบเดียวกัน แต่ค่าโภชนามีความแปรปรวนสูง ซึ่งอาจเนื่องมาจากสัดส่วนและคุณภาพวัตถุดิบไม่แน่นอนและปัจจัยต่างๆ มากมาย อาทิ ชนิดและขนาดของปลาสดหรือโครงกระดูกไก่ ไส้ไก่ แหล่งที่มา การเก็บรักษาระหว่างการขนส่ง ฤดูกาล เป็นต้น (แสดงค่าต่าง ๆ ดัง ตารางที่ 11 และ ภาพที่ 4, 5)

เกษตรกรที่ทำการสำรวจประมาณครึ่งหนึ่งคิดว่าตัวเองมีความรู้ในการผลิตอาหารปลาคุณลูกผสมใช้เอง แต่ระดับความรู้อาจแตกต่างกันตั้งแต่น้อยถึงมาก ส่วนใหญ่คิดว่ามีความรู้ปานกลางพอผลิตอาหารใช้เองได้ อาจจะเนื่องจากมีประสบการณ์ในการเลี้ยงมานานหลายปี รวมทั้งการลงมือทดลองดูที่ทำมาจึงสามารถนำมาปรับให้พอใช้ได้ อย่างไรก็ตามยังมีเกษตรกรผู้เลี้ยงอีกประมาณครึ่งหนึ่งที่ให้ข้อมูลว่าไม่มีความรู้เรื่องการผลิตอาหาร จึงใช้อาหารผสมสำเร็จ หรือบางรายผลิตอาหารใช้เองโดยศึกษาจากเพื่อนบ้านที่เลี้ยงอยู่ด้วยกัน

ตารางที่ 12 ส่วนประกอบโภชนะของอาหารปลาคุณผสมแต่ละประเภทที่ทำการสำรวจ ค่าได้จาก
การวิเคราะห์คิดเป็นน้ำหนักแห้งและการคำนวณคิดเป็นน้ำหนักสด (ค่าเฉลี่ย \pm SD)

ส่วนประกอบ โภชนะ	ชนิดอาหาร					
	อาหารสด		อาหารผสมสด		อาหารผสมอัดเม็ด	
	%ww ¹	%dm ²	%ww ¹	%dm ²	%ww ¹	%dm ²
ความชื้น (%)	67.62	6.09	63.72	8.3	25.90	7.85
	± 18.79	± 3.11	± 13.92	± 3.11	± 17.68	± 3.43
วัตถุแห้ง (%)	32.38	93.91	36.28	91.7	74.10	92.15
	± 18.79	± 3.11	± 13.92	± 3.11	± 17.68	± 3.43
โปรตีนรวม (%)	13.41	40.79	19.11	27.18	18.08	24.26
	± 7.44	± 5.84	± 10.13	± 10.95	± 6.31	± 6.88
ไขมัน (%)	12.01	37.29	10.33	13.87	14.95	15.95
	± 6.34	± 9.83	± 6.44	± 5.98	± 10.65	± 12.4
เยื่อใย (%)	0.48	1.17	2.42	4.7	5.32	5.67
	± 1.31	± 2.41	± 1.57	± 2.03	± 0.87	± 2.46
เถ้า (%)	4.99	11.12	8.08	11.98	10.96	13.45
	± 5.46	± 8.55	± 4.36	± 2.22	± 2.46	± 5.81
NFE ³ (%)	3.16	9.62	22.41	42.27	22.21	40.67
	± 3.50	± 6.22	± 12.18	± 15.93	± 34.52	± 23.78
พลังงานรวม (แคลอรี/กก.)	1947.84	6008.34	3079.98	4862.81	4069.27	4907.9
	± 964.5	± 822.9	± 1615.3	± 252.2	± 481.8	± 694.2

¹ ข้อมูลจากการคำนวณ

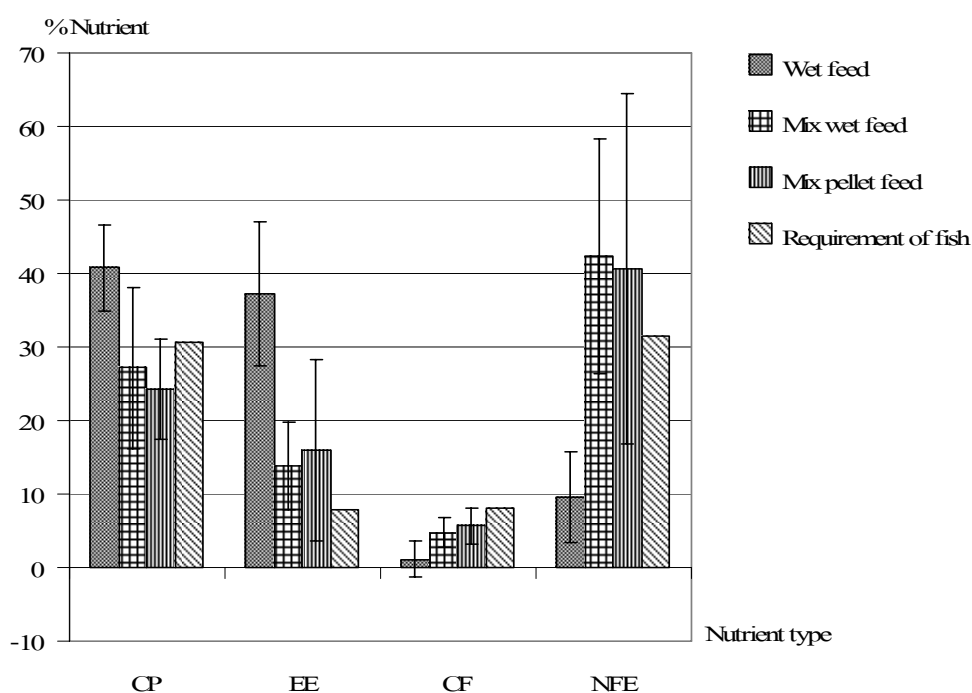
² ข้อมูลจากการวิเคราะห์ Proximate in AOAC (1990) และข้อมูลพลังงานจาก Bomb Calorimeter

³ NFE = Nitrogen free extract = วัตถุแห้ง - โปรตีนรวม - ไขมัน - เยื่อใย - เถ้า

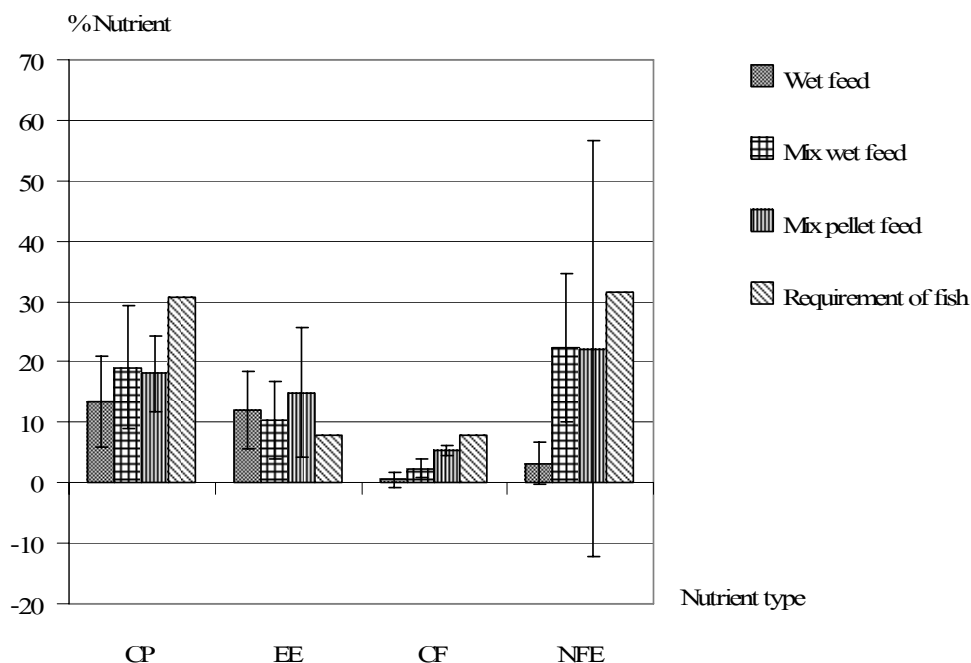
ตารางที่ 13 ปริมาณความต้องการสารอาหารเฉลี่ยของปลาดุกลูกผสม

สารอาหาร	ปริมาณความต้องการสารอาหารเฉลี่ย (%)
โปรตีน (CP)	30.6
คาร์โบไฮเดรต (NFE)	31.5
ไขมัน (EE)	7.9
เยื่อใย (CF)	8

หมายเหตุ: ปริมาณความต้องการสารอาหารเฉลี่ยของปลาดุกลูกผสมเป็นค่าเฉลี่ยจาก เวียง,2542
 วีรพงศ์,2536 อธิพร,2532 ประเสริฐและคณะ,2525และ ประเสริฐและอุทัย,2530



ภาพที่ 4 ส่วนประกอบโภชนะของอาหารปลาดุกลูกผสมในรูปแบบน้ำหนักแห้ง



ภาพที่ 5 ส่วนประกอบ โภชนะของอาหารปลาดุกผสมในรูปแบบน้ำหนักสด

หมายเหตุ: CP = Crude protein : โปรตีนหยาบ

EE = Ether extract : สารสกัดอีเธอร์แสดงถึงปริมาณไขมัน

CF = Crude fiber : เชื้อใยหยาบ

NFE = Nitrogen-free extract : แสดงถึงปริมาณคาร์โบไฮเดรตจำพวกแป้ง

นอกจากนี้ข้อมูลการสำรวจโดยการสอบถามเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาดุกผสมที่ผลิตอาหารใช้เองพบว่าเกษตรกรประสบปัญหาในการผลิตอาหารใช้เองดังนี้

1. วัตถุดิบอาหาร มีปัญหาในด้านของราคาที่ยังสูง มีปริมาณไม่เพียงพอกับความ ต้องการ หาซื้อยาก ควบคุมคุณภาพไม่ได้ จึงทำให้อาหารที่ผลิตได้มีความแปรปรวนสูง เกษตรกร รายที่ผลิตอาหารใช้เองส่วนใหญ่ในเขตภาคกลางนิยมใช้อาหารสด วัตถุดิบที่นิยมใช้มาก คือ เครื่อง ในไก่ ไคร้ กระดุกไก่ หัวไก่ วัตถุดิบพวกนี้มีราคาค่อนข้างสูงประมาณ กิโลกรัมละ 7 บาท ซึ่งเป็น สภาพสดมีความชื้นประมาณ 26% โปรตีนประมาณ 41% เมื่อเทียบกับปลาป่นที่มีราคาประมาณ กิโลกรัมละ 27 บาท ซึ่งมีความชื้น 8% โปรตีน 60% ถึงวัตถุดิบอาหารสดจะง่ายต่อการใช้เลี้ยงก็ตาม

แต่หาซื้อยากในบางช่วงเวลา โดยเฉพาะหลังจากเกิดภาวะการระบาดของไข้หวัดนก ทำให้มีปัญหาในการหาซื้อวัตถุดิบอาหารสดพวกนี้มากยิ่งขึ้น ส่วนในรายที่ใช้อาหารสำเร็จรูปส่วนใหญ่พบปัญหาอาหารสำเร็จรูปที่ใช้มีราคาแพงและคุณภาพไม่ดี มีการปลอมปน หาซื้อยาก

2. คุณภาพน้ำ จากการสำรวจการใช้อาหารสดเลี้ยงปลาคุณลักษณะของเกษตรกรพบว่า มีปัญหาน้ำเน่าเสีย เนื่องจากเมื่อใช้อาหารสดเลี้ยงปลาทำให้มีเศษอาหารที่ปลากินไม่หมดหรือที่ปลาไม่สามารถกินได้เนื่องจากเม็ดแตกก่อน ตกค้างในบ่อ จึงทำให้น้ำเน่าเสีย น้ำขาดออกซิเจน และส่งผลต่อเนื่องถึงตัวปลาทำให้สุขภาพปลาไม่ดี ปลาเครียด กินอาหารน้อยลงทำให้ได้ผลผลิตลดลง

3. ต้นทุนการผลิต แม้ว่าอาหารสดจะมีราคาไม่สูง แต่เมื่อคิดเป็นน้ำหนักแห้งหรือเทียบความชื้นเท่ากับปลาป่นแล้วจะพบว่าอาหารสดไม่ได้มีราคาถูกอย่างที่เกษตรกรคิดเลย ทำให้ต้นทุนการผลิตอาหารสด และอาหารผสมสดมีราคาค่อนข้างสูง ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงไปด้วย

4. ปัญหาที่เกิดขึ้นกับสัตว์น้ำที่เลี้ยงนั้นส่วนใหญ่มีปัญหาคล้ายๆ กัน คือ ปลาโตช้า ป่วยบ่อย และมีปลาตายจำนวนมาก

การทดลองที่ 2 ผลการใช้อาหารสดและอาหารแห้งที่ใช้ข้าวโพดและมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในปลาคุณลักษณะ ต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก สัตว์ส่วนจุลินทรีย์ และเนื้อเยื่อทางเดินอาหาร

คุณภาพอาหาร

การศึกษาคุณภาพของอาหารที่ใช้ทดลองทั้ง 4 สูตร ได้ค่าองค์ประกอบทางโภชนาการโดยการวิเคราะห์ทางเคมีดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 องค์ประกอบทางโภชนาของอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร โดยการวิเคราะห์ทางเคมี (คิดจากน้ำหนักแห้ง)

ส่วนประกอบโภชนาจาก การวิเคราะห์ (อาหารแห้ง)	อาหารสด	อาหารแห้งสูตร ข้าวโพด	อาหารแห้งสูตร มันสำปะหลัง	อาหารบริษัท
โปรตีน (%)	30.74	30.02	29.98	32.09
พลังงานรวม (กิโลแคลอรี/ กก.)	6169.60	4616.31	4587.04	4598.33
ไขมัน (%)	39.25	4.11	3.78	2.90
เยื่อใย (%)	2.10	4.37	5.80	2.86
แคลเซียม (%)	3.78	1.91	2.72	2.63
ฟอสฟอรัสรวม (%)	1.62	0.87	0.74	0.62

การศึกษาผลการใช้อาหารสด และอาหารแห้งที่ใช้ข้าวโพดและมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในอาหารปลาคลุกผสมต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซาก โดยทำการศึกษาถึงคุณภาพของอาหารในส่วนของความหืนเนื่องจากเป็นปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซาก พบว่าค่าความหืน TBA ของอาหารทดลองได้แก่ อาหารแห้งสูตรข้าวโพด มันสำปะหลัง และอาหารบริษัท ที่มีอายุการเก็บรักษา 2 เดือน มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) (ตารางที่ 12) โดยค่าความหืน TBA ของอาหารแห้งสูตรข้าวโพดมีค่ามากที่สุด รองลงมาคืออาหารแห้งสูตรมันสำปะหลัง และอาหารบริษัท ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบอาหารสดกับอาหารแห้งทั้ง 3 สูตร ในวันที่ผลิต พบว่าค่าความหืน TBA ของอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) (ตารางที่ 12) โดยค่าความหืน TBA ของอาหารสดมีค่ามากที่สุด รองลงมาคืออาหารแห้งสูตรข้าวโพด สูตรมันสำปะหลัง และอาหารบริษัท ตามลำดับ ค่าความหืน TBA ของอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร ทั้งค่าในวันที่ผลิตและที่อายุเก็บรักษา 2 เดือน มีค่าค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับการศึกษาของ Papas (1990) ที่พบว่าอาหารสัตว์ควรมีค่าความหืน TBA ไม่เกิน 20 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ดังนั้นจากค่าความหืน TBA ที่ได้ แสดงให้เห็นว่าอาหารทดลองที่ผลิตเองส่วนใหญ่มีความหืนมากกว่าอาหารบริษัท ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากทั้งอาหารสดและอาหารแห้งสูตรข้าวโพดและสูตรมันสำปะหลังไม่ได้ใส่วัตถุกันหืนเช่นเดียวกับอาหารบริษัท โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารสดมีความหืนค่อนข้างสูงมาก นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบค่าความหืนระหว่างอาหารแห้งสูตรข้าวโพดและมันสำปะหลัง พบว่าอาหารแห้งสูตรข้าวโพดที่อายุการเก็บรักษานานขึ้นค่าความ

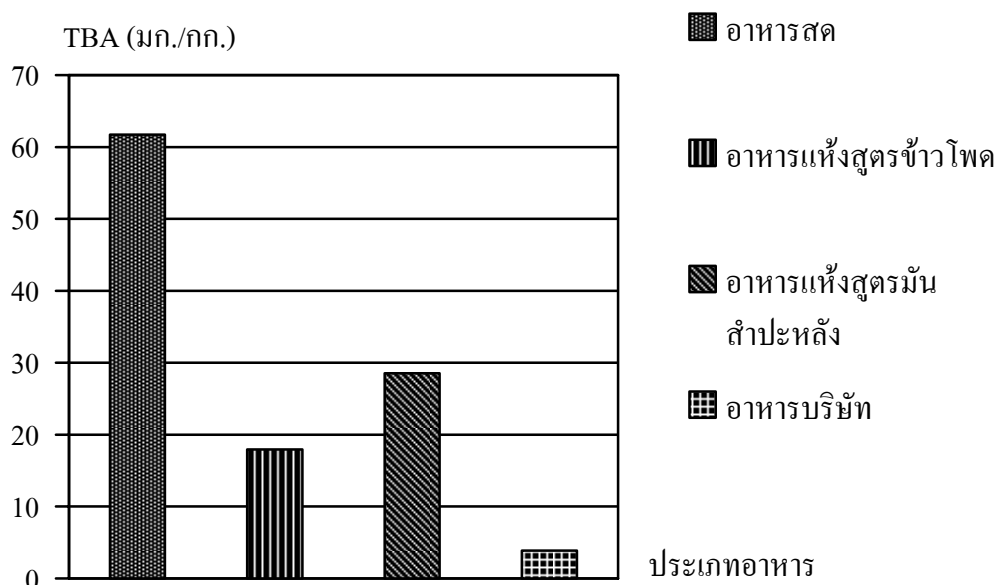
หีน TBA จะสูงมากขึ้นในขณะที่อาหารแห้งสูตรมันสำปะหลังจะมีการเพิ่มขึ้นของค่าความหีน TBA น้อยกว่า

ความหีนในอาหารอาจทำให้กรดไขมันในอาหารมีคุณค่าลดลงถ้าเก็บอาหารไว้นานขึ้น จะเกิดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนอย่างสมบูรณ์ทำให้คุณค่าของกรดไขมันสูญเสียไป และอาหารมีกลิ่นหืน ทำให้ปลากินอาหารลดลงได้

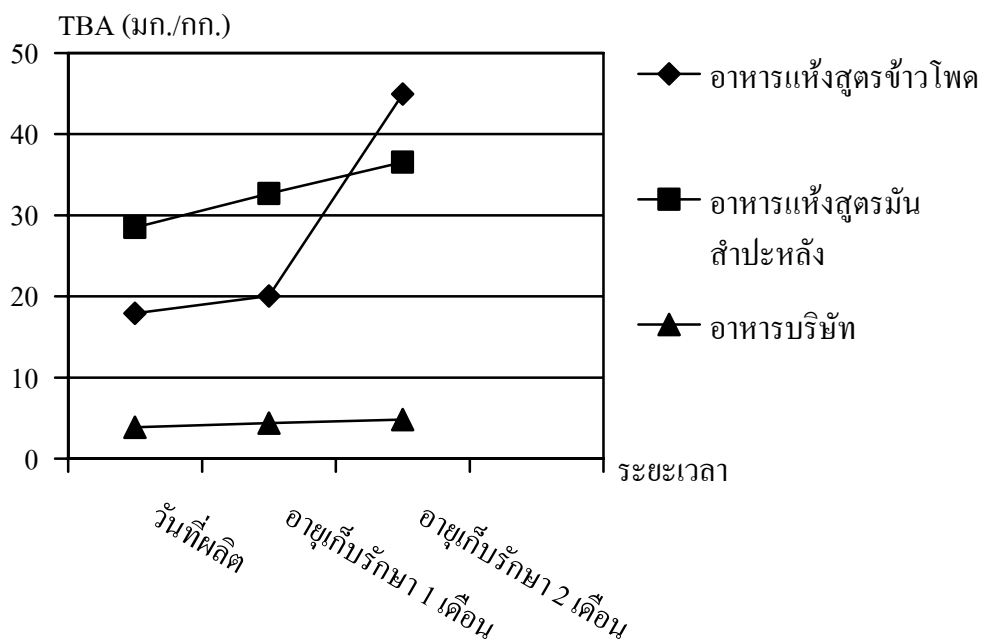
ตารางที่ 15 ค่าความหีน TBA ของอาหารปลาดุกลูกผสมทั้ง 4 สูตรที่ใช้ในการทดลอง มีอายุการเก็บรักษา 2 เดือน (ค่าเฉลี่ย \pm SD)

สูตรอาหาร	TBA (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)			TBA ที่เปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บไว้ 2 เดือน (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)
	อาหารในวันที่ผลิต	อาหารที่อายุเก็บรักษา 1 เดือน	อาหารที่อายุเก็บรักษา 2 เดือน	
อาหารสด	61.72 \pm 0.34 ⁿ	-	-	-
อาหารแห้งสูตรข้าวโพด	17.92 \pm 3.62 ⁿ	20.06 \pm 0.08 ⁿ	44.95 \pm 0.61 ⁿ	27.03 \pm 3.01 ⁿ
อาหารแห้งสูตรมันสำปะหลัง	28.51 \pm 0.24 ^u	32.66 \pm 5.06 ⁿ	36.54 \pm 0.83 ^u	8.03 \pm 0.59 ^u
อาหารบริษัท	3.87 \pm 0.35 ^v	4.37 \pm 0.98 ⁿ	4.82 \pm 0.98 ⁿ	0.95 \pm 0.63 ⁿ
p-value	<0.0001	0.0054	<0.0001	0.0015

หมายเหตุ ก ข ค ง อักษรที่ต่างกันในแต่ละแถวแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)



ภาพที่ 6 ค่าความหืน TBA ของอาหารปลาดุกลูกผสมทั้ง 4 สูตรที่ใช้ในการทดลองในวันที่ผลิต



ภาพที่ 7 ค่าความหืน TBA ของอาหารปลาดุกลูกผสม 3 สูตรที่ใช้ในการทดลองในวันที่ผลิต และที่อายุการเก็บรักษา 1, 2 เดือน

การเจริญเติบโต

การศึกษาผลการใช้อาหารทดลองทั้งอาหารสดและอาหารแห้งที่ใช้ข้าวโพดและมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในปลาดุกลูกผสมต่อสมรรถภาพการผลิตของปลาดุกลูกผสม โดยศึกษาการเจริญเติบโต พบว่าเมื่อเริ่มต้นการทดลองปลาดุกลูกผสมมีน้ำหนักเฉลี่ยใกล้เคียงกันหรือแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าน้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน มีค่าใกล้เคียงกันหรือแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาดุกลูกผสมที่กินอาหารทั้ง 4 สูตรมีค่าใกล้เคียงกันหรือแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 13) การที่สมรรถภาพการผลิตต่าง ๆ ของปลาดุกลูกผสมที่กินอาหารทั้ง 4 สูตร มีค่าใกล้เคียงกันแสดงให้เห็นว่า ปลาดุกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผลิตขึ้นเองหรืออาหารบริษัทสามารถให้ผลผลิตที่ใกล้เคียงหรือเทียบเท่ากันได้ หากผู้ผลิตมีการผลิตสูตรอาหารที่มีคุณภาพและมีการจัดการในการเลี้ยงที่ดีเหมือนกัน

ตารางที่ 16 การเจริญเติบโตของปลาคุกกุผสมที่กินอาหารสดและอาหารแห้ง สูตรข้าวโพด มัน
สำปะหลัง และอาหารบริษัท (ค่าเฉลี่ย \pm SE)

สูตรอาหาร	น้ำหนักเฉลี่ย เมื่อเริ่มต้น (กรัม/ตัว)	น้ำหนักเฉลี่ย เมื่อสิ้นสุด (กรัม/ตัว)	น้ำหนักเพิ่ม เฉลี่ย (กรัม/ตัว)	น้ำหนักเพิ่ม เฉลี่ยต่อวัน (กรัม/ตัว/วัน)	อัตราการ เจริญเติบโต จำเพาะ (ร้อยละ/วัน)
อาหารสด	29.13 \pm 2.49	52.42 \pm 1.29	23.29 \pm 3.05	0.35 \pm 0.05	0.92 \pm 0.14
อาหารแห้ง	28.38 \pm 2.17	52.37 \pm 2.66	24.00 \pm 2.53	0.36 \pm 0.04	0.95 \pm 0.11
สูตร ข้าวโพด					
อาหารแห้ง	25.88 \pm 2.55	53.03 \pm 0.76	27.16 \pm 3.01	0.41 \pm 0.05	1.13 \pm 0.17
สูตรมัน สำปะหลัง					
อาหาร บริษัท	30.25 \pm 3.47	51.77 \pm 1.90	21.52 \pm 4.94	0.33 \pm 0.07	0.86 \pm 0.23
p-value	0.7112	0.9682	0.7211	0.7211	0.7052

ประสิทธิภาพของอาหาร

การศึกษาผลการใช้อาหารทดลองทั้งอาหารสดและอาหารแห้งที่ใช้ข้าวโพดและมัน
สำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในปลาคุกกุผสมต่อประสิทธิภาพของอาหาร (ตารางที่ 15) พบว่าปลา
คุกกุผสมที่ทำการทดลองมีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ย อาหารที่กินเฉลี่ยต่อวัน และประสิทธิภาพการ
เปลี่ยนอาหาร แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ส่วนประสิทธิภาพการใช้โปรตีน
และการใช้ประโยชน์โปรตีนสุทธิของปลาคุกกุผสมที่กินอาหารทั้ง 4 สูตรมีค่าแตกต่างกันอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เช่นกัน ปลาคุกกุผสมที่กินอาหารสดจะมีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ย
และอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวันมากกว่าปลาคุกกุผสมกลุ่มที่กินอาหารแห้งทั้ง 3 สูตรอย่างมีนัยสำคัญ
ยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ในขณะที่ปลาคุกกุผสมกลุ่มดังกล่าวกลับมีอัตราการเปลี่ยนอาหาร
ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนและการใช้ประโยชน์โปรตีนสุทธิดีน้อยกว่าปลาคุกกุผสมที่กิน

อาหารแห้งทั้ง 3 สูตรอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ที่เป็นเช่นนี้เพราะ อาหารสดเป็นอาหารที่มีองค์ประกอบได้แก่ น้ำ 67.62 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 13.14 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน ประมาณ 12.01 เปอร์เซ็นต์ เป็นหลัก มีแป้งหรือคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบน้อยมาก (ตารางที่ 11) ดังนั้นปลาตุ๊กตุ๊กผสมกลุ่มที่กินอาหารสดจึงต้องมีปริมาณการกินอาหารมากเพื่อให้ได้ปริมาณ โภชนะเพียงพอแก่ความต้องการ ในขณะที่เดียวกันร่างกายจะต้องมีการสลายโปรตีนและกรดอะมิโนบางส่วนในอาหารเพื่อใช้ในการสร้างน้ำตาลสำหรับการเมตาบอลิซึมตามปกติของร่างกาย ทั้งหมดจึงมีผลทำให้ปลาตุ๊กตุ๊กผสมกลุ่มที่กินอาหารสดมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และการใช้ประโยชน์โปรตีนสุทธิดีไปกว่าปลาตุ๊กตุ๊กผสมกลุ่มที่กินอาหารแห้งทั้ง 3 สูตร ซึ่งทุกสูตรจะมีความชื้น หรือน้ำเป็นองค์ประกอบประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งทุกสูตรมีแป้งเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย จึงทำให้ปลาไม่ต้องใช้โปรตีนในอาหารเพื่อเปลี่ยนเป็นน้ำตาลในร่างกาย ซึ่งก็มิผลทำให้ปลาตุ๊กตุ๊กผสมที่กินอาหารแห้งทั้ง 3 สูตร มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนและการใช้ประโยชน์โปรตีนสุทธิดีกว่าปลาตุ๊กตุ๊กผสมกลุ่มที่กินอาหารสดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) หากเปรียบเทียบระหว่างปลาตุ๊กตุ๊กผสมกลุ่มที่กินอาหารแห้งด้วยกันจะพบว่า ปลาตุ๊กตุ๊กผสมที่กินอาหารแห้งทั้ง 3 สูตรมีปริมาณอาหารที่กินทั้งหมด ปริมาณอาหารที่ต่อวัน ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนและการใช้ประโยชน์โปรตีนสุทธิไม่แตกต่างกันหรือแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่มีแนวโน้มอย่างเห็นได้ชัดว่า ปลาตุ๊กตุ๊กผสมที่กินอาหารแห้ง สูตรอาหารข้าว โปด และสูตรอาหารมันสำปะหลัง มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนและการใช้ประโยชน์สุทธิดีกว่าปลาตุ๊กตุ๊กผสมที่กินอาหารบริษัท ในขณะที่ปลาตุ๊กตุ๊กผสมที่กินอาหารสูตรอาหารข้าว โปด และสูตรอาหารมันสำปะหลังมีปริมาณอาหารที่กินทั้งหมด ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนและการใช้ประโยชน์โปรตีนสุทธิใกล้เคียงกันมาก หรือมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ต้นทุนการผลิต

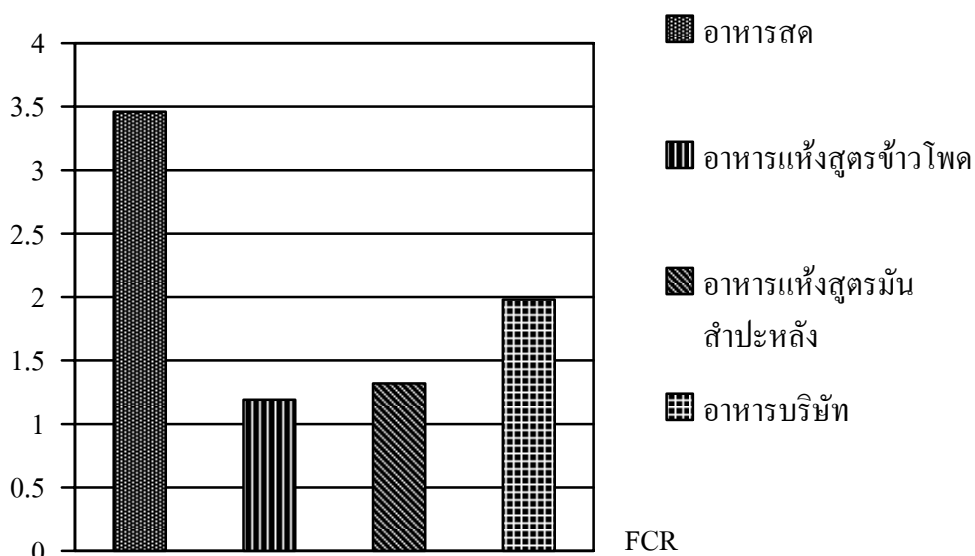
ปลาตุ๊กตุ๊กผสมที่กินอาหารทดลองสูตรต่างๆ มีต้นทุนค่าอาหารในการผลิตปลา 1 กิโลกรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ปลาตุ๊กตุ๊กผสมที่กินอาหารสดมีต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กก. ค่อนข้างสูงกว่าปลาตุ๊กตุ๊กผสมที่กินอาหารแห้งสูตรมันสำปะหลังและสูตรข้าว โปด แสดงให้เห็นว่าแม้อาหารสดซึ่งมีราคาต่อหน่วยน้ำหนักสูงกว่าอาหารแห้งสูตรมันสำปะหลัง และสูตรข้าว โปด แต่เนื่องจากอาหารดังกล่าวมีประสิทธิภาพการ

เปลี่ยนอาหาร ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนและการใช้ประโยชน์โปรตีนสุทธิต่ำทำให้ต้องใช้อาหารมากในการเพิ่มน้ำหนักปลา 1 กก. จึงมีผลทำให้ต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กก. ของปลาคุณลักษณะสูงตามไปด้วย ในขณะที่ปลาคุณลักษณะที่กินอาหารแห้ง ทั้งสูตรอาหารข้าวโพดและสูตรอาหารมันสำปะหลังมีต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กก. ใกล้เคียงกัน หรือแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ต่ำกว่าปลาคุณลักษณะที่กินอาหารบริษัทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากสูตรอาหารข้าวโพดและสูตรอาหารมันสำปะหลังมีราคาถูกกว่าราคาอาหารบริษัท ในขณะที่เดียวกันปลาคุณลักษณะที่กินอาหารแห้งทั้งสูตรอาหารข้าวโพดและสูตรอาหารมันสำปะหลังมีประสิทธิภาพการใช้อาหารดีกว่าอาหารบริษัทด้วย ถึงแม้ความแตกต่างดังกล่าวจะไม่มีนัยสำคัญทางสถิติก็ตาม

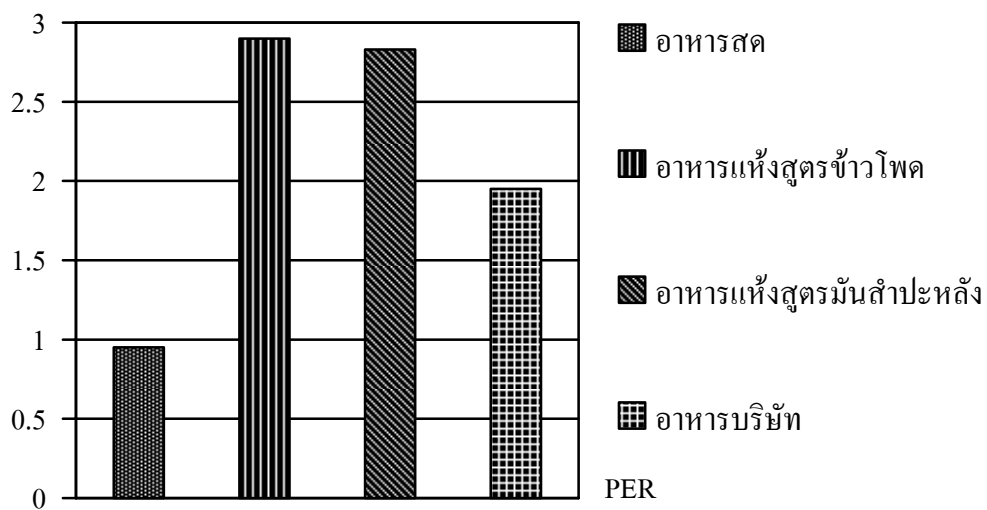
ตารางที่ 17 ประสิทธิภาพของอาหาร และต้นทุนการผลิตปลาดุกลูกผสมที่กินอาหารสดและอาหารแห้งสูตรข้าวโพด มันสำปะหลัง และอาหารบริษัท (ค่าเฉลี่ย \pm SE)

สูตรอาหาร	อาหารที่ กินเฉลี่ย (กรัม/ตัว)	อาหารที่ กินเฉลี่ย ต่อวัน (กรัม/ตัว/ วัน)	ประสิทธิ ภาพการ เปลี่ยน อาหาร	ประสิทธิ ภาพการ ใช้ โปรตีน	การใช้ ประโยชน์ โปรตีน สุทธิ	ต้นทุน ค่าอาหาร (บาท/ ปลา 1 กิโลกรัม)
อาหารสด	79.31 \pm 8.52 ⁿ	1.22 \pm 0.13 ⁿ	3.46 \pm 0.21 ⁿ	0.95 \pm 0.05 ^u	13.06 \pm 0.95 ^u	29.73 \pm 1.84 ^{nu}
อาหารแห้ง สูตร ข้าวโพด	29.51 \pm 6.54 ^u	0.45 \pm 0.10 ^u	1.19 \pm 0.14 ^u	2.90 \pm 0.29 ⁿ	40.02 \pm 6.70 ⁿ	16.80 \pm 1.98 ^u
อาหารแห้ง สูตรมัน สำปะหลัง	35.89 \pm 8.30 ^u	0.55 \pm 0.13 ^u	1.32 \pm 0.25 ^u	2.83 \pm 0.53 ⁿ	32.70 \pm 5.30 ⁿ	18.19 \pm 3.41 ^u
อาหาร บริษัท	38.80 \pm 10.35 ^u	0.60 \pm 0.16 ^u	1.98 \pm 0.50 ^u	1.95 \pm 0.53 ^{nu}	29.09 \pm 7.21 ^{nu}	39.54 \pm 9.93 ⁿ
p-value	0.0055	0.0055	0.0007	0.0167	0.0318	0.0374

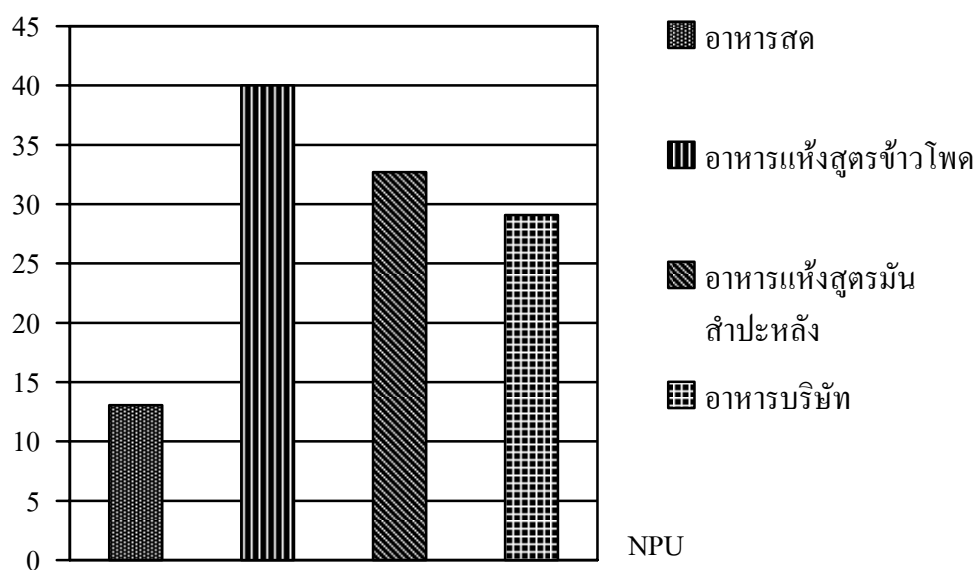
หมายเหตุ ก ข ค อักษรที่ต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) และแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



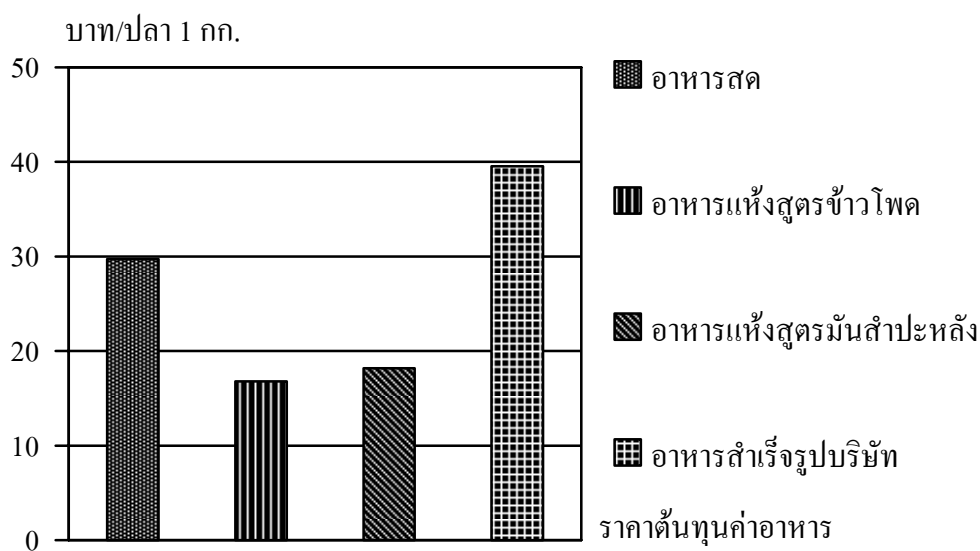
ภาพที่ 8 ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของปลาดุกกลุ่มผสมที่กินอาหารสด อาหารแห้งสูตรข้าวโพด มันสำปะหลัง และอาหารบริษัท ตลอดระยะเวลาการทดลอง 2 เดือน



ภาพที่ 9 ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของปลาดุกกลุ่มผสมที่กินอาหารสด อาหารแห้งสูตรข้าวโพด มันสำปะหลัง และอาหารบริษัท ตลอดระยะเวลาการทดลอง 2 เดือน



ภาพที่ 10 การใช้ประโยชน์โปรตีนสุทธิของปลาดุกกลุ่มผสมที่กินอาหารสด อาหารแห้งสูตรข้าวโพด มันสำปะหลัง และอาหารบริษัท ตลอดระยะเวลาการทดลอง 2 เดือน



ภาพที่ 11 ต้นทุนค่าอาหาร (บาท/ปลา 1 กิโลกรัม) ของปลาดุกกลุ่มผสมที่กินอาหารสด อาหารแห้งสูตรข้าวโพด มันสำปะหลัง และอาหารบริษัท ตลอดระยะเวลาการทดลอง 2 เดือน

คุณภาพน้ำ

การศึกษาทดลองเลี้ยงปลาคุกกุผสมด้วยอาหารสดและอาหารแห้งสูตรข้าวโพด มันสำปะหลัง ในบ่อปูนซีเมนต์ตามวิธีการทดลองเมื่อทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำในส่วนของค่า pH โดยทำการสุ่มตรวจทั้งหมด 2 ครั้ง ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 2 เดือน พบว่าค่า pH ของน้ำทั้ง 4 กลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งมีค่า pH อยู่ระหว่าง 7.52-7.65 (ตารางที่ 18) การวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าค่า pH เฉลี่ยของน้ำทั้ง 4 กลุ่มการทดลองที่ทำการสุ่มเก็บทั้ง 2 ครั้ง แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) โดยความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มการทดลองเป็นดังนี้

กลุ่มที่ 1 ค่า pH เฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.63-7.64

กลุ่มที่ 2 ค่า pH เฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.60-7.62

กลุ่มที่ 3 ค่า pH เฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.52-7.55

กลุ่มที่ 4 ค่า pH เฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.57-7.58

ค่า pH เฉลี่ยของน้ำทั้ง 4 กลุ่มการทดลอง มีค่าใกล้เคียงกันและอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งปลาจะเจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่มีค่า pH 6.5-9 และสัตว์น้ำจะตายเมื่อค่า pH ต่ำกว่า 4 และสูงกว่า 11 (มันลินและไพพรรณ, 2539 ไมตรีและจารุวรรณ, 2528 และยนต์, 2530)

ตารางที่ 18 ค่า pH เฉลี่ยของน้ำในแต่ละชุดการทดลอง โดยสุ่มวัด 2 ครั้ง ตลอดระยะเวลาการทดลองเลี้ยงปลาคุกกุผสม 2 เดือน (ค่าเฉลี่ย \pm SD)

สูตรอาหาร	สุ่มเก็บน้ำครั้งที่ 1	สุ่มเก็บน้ำครั้งที่ 2
อาหารสด	7.63 \pm 0.06	7.65 \pm 0.11
อาหารแห้งสูตรข้าวโพด	7.62 \pm 0.14	7.60 \pm 0.11
อาหารแห้งสูตรมันสำปะหลัง	7.55 \pm 0.12	7.52 \pm 0.14
อาหารบริษัท	7.56 \pm 0.15	7.58 \pm 0.17
p-value	0.7616	0.6114

ปริมาณแอมโมเนียในน้ำทั้ง 4 กลุ่มการทดลอง ซึ่งทำการสุ่มตรวจทั้งหมด 2 ครั้ง ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 2 เดือน มีค่าใกล้เคียงกัน คืออยู่ในช่วง 0.02-0.28 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 19)

เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยทั้ง 4 กลุ่มการทดลอง แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) โดยปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลองเป็นดังนี้

- กลุ่มที่ 1 ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.136-0.213 มิลลิกรัมต่อลิตร
- กลุ่มที่ 2 ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.074-0.145 มิลลิกรัมต่อลิตร
- กลุ่มที่ 3 ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.200-0.291 มิลลิกรัมต่อลิตร
- กลุ่มที่ 4 ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.074-0.114 มิลลิกรัมต่อลิตร

การเลี้ยงปลาในบ่อดิน ปฏิพัทธ์ (2522) วิจัย และคณะ (2523) สุชาติ และคณะ (2535) ได้รายงานถึงปริมาณแอมโมเนียที่ตรวจพบในบ่อเลี้ยงปลาจะอยู่ในช่วง 0.11-7.30 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ส่วนการเลี้ยงปลาแบบหนาแน่นในบ่อคอนกรีต ชำรงค์ (2528) และถาวร (2530) ได้รายงานปริมาณแอมโมเนียที่พบในระหว่างการเลี้ยงว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.685-19.45 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ส่วนปริมาณแอมโมเนียที่ตรวจพบจากน้ำทิ้งในบ่อเลี้ยงปลานั้น ไมตรี และคณะ (2531) ได้รายงานถึงปริมาณแอมโมเนียที่ตรวจพบจากน้ำทิ้งในบ่อเลี้ยงปลาแบบหนาแน่น จ.สุพรรณบุรีว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.96 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ซึ่งตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินที่ใช้เพื่อการประมง ปริมาณแอมโมเนียในหน่วยไนโตรเจนต้องมีค่าไม่เกินกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นเห็นได้ว่าปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยของน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่สุ่มตรวจมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเนื่องมาจากมีการจัดการถ่ายน้ำในอัตราที่จึงทำให้มีเศษอาหารหรือขี้ปลาตกค้างในปริมาณที่น้อยในบ่อเลี้ยง

ตารางที่ 19 ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในแต่ละชุดการทดลอง โดยสุ่มวัด 2 ครั้ง ตลอดระยะเวลาการทดลองเลี้ยงปลาทุกกลุ่ม 2 เดือน (ค่าเฉลี่ย \pm SD)

สูตรอาหาร	สุ่มเก็บน้ำครั้งที่ 1	สุ่มเก็บน้ำครั้งที่ 2
อาหารสด	0.14 \pm 0.13	0.21 \pm 0.28
อาหารแห้งสูตรข้าวโพด	0.19 \pm 0.30	0.02 \pm 0.003
อาหารแห้งสูตรมันสำปะหลัง	0.21 \pm 0.34	0.28 \pm 0.53
อาหารบริษัท	0.10 \pm 0.13	0.09 \pm 0.07
p-value	0.9180	0.6340

ปริมาณไนโตรเจนในน้ำทั้ง 4 กลุ่มการทดลอง ซึ่งทำการสุ่มตรวจทั้งหมด 2 ครั้ง ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 2 เดือน มีค่าใกล้เคียงกัน คืออยู่ในช่วง 0.02-0.13 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 20) เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยทั้ง 4 กลุ่มการทดลอง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) โดยปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลองเป็นดังนี้

กลุ่มที่ 1 ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.023-0.095 มิลลิกรัมต่อลิตร

กลุ่มที่ 2 ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.091-0.119 มิลลิกรัมต่อลิตร

กลุ่มที่ 3 ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.053-0.100 มิลลิกรัมต่อลิตร

กลุ่มที่ 4 ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.094-0.133 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปกติค่าไนโตรเจน-ไนโตรเจนกับไนเตรท-ไนโตรเจน จะสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณแอมโมเนียเนื่องจากสามารถเปลี่ยนกลับไปมาได้ ไนโตรเจนเป็นปฏิกิริยาระหว่างกลางที่เกิดขึ้นระหว่างแอมโมเนีย-ไนโตรเจนกับไนเตรท-ไนโตรเจน แบคทีเรีย *Nitrosomonas* จะเปลี่ยนแอมโมเนีย-ไนโตรเจนให้เป็นไนโตรเจน แบคทีเรีย *Nitrobacter* ไนโตรเจน-ไนโตรเจนเป็นไนเตรท-ไนโตรเจน ซึ่งเป็นอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช โดยทั่วไปไนโตรเจนในแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีปริมาณน้อยมากคือมีเพียง 0.001 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร (ศิริ, 2528) เว้นแต่ในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีการเลี้ยงกันอย่างหนาแน่นและมีการให้อาหารโปรตีนสูงเท่านั้น จากการรวบรวมรายงานการศึกษาปริมาณไนโตรเจนในบ่อเลี้ยงปลา มีดังนี้ การเลี้ยงปลาในบ่อดิน ปฏิพัทธ์ (2522) และสุชาติ และคณะ (2535) ได้รายงานปริมาณไนโตรเจนที่ตรวจพบในบ่อเลี้ยงปลา จะอยู่ในช่วง 0.01-0.45 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ส่วนการเลี้ยงปลาดุกแบบหนาแน่นในบ่อคอนกรีต ชำรงค์ (2528) และถาวร (2530) ได้รายงานปริมาณไนโตรเจนที่พบในระหว่างการเลี้ยงว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.005-0.300 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ส่วนปริมาณไนโตรเจนที่ตรวจพบจากน้ำทิ้งในบ่อเลี้ยงปลาดุกนั้น ไมตรี และคณะ (2531) ไม่ตรวจพบปริมาณไนโตรเจนจากน้ำทิ้งในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบหนาแน่น จ.สุพรรณบุรี จะเห็นได้ว่าจากรายงานการศึกษการตรวจปริมาณไนโตรเจนในบ่อเลี้ยงปลาในสภาวะต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณไนโตรเจนที่สุ่มตรวจจากการทดลองในแต่ละกลุ่มการทดลองมีค่าไนโตรเจนที่มีค่าใกล้เคียงและอยู่ในช่วงเดียวกับที่มีการศึกษาพบซึ่งอยู่ในช่วงที่ยังไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อการใช้เลี้ยงสัตว์น้ำ

ตารางที่ 20 ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในแต่ละชุดการทดลอง โดยสุ่มวัด 2 ครั้ง ตลอดระยะเวลาการทดลองเลี้ยงปลาคุกกุผสม 2 เดือน (ค่าเฉลี่ย \pm SD)

สูตรอาหาร	สุ่มเก็บน้ำครั้งที่ 1	สุ่มเก็บน้ำครั้งที่ 2
อาหารสด	0.02 \pm 0.02	0.10 \pm 0.16
อาหารแห้งสูตรข้าวโพด	0.09 \pm 0.07	0.12 \pm 0.16
อาหารแห้งสูตรมันสำปะหลัง	0.07 \pm 0.05	0.08 \pm 0.14
อาหารบริษัท	0.13 \pm 0.09	0.10 \pm 0.16
p-value	0.1824	0.9825

องค์ประกอบทางเคมีในตัวปลา

การศึกษาผลการใช้อาหารสดและอาหารแห้งที่ใช้ข้าวโพดและมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในปลาคุกกุผสมต่อองค์ประกอบทางเคมีในตัวปลา (ตารางที่ 19) ผลการศึกษาพบว่า ความชื้นและเถ้าในปลาคุกกุผสมที่กินอาหารทดลองทุกสูตรมีค่าใกล้เคียงกันหรือแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ปริมาณโปรตีน ไขมัน และเยื่อใยในร่างกายปลาคุกกุผสมที่กินอาหารทดลองสูตรต่างๆ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ปริมาณโปรตีนในตัวปลากลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารสดจะมีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารแห้งทั้ง 3 สูตรอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ในขณะที่ไขมันในตัวปลาคุกกุผสมกลุ่มที่กินอาหารสดมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่กินอาหารแห้งทั้ง 3 สูตร อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของปลาชนิดเดียวกันอาจแตกต่างกันตามฤดูกาลและอาหารที่ปลาได้รับ (กาญจนรี และ นงนุช, 2536) พลังงานในอาหารยังมีความสัมพันธ์กับการสะสมของโปรตีน และไขมันในเนื้อปลาก็ด้วย โดย Winfree และ Stickney (1981) กล่าวว่า ถ้าพลังงานในอาหารสูงขึ้น การสะสมไขมันในเนื้อปลาจะสูงขึ้นและหากในอาหารนั้นมีโปรตีนสูงขึ้น การสะสมโปรตีนในตัวปลาก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย แต่ถ้าพลังงานเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากเซลลูโลสจะไม่ทำให้การสะสมไขมันสูงขึ้นทั้งนี้เพราะปลาไม่สามารถย่อยเซลลูโลสได้ ขณะที่ Machiels และ Henken (1985) กล่าวว่าในอาหารที่มีระดับโปรตีนเท่ากัน ปลาที่กินอาหารที่มีระดับพลังงานสูงกว่าจะมีการสะสมไขมันในเนื้อสูงกว่า และในปลาคุกกุผสม เมื่อเพิ่มพลังงานสูงขึ้นไปในอาหารปลาจะเจริญเติบโตได้ดี และประสิทธิภาพของอาหารจะดีขึ้น เช่นเดียวกับ Jaubhari (1989) ซึ่งกล่าวว่า โปรตีนและพลังงานมีความสัมพันธ์ต่อปริมาณไขมันที่สะสมในซากทั้งในอาหารที่มีระดับโปรตีนต่ำและสูง ซึ่งเมื่อระดับพลังงานในอาหารสูงขึ้น จะทำ

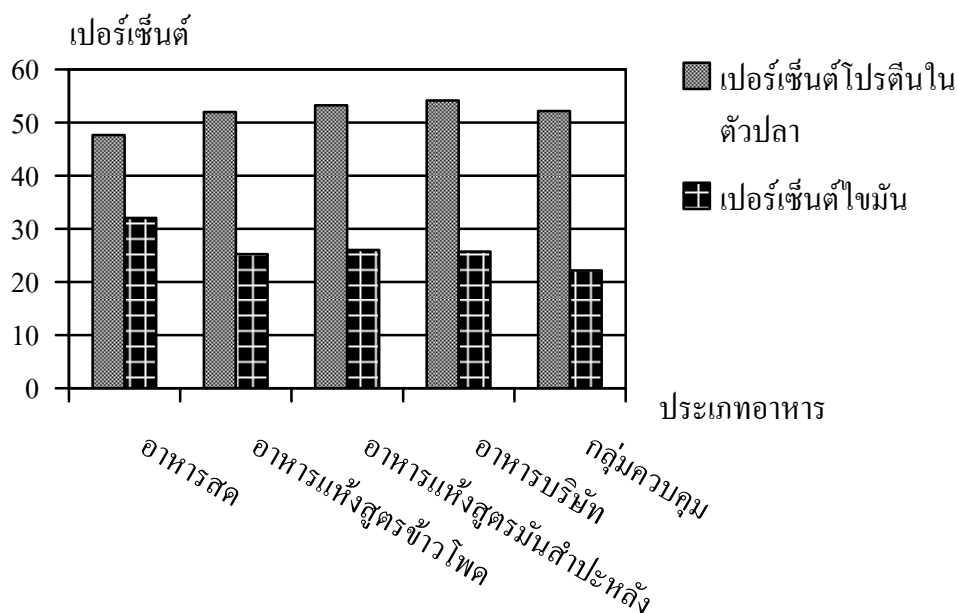
ให้ปริมาณไขมันที่สะสมในซากเพิ่มขึ้น และ Reis และคณะ (1989) กล่าวว่า การเพิ่มพลังงานในอาหารปลามากขึ้น อาจลดประสิทธิภาพของอาหารและนำไปสู่การสะสมไขมันในเนื้อปลามากขึ้น

ในการศึกษาครั้งนี้ อาหารสดเป็นอาหารที่มีโปรตีนและไขมันสูง แต่มีปริมาณแป้งหรือคาร์โบไฮเดรตต่ำมาก ฉะนั้นปลาคุกกุผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารสดจึงมีการสะสมไขมันในร่างกายมากตามปริมาณไขมันที่มีในอาหาร อีกทั้งมีผลทำให้ระดับโปรตีนในตับปลาลดลงด้วย นอกจากนี้ปลาคุกกุจะต้องเปลี่ยนโปรตีนบางส่วนในอาหารเป็นน้ำตาลในร่างกาย ทั้งนี้เพื่อการเมตาบอลิซึมของร่างกายตามปกติ จึงมีผลทำให้ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนด้อยลง ในขณะที่เดียวกันก็ผลทำให้ต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กก. เพิ่มขึ้น ปลาคุกกุผสมกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารแห้งทั้ง 3 สูตร มีทั้งระดับโปรตีนสูงใกล้เคียงกับสูตรอาหารสด แต่มีระดับไขมันต่ำกว่า และมีแป้งเป็นองค์ประกอบสูตรอาหารอยู่ด้วยเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานแก่ตัวปลา ดังนั้นปลาที่กินอาหารแห้งทั้ง 3 สูตรจึงมีการสะสมไขมันในร่างกายน้อยกว่า อีกทั้งมีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนและการใช้ประโยชน์โปรตีนสุทธิสูงกว่าอาหารสด จึงทำให้ปลาคุกกุผสมที่กินอาหารแห้งมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีกว่าแต่ต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กก. ต่ำกว่ากลุ่มที่กินอาหารสด อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าปลาคุกกุผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารแห้ง ทั้งสูตรอาหารข้าวโพด และสูตรอาหารมันสำปะหลัง ที่ผลิตด้วยเครื่องเอ็กทрудเดอร์ขนาดเล็กสำหรับการผลิตอาหารใช้เองในฟาร์ม ให้ลักษณะทางเคมีและคุณภาพซากของปลาคุกกุผสมไม่แตกต่างจากอาหารบริษัทแต่ประการใด

ตารางที่ 21 องค์ประกอบทางเคมีในตัวปลาคุณลักษณะที่กินอาหารสด อาหารแห้งสูตรข้าวโพด มัน
สำปะหลัง และอาหารบริษัท (ค่าเฉลี่ย \pm SD)

สูตรอาหาร	ความชื้น	องค์ประกอบทางเคมีในตัวปลาโดยน้ำหนักแห้ง (เปอร์เซ็นต์)			
		โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	เถ้า
อาหารสด	74.10 \pm 2.11 ^u	47.66 \pm 0.50 ^u	32.02 \pm 1.11 ⁿ	0.14 \pm 0.06 ^u	13.06 \pm 0.85
อาหารแห้ง	76.19 \pm 2.13 ^{n^u}	52.01 \pm 1.78 ⁿ	25.27 \pm 0.85 ^u	0.31 \pm 0.04 ⁿ	13.44 \pm 1.20
สูตร ข้าวโพด					
อาหารแห้ง	77.99 \pm 2.28 ⁿ	53.24 \pm 0.77 ⁿ	26.00 \pm 1.32 ^u	0.19 \pm 0.04 ^u	13.50 \pm 0.73
สูตรมัน สำปะหลัง					
อาหาร บริษัท	76.39 \pm 2.55 ^{n^u}	54.14 \pm 3.63 ⁿ	25.71 \pm 2.62 ^u	0.13 \pm 0.05 ^u	13.20 \pm 0.99
p-value	0.1716	0.0040	0.0002	0.0009	0.9062

หมายเหตุ ก ข ค อักษรที่ต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) และแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



ภาพที่ 12 องค์ประกอบทางเคมีในตัวปลาอุกถูกผสม ได้แก่เปอร์เซ็นต์โปรตีน และเปอร์เซ็นต์ไขมัน ที่กินอาหารสด อาหารแห้งสูตรข้าวโพด มันสำปะหลัง และอาหารบริษัท ตลอดระยะเวลาการทดลอง 2 เดือน

คุณภาพซาก

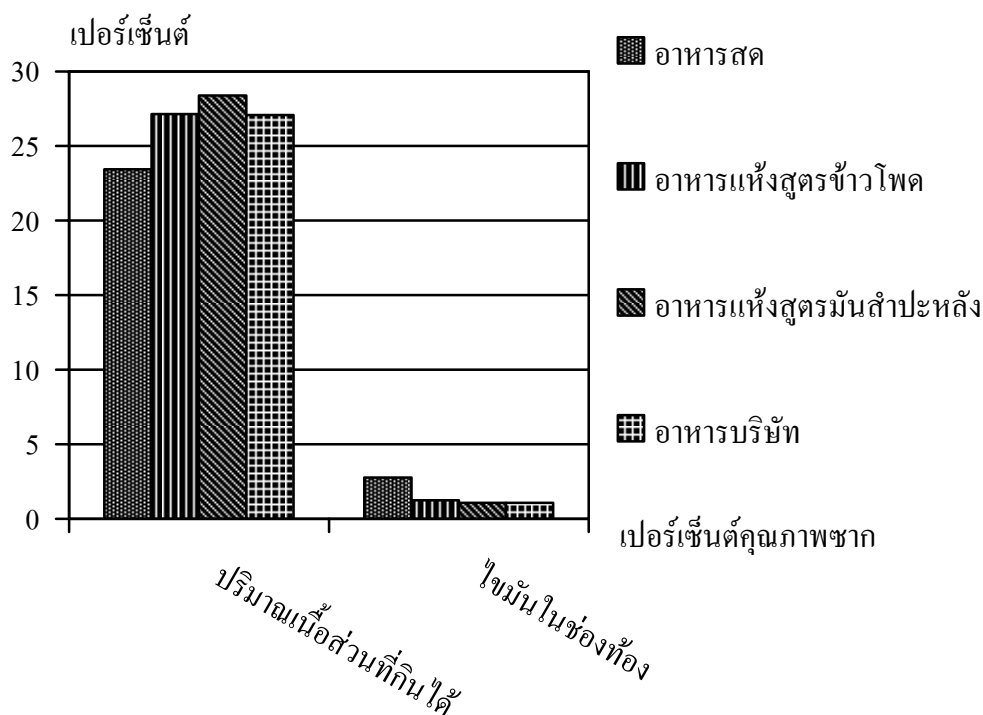
ผลการศึกษาการใช้อาหารสดและอาหารแห้งที่ใช้ข้าวโพดและมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในปลาอุกถูกผสมต่อคุณภาพซาก (ตารางที่ 20) พบว่าส่วนของเนื้อ และหัวกระดูกครีมีค่าใกล้เคียงกันหรือแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนอวัยวะภายในมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และเมื่อพิจารณาค่าไขมันในช่องท้อง พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยปริมาณไขมันในช่องท้องของปลาอุกถูกผสมที่กินอาหารสดมีปริมาณสูงกว่าปลาอุกกลุ่มที่กินอาหารแห้งทั้ง 3 สูตร นอกจากนี้ยังพบว่าปลาอุกถูกผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารสดมีลักษณะซากในส่วนของเนื้อซึ่งเป็นส่วนที่บริโภคได้น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มปลาอุกถูกผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารแห้งทั้ง 3 สูตร ในขณะที่ปลาอุกถูกผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารแห้งสูตรอาหารมันสำปะหลังมีส่วนของเนื้อซึ่งเป็นส่วนที่บริโภคได้มากที่สุด ปลาอุกถูกผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารสดมีปริมาณไขมันในช่องท้องมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารแห้งทั้ง 3 สูตร แสดงให้เห็นว่า อาหารสดเมื่อใช้เลี้ยงปลาอุกถูกผสมแล้วทำให้มีส่วนของเนื้อซึ่งเป็นส่วนที่บริโภคได้

น้อย แต่จะมีปริมาณไขมันในช่องท้องสูงขึ้นซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการ เมื่อเปรียบเทียบกับปลา
 ดุกुकผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารแห้ง โดยเฉพาะอาหารสูตรมันสำปะหลังที่มีส่วนของเนื้อซึ่งเป็นส่วนที่
 บริโภคได้สูงสุด อีกทั้งมีปริมาณไขมันในช่องท้องอยู่ในเกณฑ์ต่ำอีกด้วย

ตารางที่ 22 เปอร์เซ็นต์คุณภาพซากของปลาดุกुकผสมที่กินอาหารสด อาหารแห้งสูตรข้าวโพด มัน
 สำปะหลัง และอาหารบริษัท (ค่าเฉลี่ย \pm SD)

สูตรอาหาร	เปอร์เซ็นต์ซาก (เปอร์เซ็นต์)			
	เนื้อ	หัว กระดูก ครีบ	อวัยวะภายใน	ไขมันในช่องท้อง
อาหารสด	23.43 \pm 1.84	70.16 \pm 1.60	3.64 \pm 0.34 ^ข	2.77 \pm 0.25 ^ข
อาหารแห้งสูตร ข้าวโพด	27.15 \pm 2.07	67.16 \pm 1.81	4.43 \pm 0.69 ^{กข}	1.25 \pm 0.52 ^ข
อาหารแห้งสูตร มันสำปะหลัง	28.39 \pm 6.80	65.30 \pm 8.20	5.23 \pm 1.34 ^ข	1.08 \pm 0.25 ^ข
อาหารบริษัท	27.09 \pm 4.09	66.17 \pm 4.20	5.65 \pm 0.97 ^ข	1.08 \pm 0.38 ^ข
p-value	0.4101	0.5227	0.0389	< 0.0001

หมายเหตุ ก ข อักษรที่ต่างกันในแต่ละแถวเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
 ($p < 0.01$)



ภาพที่ 13 เปอร์เซ็นต์คุณภาพซาก ในส่วนของปริมาณเนื้อส่วนที่กินได้ และไขมันในช่องท้องของ ปลาอุกกลุ่มผสมที่กินอาหารสด อาหารแห่งสูตรข้าวโพด มันสำปะหลัง และอาหารบริษัท ตลอดระยะเวลาการทดลอง 2 เดือน

ผลการศึกษการใช้อาหารสดและอาหารแห้งที่ใช้ข้าวโพดและมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในปลาอุกกลุ่มผสมต่อดัชนีน้ำหนักตับ และไกลโคเจนในตับ (ตารางที่ 21) พบว่า ปลาอุกกลุ่มผสมกลุ่มที่กินอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร มีค่าดัชนีน้ำหนักตับและระดับไกลโคเจนในตับใกล้เคียงกันหรือแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากไกลโคเจนเกิดจากการที่ตับสะสมกรดอะมิโนและกลูโคสที่เหลือใช้ ไกลโคเจนจะเป็นแหล่งพลังงานสำรองของร่างกายโดยเมื่อร่างกายขาดแคลนพลังงานก็จะสลายมาเป็นแหล่งพลังงานแทน

ตารางที่ 23 น้ำหนักดื่บ และปริมาณไกลโคเจนในดื่บปลาตุลลुकผสมที่กินอาหารสด อาหารแห่ง
สูตรข้าวโพด มันสำปะหลัง และอาหารบริษัถ (ค่าเฉลี่ย \pm SD)

สูตรอาหาร	ดัชนีน้้ำหนักดื่บ (เปอร์เซ็นต์)	ไกลโคเจนในดื่บ (มิลลิกรัม)
อาหารสด	0.75 \pm 0.14	0.27 \pm 0.05
อาหารสูตรข้าวโพด	1.23 \pm 0.45	0.54 \pm 0.41
อาหารสูตรมันสำปะหลัง	1.40 \pm 0.52	1.74 \pm 1.61
อาหารบริษัถ	1.16 \pm 0.15	0.87 \pm 0.36
p-value	0.1231	0.1368

สัถส่วนประชากรจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ และก่อโรคในทางเดินอาหารปลาตุลลुकผสมที่กิน
อาหารสดและอาหารแห่งที่ใช้ข้าวโพดและมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงาน

การศึกษาสัถส่วนประชากรจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ และก่อโรคในทางเดินอาหารปลาตุลลुक
ผสมที่กินใช้อาหารสดและอาหารแห่งที่ใช้ข้าวโพดและมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในปลา
ตุลลुकผสม และอาหารบริษัถ พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ซึ่งนับโดยรวมจากอาหารทั้ง 4 กลุ่ม มีความ
แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยปลาตุลลुकผสมกลุ่มที่กินอาหารสดและ
อาหารแห่งสูตรอาหารมันสำปะหลังได้ค่าจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารโดยรวมใกล้เคียงกันและมีค่า
มากที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น ๆ ในส่วนของปริมาณ *E.coli* ในทางเดินอาหารปลาตุลลुकผสมที่กิน
อาหารทั้ง 4 สูตร มีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยปลาตุลลुकผสมที่กินอาหาร
สดและอาหารแห่งสูตรข้าวโพดมีค่าปริมาณ *E.coli* ในทางเดินอาหารที่ใกล้เคียงกัน และมีค่า
มากกว่าปลาตุลลुकที่กินอาหารแห่งสูตรมันสำปะหลังและอาหารบริษัถอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ
($P < 0.01$) ส่วนปริมาณ *Lactobacillus* spp. ในทางเดินอาหารปลาตุลลुकผสมมีค่าแตกต่างอย่างมี
นัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) (ตารางที่ 22) โดยปลาตุลลुकผสมกลุ่มที่กินอาหารแห่งสูตรอาหารมัน
สำปะหลังและอาหารบริษัถมีค่าปริมาณ *Lactobacillus* spp. ในทางเดินอาหารใกล้เคียงกันและมีค่า
สูงกว่าปลาตุลลुकผสมกลุ่มที่กินอาหารแห่งสูตรอาหารข้าวโพดและกลุ่มที่กินอาหารสดอย่างมี
นัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยพบว่าปลาตุลลुकผสมที่กินอาหารสดจะมีปริมาณ *Lactobacillus*
spp. ในระบบทางเดินอาหารน้อยที่สุด Weurding *et al.* (2001) กล่าวว่า ชนิดของคาร์โบไฮเดรตใน
อาหารมีอิทธิพลต่อชนิดของแบคทีเรียที่เจริญในลำไส้ ไก่ที่กินอาหารสูตรมันสำปะหลังจะมีการ

เพิ่มปริมาณ Lactobacilli และช่วยลดปริมาณของ *E.coli* ในลำไส้ของไก่ได้ ทั้งนี้อาจเนื่องจากแป้งในมันสำปะหลังถูกย่อยได้ดีกว่าข้าวโพดและถูกย่อยเกือบสมบูรณ์ ในส่วนต้นของลำไส้เล็ก ทำให้มีสารอาหารประเภทน้ำตาลปริมาณมากกว่าข้าวโพด ซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญและช่วยกระตุ้นการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ เช่น *Lactobacillus* spp. เมื่อปริมาณ Lactobacilli มากขึ้นทำให้สามารถแข่งขันแย่งสารอาหารและยึดเกาะติดเยื่อเมือกผนังลำไส้เล็ก และสามารถครอบครองพื้นที่ผิวของเยื่อเมือกทางเดินอาหาร ซึ่งเป็นกลไกขัดขวางการยึดเกาะและยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรค เช่น *Salmonella* spp., *E.coli*, และ *Clostridium* spp. เป็นต้น จุลินทรีย์เหล่านี้จึงถูกกำจัดออกไปจากทางเดินอาหาร (Barrow *et al.*, 1980)

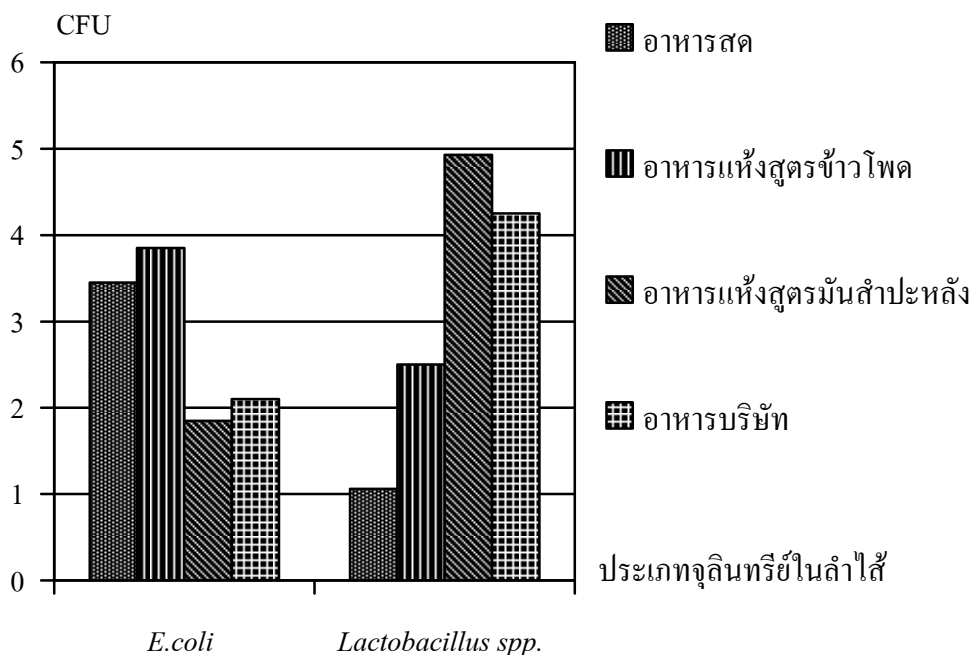
จำนวนจุลินทรีย์จะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณสารอาหารที่ไม่ถูกย่อยซึ่งจะเป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ที่ก่อโรค เช่น *E.coli*, *Salmonella* และ *Clostridium* เป็นต้น (Cole *et al.*, 1994) การศึกษาของ Weurding *et al.* (2001) พบว่า แป้งมันอัดเม็ดถูกย่อยได้เกือบหมดในลำไส้เล็กตอนต้นของไก่กระทง เหลือแป้งที่ไม่ถูกย่อยเพียง 1 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับแป้งข้าวโพดที่เหลือ 3 เปอร์เซ็นต์ ไก่ที่ได้รับอาหารสูตรมันสำปะหลังจึงมีแป้งเหลือจากการย่อยได้ในลำไส้เล็กน้อยกว่าข้าวโพด จึงส่งผลให้จุลินทรีย์ก่อโรคน้อยกว่า นอกจากนี้ Lactobacilli จากลำไส้เล็กของไก่ที่ได้รับอาหารสูตรมันเส้นและมันอัดเม็ดอาจเจริญครอบคลุมมาถึงลำไส้ใหญ่และซีกัม และมีการแย่งใช้สารอาหารที่ไม่ถูกย่อยโดยเฉพาะคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่แป้ง (Non-starch polysaccharides) และแป้งที่ย่อยได้ยาก ทำให้มีการเจริญมากขึ้น

ดังนั้นจากข้อมูลการวิเคราะห์ผลการทดลอง อาหารสูตรมันสำปะหลังมีผลกระตุ้นการเจริญของ Lactobacilli ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ในทางเดินอาหารของปลาชุกชุมผสม เช่นเดียวกับข้อมูลสนับสนุนจากการรายงานต่าง ๆ ที่กล่าวมาในไก่ ทำให้เกิดสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ ลดการเพิ่มจำนวนของ *E.coli* ซึ่งเป็นแบคทีเรียก่อโรค จึงทำให้ปลาชุกชุมผสมได้รับผลกระทบจากจุลินทรีย์ที่ก่อโรคน้อยลงและส่งเสริมให้ปลาชุกชุมผสมมีสุขภาพดีขึ้น

ตารางที่ 24 จำนวน *E.coli*, *Lactobacillus* spp. และ จุลินทรีย์รวมในลำไส้ของปลาคูกลูกผสมที่กิน
อาหารสด อาหารแห้งสูตรข้าวโพด มันสำปะหลัง และอาหารบริษัท (ค่าเฉลี่ย \pm SD)

สูตรอาหาร	จำนวนแบคทีเรีย (cfu log ₁₀ /กรัม)		
	จุลินทรีย์รวม	<i>E.coli</i>	<i>Lactobacillus</i> spp.
อาหารสด	8.80 \pm 0.21 ⁿ	3.45 \pm 0.49 ⁿ	1.06 \pm 0.06 ⁿ
อาหารแห้งสูตร ข้าวโพด	1.88 \pm 0.02 ⁿ	3.85 \pm 0.00 ⁿ	2.50 \pm 0.71 ^u
อาหารแห้งสูตรมัน สำปะหลัง	8.20 \pm 0.42 ⁿ	1.85 \pm 0.01 ^u	4.93 \pm 0.18 ⁿ
อาหารบริษัท	2.74 \pm 0.31 ^u	2.10 \pm 0.04 ^u	4.25 \pm 0.35 ⁿ
p-value	<0.0001	0.0030	0.0022

หมายเหตุ ก ข ค อักษรที่ต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทาง
สถิติ (p<0.01)



ภาพที่ 14 จำนวน *E.coli* และ *Lactobacillus spp.* ในลำไส้ของปลาดุกกลุ่มผสม ที่กินอาหารสด อาหารแห้งสูตรข้าวโพด มันสำปะหลัง และอาหารบริษัท ตลอดระยะเวลาการทดลอง 2 เดือน

ข้อมูลเนื้อเยื่อของทางเดินอาหารปลาดุกกลุ่มผสมที่กินอาหารสดและอาหารแห้งที่ใช้ ข้าวโพดและมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงาน

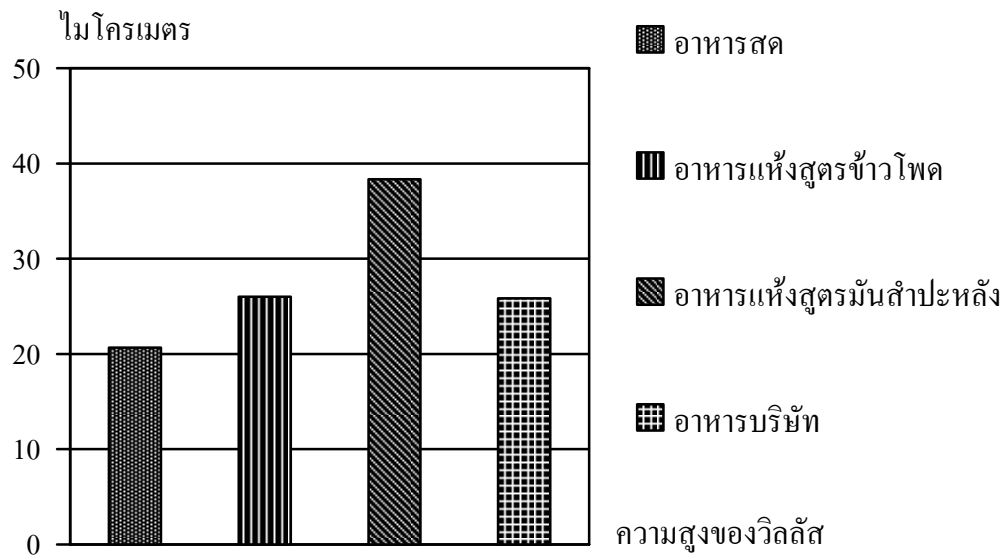
การศึกษาลักษณะทางจุลกายวิภาคของทางเดินอาหารปลาดุกกลุ่มผสมที่กินใช้อาหารสด และอาหารแห้งที่ใช้ข้าวโพดและมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในปลาดุกกลุ่มผสม และอาหาร บริษัท จากการแบ่งทางเดินอาหารของปลาดุกกลุ่มผสมออกเป็น 3 ส่วน คือลำไส้ส่วนต้น ลำไส้ ส่วนกลาง และลำไส้ส่วนท้าย พบว่าในส่วนของลำไส้ส่วนต้นมีความยาวของวิลลัสที่ใกล้เคียงกัน หรือแตกต่างกันไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในปลาดุกที่กินอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร แต่ที่ ลำไส้ส่วนกลางความยาวของวิลลัสของปลาดุกกลุ่มผสมที่กินอาหารทดลองทั้ง 4 สูตรมีความ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยที่ความยาวของวิลลัสในส่วนนี้ของปลาดุกที่ กินอาหารแห้งสูตรมันสำปะหลังมีค่ามากที่สุด และมากกว่าปลาดุกกลุ่มผสมที่กินอาหารทดลองที่ เหลืออีก 3 สูตรอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ปลาดุกกลุ่มผสมที่กินอาหารทดลองทั้ง 4 สูตรมี

ความยาววิลลัสในส่วนลำไส้ส่วนท้ายใกล้เคียงกันหรือแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 23) ผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับสุวรรณ และคณะ (2549) ที่รายงานว่าไก่อ่กระทั่งกินอาหารสูตรมันสำปะหลังมีความยาววิลลัสมากกว่าไก่อ่กระทั่งกินสูตรอาหารข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารอาหารคาร์โบไฮเดรตถูกย่อยและถูกดูดซึมตั้งแต่ในส่วนลำไส้ส่วนต้นมากที่สุดในส่วนลำไส้ส่วนกลาง และลดลงในส่วนลำไส้ส่วนท้าย โครงสร้างของเยื่อผิวลำไส้มีการเปลี่ยนแปลงและลดขนาดลง เป็นผลจากการลดปริมาณสิ่งย่อยในทางเดินอาหาร นอกจากนี้มันเส้นและมันอัดเม็ดมีการย่อยและการดูดซึมสารอาหารได้มากกว่าข้าวโพดจึงทำให้ลำไส้ส่วนกลางมีการปรับตัวเพิ่มจำนวนเซลล์เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดซึมสารอาหาร (Brunsgaard and Eggum, 1995)

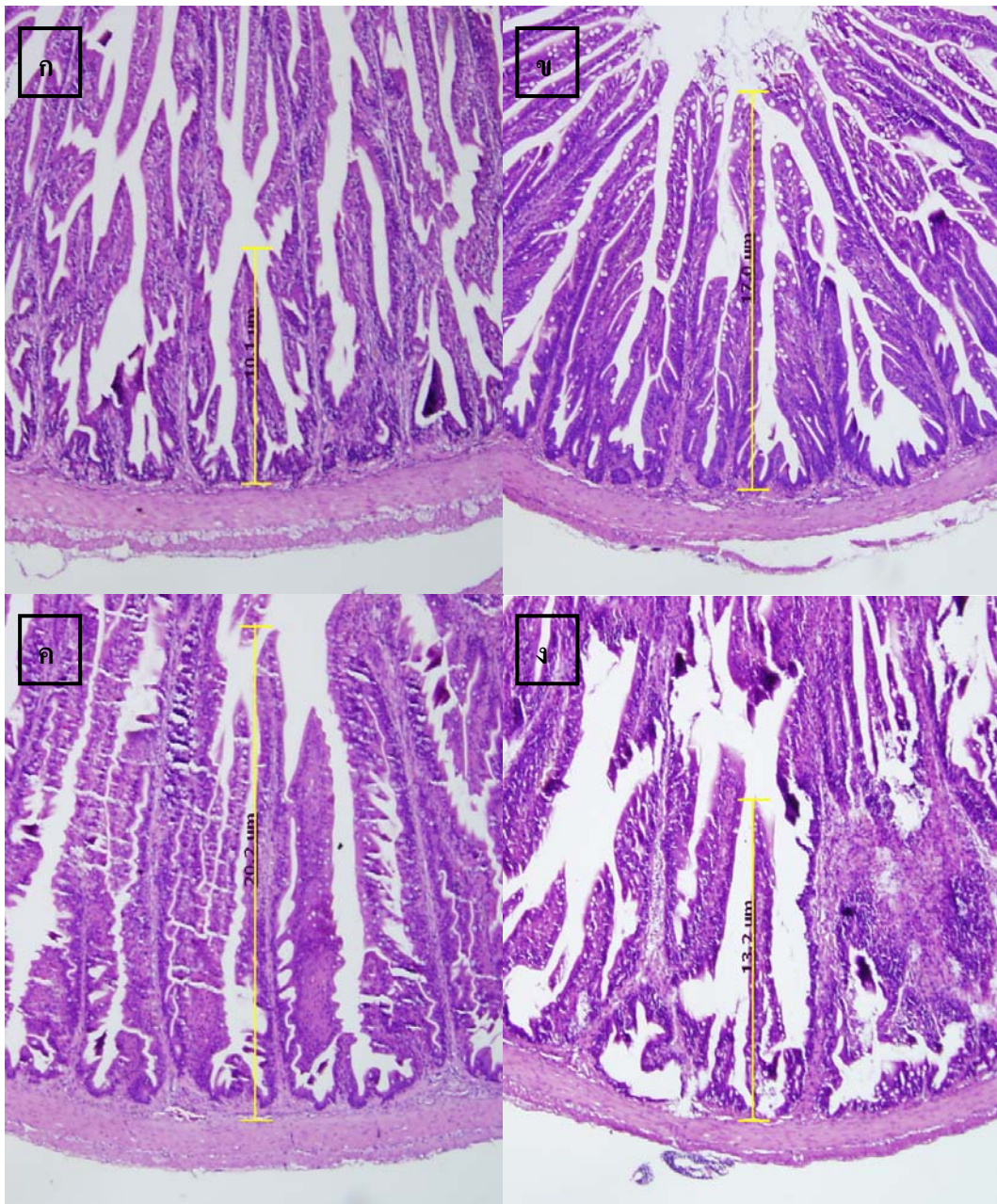
ตารางที่ 25 ลักษณะโครงสร้างของวิลลัสของเยื่อผิวมิวโคซาลำไส้เล็กของปลาอุกอุกผสมที่กินอาหารสด อาหารแห้งสูตรข้าวโพด มันสำปะหลัง และอาหารบริษัท (ค่าเฉลี่ย \pm SD)

สูตรอาหาร	ความสูงของวิลลัส (μm)		
	ลำไส้ส่วนต้น	ลำไส้ส่วนกลาง	ลำไส้ส่วนท้าย
อาหารสด	23.67 \pm 7.82	20.67 \pm 3.69 ^u	20.50 \pm 6.08
อาหารแห้งสูตรข้าวโพด	23.33 \pm 1.76	26.00 \pm 2.78 ^u	24.33 \pm 2.02
อาหารแห้งสูตรมันสำปะหลัง	33.83 \pm 9.07	38.33 \pm 5.20 ⁿ	30.00 \pm 5.68
อาหารบริษัท	42.67 \pm 19.19	25.83 \pm 1.04 ^u	25.17 \pm 5.20
p-value	0.1934	0.0016	0.2213

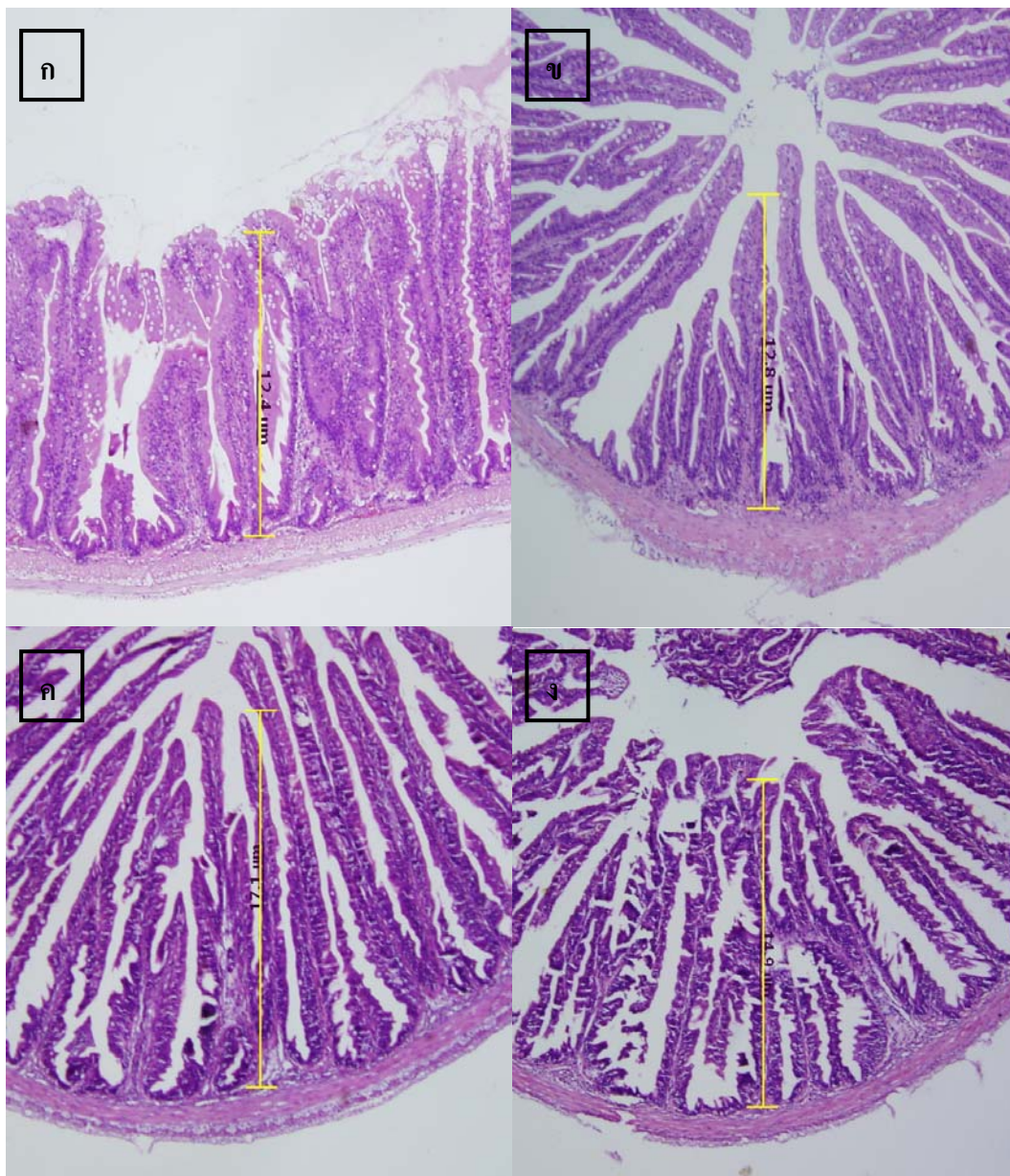
หมายเหตุ ก ข อักษรที่ต่างกันในแต่ละแถวเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$)



ภาพที่ 15 ความสูงของวิลลัส ของเยื่อปิวมิวโคซาลำไส้เล็กส่วนกลาง ของปลาตุ๊กตูกผสมที่กิน อาหารสด อาหารแห้งสูตรข้าวโพด มันสำปะหลัง และอาหารบริษัท ตลอดระยะเวลาการทดลอง 2 เดือน



ภาพที่ 16 ก. ตัวอย่างความยาววิลลัสของลำไส้เล็กส่วนต้นในกลุ่มที่กินอาหารสด
 ข. ตัวอย่างความยาววิลลัสของลำไส้เล็กส่วนต้นในกลุ่มที่กินอาหารแห้งสูตรข้าวโพด
 ค. ตัวอย่างความยาววิลลัสของลำไส้เล็กส่วนต้นในกลุ่มที่กินอาหารแห้งสูตรมัน
 ลำปะหลัง
 ง. ตัวอย่างความยาววิลลัสของลำไส้เล็กส่วนต้นในกลุ่มที่กินอาหารบริษัท

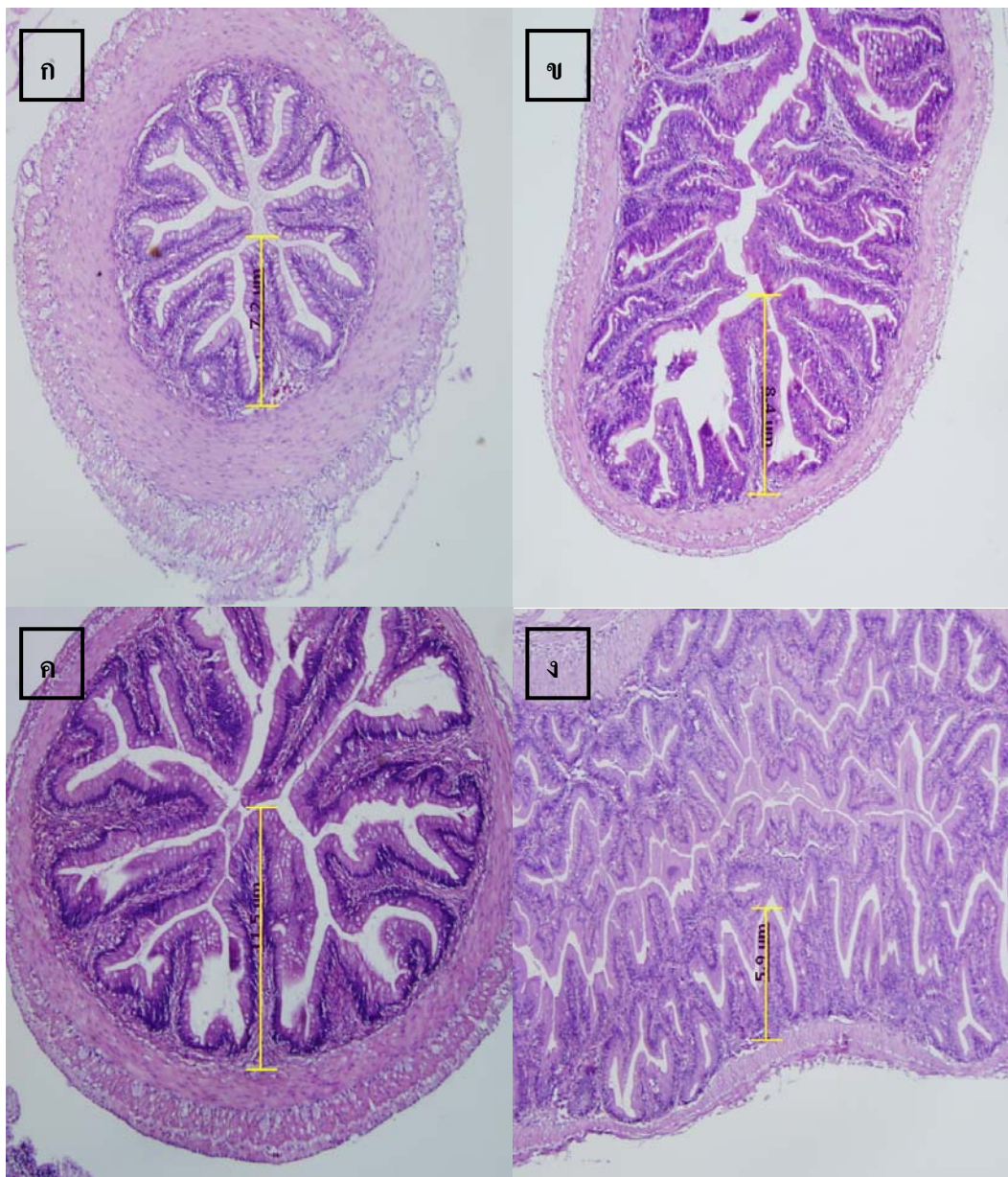


ภาพที่ 17 ก. ตัวอย่างความยาววิลลัสของลำไส้เล็กส่วนกลางในกลุ่มที่กินอาหารสด

ข. ตัวอย่างความยาววิลลัสของลำไส้เล็กส่วนกลางในกลุ่มที่กินอาหารแห้งสูตรข้าวโพด

ค. ตัวอย่างความยาววิลลัสของลำไส้เล็กส่วนกลางในกลุ่มที่กินอาหารแห้งสูตรมัน
สำปะหลัง

ง. ตัวอย่างความยาววิลลัสของลำไส้เล็กส่วนกลางในกลุ่มที่กินอาหารบริษัท



ภาพที่ 18 ก. ตัวอย่างความยาววิลลัสของลำไส้เล็กส่วนท้ายในกลุ่มที่กินอาหารสด
 ข. ตัวอย่างความยาววิลลัสของลำไส้เล็กส่วนท้ายในกลุ่มที่กินอาหารแห้งสูตรข้าวโพด
 ค. ตัวอย่างความยาววิลลัสของลำไส้เล็กส่วนท้ายในกลุ่มที่กินอาหารแห้งสูตรมัน
 สำปะหลัง
 ง. ตัวอย่างความยาววิลลัสของลำไส้เล็กส่วนท้ายในกลุ่มที่กินอาหารบริษัท

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการศึกษาผลการใช้มันสำปะหลังในสูตรอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตและจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารปลาคุณลักษณะ ซึ่งมีทั้งการสำรวจข้อมูลการใช้อาหารและการสุ่มตัวอย่างอาหารปลาคุณลักษณะในฟาร์มเกษตรกรเพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าโภชนะในอาหารที่เกษตรกรผลิตเองโดยเปรียบเทียบกับความต้องการโภชนะของปลาคุณลักษณะและรวบรวมข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการเลี้ยงปลาคุณลักษณะที่เกษตรกรผลิตอาหารใช้เองในฟาร์ม และดำเนินการทดลองเลี้ยงปลาคุณลักษณะด้วยอาหารสดและอาหารแห้งสูตรข้าวโพด มันสำปะหลัง และอาหารบริษัทเป็นระยะเวลา 2 เดือน เพื่อศึกษาผลสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก สัตว์ส่วนจุลินทรีย์ และลักษณะทางจุลกายวิภาค (เนื้อเยื่อ) ซึ่งผลการศึกษาพบว่า

จากการสำรวจฟาร์มเกษตรกรที่ผลิตอาหารปลาคุณลักษณะใช้เองที่ฟาร์มพบว่า คุณค่าทางโภชนะต่าง ๆ ในอาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการของปลาคุณลักษณะ ทำให้สมรรถภาพการผลิตปลาไม่ดีเท่าที่ควร นอกจากนี้คุณภาพของวัตถุดิบที่ต่ำมีผลทำให้ปลากินอาหารไม่หมดและเหลือตกค้างในน้ำส่งผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมของน้ำในเชิงลบ ซึ่งเป็นผลกระทบต่อดัวปลา ทำให้สมรรถภาพการผลิตลดลง นอกจากนี้ยังมีปัญหาในส่วนของราคาต้นทุนอาหารที่แพง และคุณภาพอาหารที่แปรปรวนแม้จะเป็นอาหารรูปแบบเดียวกันแต่ไม่สามารถควบคุมคุณภาพให้คงที่ได้ ซึ่งมีปัจจัยหลายอย่างที่เกี่ยวเนื่อง เช่น กรรมวิธีการผลิตอาหารของเกษตรกรในแต่ละพื้นที่ แหล่งที่มาของวัตถุดิบ ฤดูกาล เป็นต้น และเกษตรกรส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ความเข้าใจในการผลิตอาหารปลาคุณลักษณะ

จากการศึกษาผลของสมรรถภาพการผลิตพบว่า น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (ADG) และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) ของปลาคุณลักษณะที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร ซึ่งได้แก่อาหารสด อาหารแห้งสูตรข้าวโพด สูตรมันสำปะหลัง และอาหารบริษัท มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ในส่วนของค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร (FCR) ของปลาคุณลักษณะที่เลี้ยงด้วยอาหารสดมีค่าต่ำที่สุดและปลาคุณลักษณะที่เลี้ยงด้วยอาหารแห้งสูตรข้าวโพด มันสำปะหลังและอาหารบริษัทมีค่า FCR ที่ใกล้เคียงกัน ค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของปลาคุณลักษณะที่เลี้ยงด้วยอาหารแห้งสูตร

ข้าวโพดและมันสำปะหลังมีค่าสูงกว่าปลาตุ๊กผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารบริษัทและอาหารสดตามลำดับ นอกจากนี้ต้นทุนค่าอาหาร (บาท/ปลา 1 กิโลกรัม) ของปลาตุ๊กผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารสดมีค่าสูงสุด รองลงมาคืออาหารบริษัท และอาหารแห้งสูตรข้าวโพด สูตรมันสำปะหลัง มีต้นทุนค่าอาหารต่ำสุด

ในส่วนของคุณภาพซากพบว่า ปลาตุ๊กผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารสดมีค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันในช่องท้องสูงกว่าปลาตุ๊กผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารแห้งสูตรข้าวโพด มันสำปะหลัง และอาหารบริษัทซึ่งอาหารแห้งทั้ง 3 สูตร มีค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันในช่องท้องใกล้เคียงกัน

จากการศึกษาสัดส่วนจุลินทรีย์ และลักษณะทางกายวิภาค (เนื้อเยื่อ) พบว่า ปลาตุ๊กผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารสดและอาหารแห้งสูตรข้าวโพดมีสัดส่วน *E.coli* ใกล้เคียงกันและสูงกว่าปลาตุ๊กผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารบริษัท และอาหารแห้งสูตรมันสำปะหลัง ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าปลาตุ๊กผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารแห้งสูตรมันสำปะหลังและอาหารบริษัทมีสัดส่วน *Lactobacillus* spp. ใกล้เคียงกันและสูงกว่าปลาตุ๊กผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรข้าวโพด และมากกว่าปลาตุ๊กผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารสดซึ่งมีค่าที่ต่ำที่สุด

ลักษณะทางกายวิภาคของลำไส้ปลาตุ๊กผสม พบว่า ปลาตุ๊กผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารแห้งสูตรมันสำปะหลังมีค่าความสูงของวิลลัสมากที่สุด รองลงมาคือปลาตุ๊กผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารแห้งสูตรข้าวโพด อาหารบริษัท และอาหารสด ซึ่งปลาตุ๊กผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองทั้ง 3 สูตร มีค่าความยาววิลลัสที่ใกล้เคียงกัน

ข้อเสนอแนะ

1. จากการสำรวจการผลิตอาหารปลาตุ๊กผสมใช้เองในฟาร์มของเกษตรกรถ้าต้องการพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตปลาตุ๊กผสมของประเทศไทยให้เกษตรกรได้ปลาที่มีคุณภาพดี มีต้นทุนการผลิตต่ำ การสูญเสียน้อย และเพื่อการส่งออกในภายหน้าควรมีพัฒนา โดยให้การศึกษาหรือฝึกอบรมเพื่อส่งเสริมสนับสนุนให้เกษตรกรมีความรู้เกี่ยวกับการผลิตอาหารปลาตุ๊กผสมมากยิ่งขึ้น เนื่องจากเกษตรกรยังขาดความรู้ความเข้าใจทางด้านนี้อย่างมาก

2. จากการที่ปลาอุกถูกผสมกินอาหารแห้งสูตรมันสำปะหลังแล้วทำให้มีสุขภาพของทางเดินอาหารที่ดีขึ้น มีสุขภาพของตัวปลาดีขึ้น เนื่องจากมีจุลินทรีย์ที่ไม่ก่อให้เกิดโรคมมากกว่าที่ก่อโรค ประกอบกับได้รับสารอาหารตรงตามความต้องการของตัวปลา จึงทำให้ได้สมรรถภาพในการผลิตที่ดี แต่ถ้าต้องการศึกษาในส่วนของสุขภาพของตัวปลาหรือผลตอบสนองในแง่ภูมิคุ้มกันโรค ให้เด่นชัด ควรจะศึกษาในส่วนของค่าดัชนีต่างๆ ในเลือดปลาอุกถูกผสมเพื่อค่าบ่งชี้ที่ได้จะมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กานดา พันศุรินทร์. 2546. การศึกษาเปรียบเทียบการใช้มันสำปะหลังและข้าวโพดในสูตรอาหารต่อระดับฟิเอชและปริมาณจุลินทรีย์กลุ่มก่อให้โรคและกลุ่มไม่ก่อให้โรคที่ปลายลำไส้เล็กในสุกรระยะรุ่นและมูลสุกรระยะขุน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- กาญจนรี พงษ์นวี และ นงนุช รักสกุลไทย. 2536. องค์ประกอบทางเคมีของปลาอุกอุยเทศจากแหล่งเลี้ยงต่าง ๆ. วารสารการประมง 46 (3): 207-211.
- กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. 2543. เทคโนโลยีของแป้ง. หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีแปรรูปมันสำปะหลังและแป้ง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- กลุ่มวิจัยอาหารสัตว์น้ำ. 2534. อาหารปลา. สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด กรมประมง กรุงเทพฯ.
- เจริญศักดิ์ โจรนฤทธิพิเชษฐ์. 2519. มันสำปะหลัง. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- _____. 2532. มันสำปะหลัง: การปลูก อุตสาหกรรมแปรรูป และ การใช้ประโยชน์. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.
- दनัย สุภาพร. 2537. พฤกษศาสตร์และพันธุศาสตร์มันสำปะหลัง, น. 14-30. ใน เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง. ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง. กรมวิชาการเกษตร, ระยอง.
- ถาวร จิระโสภณรักษ์. 2530. การเลี้ยงปลาอุกด้านในบ่อคอนกรีตแบบน้ำไหลผ่าน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1. สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดระยอง, กรมประมง, กรุงเทพฯ. 16น.
- ธำรง อมรสกุล. 2528. คุณสมบัติของน้ำในบ่อคอนกรีตกลมระบบน้ำหมุนเวียนที่เลี้ยงปลาอุกด้านในระบบการปล่อยที่แตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- นฤมล ต้วพานิช. 2539. ผลของใยอาหารต่อการใช้ประโยชน์และการเจริญเติบโตของปลาดุก
ลูกผสม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- บุษบา วิวัฒน์เวคิน. 2543. หลักการของ Prebiotic: โภชนาการที่เป็นผลต่อจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่
ของมนุษย์. วารสารองค์การเภสัชกรรม 26: 31-40.
- ปฏิพัทธ์ แซ่เอ็ง. 2522. การศึกษาสภาพการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุก. น.
32-35. ใน รายงานประจำปี 2522 สถานีประมงน้ำจืด จ.สุพรรณบุรี, กองประมงน้ำจืด,
กรมประมง. กรุงเทพฯ
- ประเสริฐ สีตะสิทธิ์, มะลิ บุญยรัตผลิน และนันทิยา อุ้นประเสริฐ. 2525. อาหารปลา. สถาบัน
ประมงน้ำจืดแห่งชาติ กองประมงน้ำจืด กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์,
กรุงเทพฯ. 88น.
- ประเสริฐ สีตะสิทธิ์และอุทัย คันโช. 2530. อาหารกุ้ง อาหารปลา. น. 7-10. สำนักพิมพ์ฐาน
เกษตรกรรม, กรุงเทพฯ.
- มะลิ บุญยรัตผลิน. 2530. อาหารปลาดุก. วารสารเกษตรวันนี้ 6 (69): 47-52.
- มันสิน ตันทุลเวศม์ และไพพรรณ พรประภา. 2536. การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสีย
ในบ่อเลี้ยงปลา และสัตว์น้ำอื่นๆ, เล่ม 1 การจัดการคุณภาพน้ำ. คณะวิศวกรรมศาสตร์,
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 319 น.
- มานพ ตั้งตรงไพโรจน์, สุจินต์ หนูขวัญ, ประกรณ์ อุ้นประเสริฐ และ กำชัย ลาวัลย์วุฒิ. 2533.
การเพาะเลี้ยงปลาดุกบิกอู๋โดยวิธีผสมเทียม. เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการ
เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเรื่องบิกอู๋ปลาเศรษฐกิจใหม่. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ,กรมประมง.
กรุงเทพฯ.
- มาลินี ลิ้มโกคา. 2525. การใช้ยาต้านจุลชีพในสัตว์. โรงพิมพ์จักรัสนิทวงศ์, กรุงเทพฯ.

มงคล ว่องสมบัติ. 2548. การเพาะพันธุ์และการเลี้ยงปลาอุก. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 12น.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์และจารุวรรณ สมศิริ. 2528. คุณสมบัติของน้ำและการวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง, กรุงเทพฯ. 115น.

_____, เจริญจิตต์ บุญสม, จารุวรรณ สมศิริ, มุกดา อุตระพงศ์, เฉลิมวรรณ คงสงวนชัย, ชุมพล รongชัยภูมิ, กาญจนารณณ์ พูลประเสริฐ, ทองสา ราชเดช และไพโรวรรณ เทียนทอง. 2531. โครงการศึกษาเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน, กรุงเทพฯ. 46น.

ยนต์ มุสิก. 2530. กำลังผลิตทางชีวภาพในบ่อปลา II. เอกสารประกอบการสอนวิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 551, ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 87 น.

รุ่งเรือง กิจผาดิ, ขวัญยืน ศรีเปารยะ และ สุมล ปวีตรานนท์. 2547. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสารพิษ. ศูนย์ข้อมูลพิษวิทยา สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์.

วราภรณ์ แจ็งสุทธีรววัฒน์. 2536. ระดับของคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมในอาหารสำหรับอนุบาลลูกปลาอุกอุย (*Clarias macrocephalus* Gunther). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิชัย ศรีสุวรรณรัช, รังสรรค์ ทรวงชมพันธุ์ และ ปฏิพัทธ์ แซ่เอ็ง. 2523. สภาวะของน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาอุก. น. 51. ใน บทความประกอบการประชุมสัมมนาวิชาการ. กองประมงน้ำจืด, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ

วิมล จันทรโรทัย ประเสริฐ สีตะสิทธิ์ และ ทศนีย์ ภูพิพัฒน์. 2539. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอาหารปลาอุกผสมที่ผลิตโดยอ้างอิงความต้องการสารอาหารสำเร็จรูปจากโรงงาน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 179. สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด, กรมประมง.

วิมล จันทรโรทัย และ พิสมัย สมสืบ. 2538. ระดับที่เหมาะสมของกรดไขมันที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตและการแลกเปลี่ยนของปลาตุ๊กตุ๊กผสม. สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด กรมประมง กรุงเทพฯ.

วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. 2536. อาหารปลา. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 216น.

เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2542. โภชนศาสตร์สัตว์น้ำ และการให้อาหารสัตว์น้ำ. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 255น.

สาธิต ล้อแก้วมณี. 2546. การศึกษาเปรียบเทียบผลการใช้มันสำปะหลังและข้าวโพดในสูตรอาหารต่อเนื้อเยื่อลำไส้เล็ก และระดับภูมิคุ้มกันต่อโรคมะเร็งในสุกร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สาโรช คำเจริญ, เขาวมาลัย คำเจริญ และ สุวิทย์ ชีรพันธุ์วัฒน์. 2524. การศึกษาคุณค่าในการเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ของผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังไทย. 1. ส่วนประกอบทางเคมี, น. 13. ใน รายงานประชุมทางวิชาการ สาขาเกษตร และชีววิทยา ครั้งที่ 19 2-7 กุมภาพันธ์ 2524. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____, ณรงค์ กิจพานิชย์, กนก ผลรักษ์ และสุภชัย งามศักดิ์. 2527. คุณภาพผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังไทยและการใช้มันสำปะหลังทดแทนผลิตภัณฑ์ธัญพืชในอาหารสัตว์, น. 76-121. ใน หนังสือที่ระลึกงานเกษียณอายุราชการ ศ.ดร. สุชีพ รัตตสาร. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

_____. 2528. การใช้มันสำปะหลังในอาหารสัตว์ สุกร เป็ดและไก่. วารสารเผยแพร่ชุมนุมสหกรณ์ผู้เลี้ยงสุกรจำกัด 1(1): 15-20.

สิริ ทุกข์วินาศ. 2528. วิธีวิเคราะห์น้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. เอกสารเผยแพร่ ฉบับที่ 4. สถาบันเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดสงขลา, กรมประมง. 157 น.

- สุกัญญา จัตตุพรพงษ์, อุทัย คັນโซ, วราพันธ์ จินตณวิษณุ และมนูญ ปลงรัมย์. 2547. การสำรวจ และพัฒนาวิธีการใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์น้ำของผู้เลี้ยงสัตว์น้ำในภาคกลาง ใน รายงานผลการดำเนินงานโครงการร่วมส่งเสริมการใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์ในประเทศไทย ปี 2547, นครปฐม.
- สุชาติ อิงค์ธรรมจิตร, โสภา อารีรัตน์, ไพพรพรรณ เทียนทอง และเสาวคนธ์ วัลลีย์. 2535. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำ แผลงก่ตอนพืชและแบคทีเรียในบ่อเลี้ยงปลาตก. หน้า 243-254. ใน รายงานการสัมมนาวิชาการประจำปี 2534. กรมประมง.
- สุวรรณา พรหมทอง. 2548. การศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางสรีรวิทยา จุลกายวิภาค และจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารไก่กระทงที่ได้รับอาหารสูตรมันสำปะหลังกับอาหารสูตรข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สุวรรณา พรหมทอง และ อุทัย คັນโซ. 2545. ผลของการใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดในอาหารไก่กระทงต่อสภาวะการย่อยอาหารและสิ่งย่อยในทางเดินอาหารที่ส่งผลถึงสุขภาพของไก่. รายงานผลการดำเนินงานโครงการส่งเสริมการใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์ในประเทศไทย ปี พ.ศ.2545, กรุงเทพฯ.
- สุวรรณา พรหมทอง, อุทัย คັນโซ, ชนินทร์ ติรวัฒนวานิช, สุนทรานี ทองใหญ่, สุภาพร อิศริโยดม, กัญจนะ มากวิจิตร และ อรุณี อิงคากุล. 2548 b. เปรียบเทียบผลการใช้ข้าวโพด มันเส้น และมันอัดเม็ดในอาหารต่อปริมาณจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารไก่กระทง. ใน เรื่องเต็ม รายงานประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 43 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สุวรรณณี แสนทวีสุข. 2543. การใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในอาหารไก่ไข่และไก่กระทง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ศานิต แก้วเอี่ยม. 2540. เศรษฐกิจการผลิตและการตลาดมันสำปะหลัง, น. 1-5. ใน นิทรรศการมันสำปะหลังและการแปรรูปผลิตภัณฑ์ โครงการเผยแพร่และขยายผลงานวิจัยเพื่อการพัฒนา เศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อรพินท์ จินตสถาพร, อุทัย คັນโธ, สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ และ วิไลลักษณ์ ชาวอุทัย. 2542. การใช้
มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดในอาหารปลาคูกผสม ใน รายงานผลการดำเนินงาน
โครงการส่งเสริมการใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2542,
กรุงเทพฯ.

อิทธิพร จันทรพีญ. 2532. อาหาร และการให้อาหารปลากุ้ง. สำนักพิมพ์ช่อนนทรี, กรุงเทพฯ.
107น.

อุทัย คັນโธ. 2529. อาหารและการผลิตอาหารเลี้ยงสุกรและสัตว์ปีก. พิมพ์ครั้งที่ 2.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

_____. 2535. หลักการใช้โปรไบโอติกในเชิงอาหารสัตว์. สุกรศาสตร์ 18 (72): 11-16.

_____ และสุกัญญา จัตตุพรพงษ์. 2547. การใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์: ผลการใช้และ
ข้อมูลวิจัยในประเทศไทย. ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ สถาบันสุวรรณ
วาทกสิ-กิจฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 99 น.

_____, สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ และวิไลลักษณ์ ชาวอุทัย. 2540. การใช้มันสำปะหลังเป็นอาหาร
สัตว์. ศูนย์วิจัยและการฝึกอบรมการเลี้ยงสุกรแห่งชาติ, ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการ
อาหารสัตว์ และภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต
กำแพงแสน, นครปฐม.

อิทธิพร จันทรพีญ. 2532. อาหาร และการให้อาหารปลากุ้ง. สำนักพิมพ์ช่อนนทรี, กรุงเทพฯ. 107
น.

อุทัยรัตน์ ณ นคร. 2544. ปลาคูก. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 140น.

Allen, A.A. 1985. **Feedstuffs ingredient analysis table: 1985 edition.** Feedstuffs (1985
Reference Issue) 57: 25-30.

- Alves, A.A.C. 2002. Chapter 5 Cassava botany and physiology, pp. 67-89. *In* R.J. Hillocks, J.M. Thresh and A.C. Bellotti, (eds). **Cassava: Biology, Production and Utilization**. CABI Publishing, London, United Kingdom.
- AOAC. 1990. **Official Methods of Analysis**. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Inc. Virginia
- Barrow, P.A., B.E. Brolleker, R. Fuller and M.J. Newport. 1980. The attachment of bacteria to the gastric epithelium of the pig and its importance in the microecology of intestine. **Appl. Bacteriol.** 48: 147-154.
- Brunsgaard, and B.O. Eggum. 1995. Small intestinal tissue structure and proliferation as influenced by adaptation period and indigestible polysaccharides. **Comp. Biochem. Physiol.** 112A: 365-377.
- Cheeke, P.R. and L.R. Shull. 1985. **Natural Toxicants in Feed and Poisonous Plant**. AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut.
- Chow, K.W. 1980. Protein requirements of young grey mullet. (*Mugil capito*). **Aquaculture** 52: 105-115.
- Christen, G.L., P.M. Davidson, J.S. McAllister and L.A. Roth. 1992. Coliform and other indicator bacteria, pp. 247-269. *In* R.J. Marshall, ed. **Standard and Method for the Examination of Dairy Products**. 16th ed. Port City Press, USA.
- Cock, J. 1985. **Cassava New Potential for Neglected Crop**. Westview Press, Inc., Boulder London.
- Cole, D.J., A.J. Wiseman and M.A. Varley. 1994. **Principle of Pig Sciennce**. Nottingham University Press, London.

- Conn, E.E. 1994. Cyanogenesis A perspective, pp. 31-44. *In* M. Bokanga, A.J.A. Essers, N. Poulter, H. Rosling and O. Tewe (eds.). **Acta Horticulture: International Workshop on Cassava Safety**, 1-4 March 1994, Ibadan, Nigeria.
- De Man, J.D., M. Rogosa and M.E. Sharpe. 1960. **A medium for the cultivation of lactobacillus**. **J. Appl. Bact.** 23: 130.
- De Silva, S.S. and M.K. Perara. 1984. Digestibility on *Sarotherodon niloticus* fry: Effect of dietary protein level and salinity with further observation on variability in daily digestibility. **Aquaculture** 38: 293-306.
- Garling, Jr., D.L. and R.P. Wilson. 1976. Optimum dietary protein to energy ratio for channel catfish fingerlings, *Lctalurus punctatus*. **J. Nutr.** 106: 1368-1375.
- Gomez, G., M. Valdivieso, D. Delacuesta and T.S. Salcedo. 1984. Effect of variety and plant age on the cyanide content of whole root cassava chips and its reduction by sun drying. **Anim. Feed Sci. Tech.** 11: 75-65.
- Halver, J.E. 1989. **Fish Nutrition**. 2 ed. America: academic Press.
- Hill, D.C. 1977. Physiological and biochemical response of rats given potassium cyanide or linamarin, pp. 33-42. *In* B. Nestel and M. Graham, (eds). **Cassava as Animal Feed**. Int. Dev. Center, IRDC-095, Ottawa. Canada.
- Houghtby, G.A., L.A. Maturin and E.K. Koenig. 1992. Microbiological count methods, pp. 247-269. *In* R.J. Marshall, eds. **Standard Method for the Examination of Dairy Products**. 16th ed. Port City Press, USA.
- Halver, J.E. 1989. **Fish Nutrition**. Academic Press Inc., California.

- Jauhari, R.Z. 1989. **The effect of dietary and protein levels of practical diet on growth response of the hybrid catfish (*Clarias macrocephalus* x *C. gariepinus*)**. Master Thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok.
- John, M.B., D.S. Lus, D. Gerald, E. Brad, H. Howard and H.L. William. 1989. ***Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium***. Available Source: <http://www.arthritist.org/topics/friend.html> September 18, 2001.
- Jones, D.A. 1998. Why are so many food plants cyanogenic. **Phyto-chem.** 47(92): 155-162.
- Khajareern, J., S. Khajareern, A. Sivapraphagon and L. Nandhapipat 1982. **A survey on the changes in chemical composition of cassava root products in Khon Kaen region in 1980**. pp 22 – 29. In KKU – IDRC Cassava/ Nutrition project 1976 Annual Report, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand.
- Lancaster, P.A., J.S. Ingran, M.Y. Lim and D.G. Coursey. 1982. Traditional cassava-based foods: Survey of processing techniques. **Econ. Bot.** 36(1): 12-45.
- Lykkesfeld, J. and B.L. Miller. 1994. Cyanogenic glucosides in cassava (*Manihot esculenta* Crantz.). **Acta Chemica Scandinavica** 48: 178-180.
- Machiels, M.A.M. and A.M. Henken. 1985. Growth rate, feed utilization and energy metabolism of the African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), as affected by dietary protein and energy content. **Aquaculture** 44: 271-284.
- Moller, E. 1978. Immunoglobulin E. **Immunol. Rev.** 41.
- Montaldo, A. 1977. Whole plant utilization of cassava for animal feed, pp. 95-106. In B. Nestel and M. Grahmann (eds.). **Cassava as Animal Feed**. Int. Dev. Res. Center, IDRC-095c, Ottawa.

- Nartey, F. 1973. Biosynthesis of cyanogenic glucosides in cassava (*Manihot* spp.), pp. 73-87. *In* Chronic Cassava Toxicity. **Proceeding of an Interdisciplinary Workshop, London, England, 29-30 January 1973.** Int. Develop. Res. Center, Monograph. IDRC. Ottawa, Canada.
- NRC (National Research Council). 1983. **Nutrient Requirements of Warm Water Fishes and Shellfishes.** National Academy of Sciences, Washington, D.C. 102 p.
- _____. 1993. **Nutrient Requirement of Fish.** Washington D.C. National Academy Press. 3-32.
- Onwueme I.C. 1978. **The Tropical Tuber Crops.** The Pitman Press, Great Britain.
- _____and W.B. Charles. 1994. **Tropical root and tuber crops: Production, perspectives and future prospects.** FAO Plant Production and Protection Paper. Rome, Italy.
- Oke, O.L. 1978. Problem in the use of cassava as animal feed. **Anim. Feed Sci. Tech.** 3: 345-380.
- Papas, A.M. 1990. **Antioxidant status, diet, nutrition and health.** CRC press.
- Tannock, G.W. 1999. **Probiotics: A Critical Review.** Horizon Scientific Press, New Zealand.
- Tennant, B.C., Keneko J. Jerry, Harvey John W., Bruss Michel L. 1997. **Clinical Biochemistry of Domestic Animal.** Acedamic Press.
- Ravindran, V., E.T. Komegay, K.E. Jr. Webb and A.S.B. Rajaguru. 1982. Nutrient characterization of some feedstuffs of Sri Lanka. **J. Nut. Agric. Soc. Ceylon.** 19: 19-32.

- Reas, B.P. 1996. A study on the comparative digestibility of cassava, maize, sorghum and barley in growing pigs. **Master of Veterinary Studies Thesis**. University of Queensland, Australia.
- Renata, B., I. Moreno, C. L. Zaganini, R. D. Roberta and O. Josiane. 2004. Isolation of bacteriocin producing lactic acid bacteria from meat and meat products and its spectrum of inhibitory activity. **J. Micro.** 35:137-144.
- Reis, J.M., E.M. Reutebuch and R.T. Lovell. 1989. Protein to energy ratios in production diets and growth, feed conversion and body composition of catfish, *Lctalurus punctatus*. **Aquaculture** 77 : 21-27.
- Scudamore, K.A., M.I. Hetmanski, H.K. Chan, S. Collins. 1997. Occurrence of mycotoxins in raw ingredients used for animal feeding stuffs in the United Kingdom in 1992. **Food Add. and Cont.** 14: 167-173.
- Sneath, P.H.A., N.S. Mair., M.E. Sharpe and J.G. Holt. 1986. **Bergey's Manual of Systemic Bacteriology. Vol. 2**. Williams and Wilkins, Baltimor.
- Stickney, R.R. and J.W. Andrews. 1971. Combined effects of dietary and environmental temperature on growth, metabolism and body composition of channel catfish (*Lctalurus puctatus*). **J. Nutr.** 101: 1703 – 1710.
- Weurding, R.E., A. Veldman, W.A.G. Veen, P.J. van der Aar and M.W.A. Verstegen. 2001. Starch digestion rate in the small intestine of broiler chickens differs among feedstuffs. **J. Nutr.** 131: 2329-2335.
- Winfree, R.A. and R.R. Stickney. 1981. Starter diets for channel catfish : effect of dietary protein on growth and carcass composition. **Prog. Fish Cult.** 43 : 83-87.

<http://www.arthritist.org/topics/friend.html>, December 25, 2005.

<http://chaythai2004.tripod.com/pla3.html>

ภาคผนวก

1. แบบสำรวจข้อมูลฟาร์มปลาดุกลูกผสม

ชื่อฟาร์ม ชื่อเจ้าของฟาร์ม

ที่ตั้งฟาร์ม

จำนวนปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยง

ระยะเวลาหรือประสบการณ์ในการเลี้ยง ประเภทการเลี้ยง

ลักษณะการเลี้ยงสัตว์น้ำ

- การเลี้ยงในบ่อที่เกิดจากการขุดดิน เพื่อทำเป็นบ่อปลาโดยตรง
- การเลี้ยงในบ่อดินขนาดใหญ่ ที่ขุดไว้เพื่อวัตถุประสงค์อื่น ๆ
- การเลี้ยงปลาในกระชัง ในแหล่งน้ำธรรมชาติ
- อื่น ๆ

ลักษณะกิจการฟาร์ม

อาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์น้ำ

- อาหารสำเร็จรูป
- ผสมอาหารใช้เองในฟาร์ม
- อื่น ๆ

รายละเอียดของวัตถุดิบที่ใช้ผสมอาหาร

ชนิดวัตถุดิบ	ปริมาณที่ใช้	ราคาต่อหน่วย
.....
.....
.....

กรรมวิธีในการผลิตอาหาร

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหาที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์น้ำ

.....

.....

.....

ปัญหาที่เกิดขึ้นกับสัตว์น้ำที่เลี้ยง

.....

.....

.....

2. การคำนวณ

2.1 น้ำหนักเพิ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Weight Gain, WG);

$$WG \text{ (กรัม)} = W (2) - W (1)$$

$W (1)$ = น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ของปลา (เริ่มต้นการทดลอง)

$W (2)$ = น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ของปลา (สิ้นสุดการทดลอง)

2.2 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวัน (Specific Growth Rate, SGR);

$$SGR \text{ (ร้อยละต่อวัน)} = \frac{(\ln \text{น้ำหนักสุดท้าย} - \ln \text{น้ำหนักเริ่มต้น})}{\text{ระยะเวลาทดลอง}} \times 100$$

2.3 ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR);

$$FCR = \frac{\text{น้ำหนักอาหาร (แห้ง) ที่ปลากิน}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}$$

2.4 ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (Protein efficiency ratio, PER);

$$\text{พีอีอาร์} = \frac{\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่ม (กรัม)}}{\text{โปรตีนที่กิน}}$$

2.5 การใช้ประโยชน์โปรตีนสุทธิ (Net protein value, NPV หรือ Net protein utilization, NPU)

$$\text{เปอร์เซ็นต์โปรตีนที่สะสมในตัวปลา} = \frac{B - B_0}{I} \times 100$$

B = ปริมาณโปรตีนในตัวปลา ขณะเสร็จสิ้นการทดลอง

B₀ = ปริมาณโปรตีนในตัวปลา ขณะเริ่มการทดลอง

I = ปริมาณโปรตีนทั้งหมดที่ปลากิน

2.6 ต้นทุนค่าอาหาร โดยคิดจากราคาของวัตถุดิบของอาหารแต่ละสูตร และเปรียบเทียบต้นทุนของอาหารแต่ละสูตรในการผลิตปลา 1 กิโลกรัม

$$\text{ต้นทุนค่าอาหารที่ผลิตปลา 1 กิโลกรัม} = \text{ต้นทุนค่าอาหาร 1 กิโลกรัม} \times \text{FCR}$$



ภาพผนวกที่ 1 ก. อาหารสด

ข. อาหารผสมสด

ค. อาหารผสมอัดเม็ด

3. การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

3.1 Plate Count Agar (PCA agar) เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อคัดเลือกเฉพาะ (selective medium) ใช้ทดสอบหาประชากรแบคทีเรียทั้งหมด ปัจจุบันสามารถเตรียมได้จาก PCA ผง เพียงชั่งน้ำหนักผงวุ้นสำเร็จรูป 22.5 กรัมต่อน้ำ 1 กรัม ละลายผงอาหารวุ้นในน้ำกลั่น ต้มเดือดก่อนบรรจุขวดและปิดฝานิ่งในหม้อความดันไอน้ำที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที เมื่อนำไปใช้ให้ความร้อนอาหารวุ้นจนอยู่ในสภาพของเหลว จากนั้นนำไปแช่ใน waterbath ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (Houghtby, 1992)

PCA agar ประกอบด้วยส่วนผสมดังนี้

Peptone from casein	5.0 g
Yeast extract	2.5 g
D (+) glucose	1.0 g
Agar	15.0 g
Distilled water	1.0 L
ปรับ pH 7.0 ± 0.2 (25°C)	

3.2 Coliform Agar เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อคัดเลือกเฉพาะ (selective medium) ใช้ในการทดสอบหาแบคทีเรีย E.coli และ Coliform ปัจจุบันสามารถเตรียมได้จาก Coliform agar ผงเพียงชั่งน้ำหนักผลวุ้นสำเร็จรูป 26.5 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ละลายผงอาหารวุ้นในน้ำกลั่น ต้มเดือดก่อนบรรจุขวด และปิดฝานิ่งในหม้อความดันไอน้ำที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที เมื่อนำไปใช้ให้ความร้อนอาหารวุ้นจนอยู่ในสภาพของเหลว จากนั้นนำไปแช่ใน waterbath ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (Christen *et al.*, 1992)

Coliform agar ประกอบด้วยส่วนผสมดังนี้

Peptone	3.0 g
Sodium chloride	5.0 g
Sodium dichloridephosphate	2.2 g
di-sodium hydrogenphosphate	2.7 g
Tryptophan	1.0 g

Sodium pyruvate	1.0 g
Tergitol	70.15 g
Sorbital	1.0 g
Chromogenic mix	0.4 g
Agar	10.0 g
Distilled water	1.0 L
ปรับ pH 6.8 ± 0.2 (25°C)	

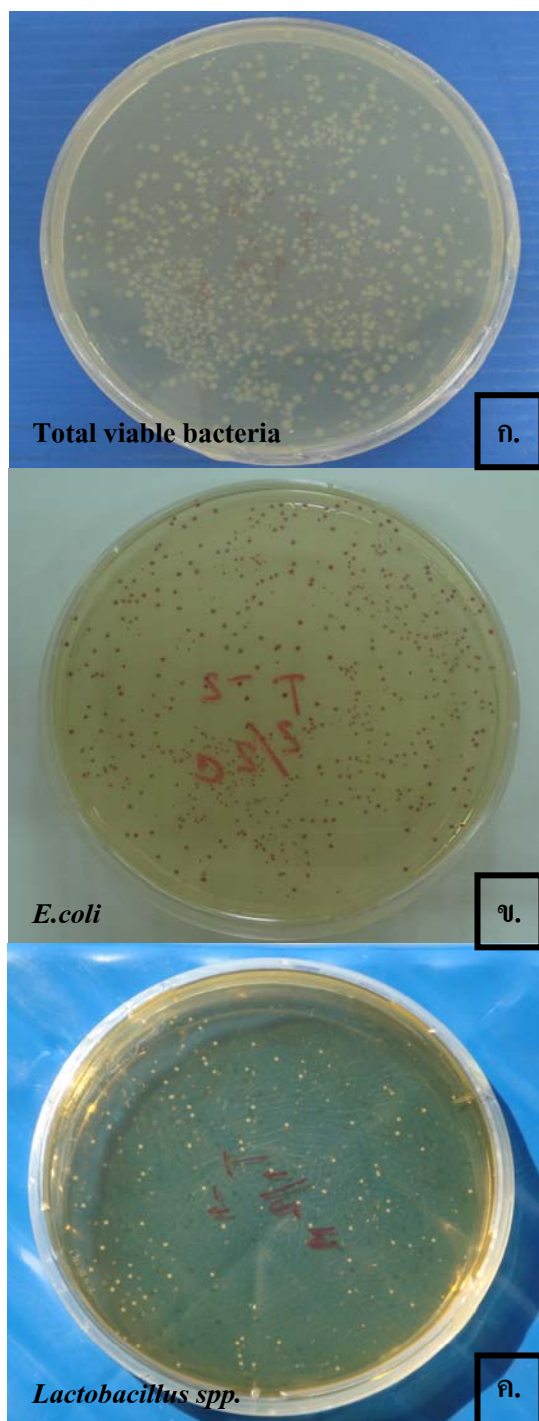
3.3 Man Rogosa Sharpa Agar (MRS agar) เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อคัดเลือกเฉพาะ (selective medium) ใช้ในการทดสอบ *Lactobacillus* ปัจจุบันสามารถเตรียมได้จาก MRS agar ผงเพียงชั่งน้ำหนักผงสำเร็จรูป 66.8 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ละลายผงอาหารวุ้นในน้ำกลั่น ต้มเดือดก่อนบรรจุขวด และปิดฝาหนึ่งในหม้อนึ่งความดันไอที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที เมื่อนำไปใช้ให้ความร้อนอาหารวุ้นจนอยู่ในสภาพของเหลวจากนั้นนำไปแช่ใน water bath ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (Demam *et al.*,1960)

MRS agar ประกอบด้วยส่วนผสมดังนี้	
Peptone from casein	10.0 g
Meat extract	8.0 g
Yeast extract	4.0 g
D (+) glucose	20.0 g
di-potassium hydrogen phosphate	2.0 g
Tween [®] -80	1.0 g
di-amonium hydrogen citrate	2.0 g
Sodium acetate	5.0 g
Magnesium sulfate	0.2 g
Manganese sulfate	0.04 g
Agar	14.0 g
Distilled water	1.0 L
ปรับ pH 5.7 ± 0.2 (25°C)	

4. การเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์

กระบวนการหลักที่สำคัญทางจุลชีววิทยาในทางปฏิบัติการทางจุลชีววิทยา จะมีขั้นตอนหลักอยู่ 2 ประการคือ การแยกหรือการจำแนก (Isolation) เป็นการแยกจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งออกจากประชากรผสม (Mixed population) ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติให้เป็นเชื้อบริสุทธิ์ (Pure culture) และการเพาะเลี้ยงเชื้อ (Cultivation) เป็นการเพาะเลี้ยงเชื้อในสิ่งแวดล้อมที่สร้างขึ้น เช่น ในอาหารเลี้ยงเชื้อ (Culture medium) ในห้องทดลอง ในการแยกเชื้อใดเชื้อหนึ่งออกจากเชื้อผสม ให้ได้เป็นเชื้อบริสุทธิ์นั้นอาจจะกระทำได้หลายวิธี วิธีง่าย ๆ ที่ใช้กันเสมอคือวิธีที่เรียกว่า Plating method มักใช้กับจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญเติบโตเป็นโคโลนิบนอาหารแข็ง เช่นแบคทีเรียส่วนใหญ่ ยีสต์และราหลายชนิด วิธีนี้เป็นการแยกและทำให้จุลินทรีย์แต่ละตัวหยุดการเคลื่อนที่บนหรือในอาหารที่ทำให้แข็งด้วยวุ้น (Agar) หรืออาหารประเภทวุ้นอื่น ๆ ที่เหมาะสม จุลินทรีย์แต่ละตัวที่เจริญเติบโตได้ให้โคโลนิซึ่งสามารถแยกหรือถ่ายเชื้อ (Transfer) ได้ง่าย

การทำ Plating method อาจทำได้หลายวิธีแต่ในการทดลองนี้จะใช้วิธีที่เรียกว่า Spread plate คือการนำเชื้อที่เจือจางแล้ว ที่ความเจือจางที่เหมาะสมมาวาด (Spread) บนผิวของอาหารแข็งโดยใช้ Spreader ที่ทำด้วยแก้วหรือโลหะ วิธีนี้ก็อาจใช้นับจำนวนคร่าว ๆ ของจุลินทรีย์ได้เช่นกัน ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีการตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์เฉพาะที่มีชีวิตอยู่จริง และสามารถเพิ่มจำนวนเป็นจุดโคโลนิได้ในอาหารวุ้น โดยถือหลักที่ว่าเซลล์จุลินทรีย์ 1 เซลล์ เจริญทับกันเป็นหนึ่งโคโลนิการนับจำนวนจะให้ผลที่แม่นยำเมื่อเจือจางเชื้อมีเชื้ออยู่ระหว่าง 30-300 โคโลนิ วิธีการเลี้ยงเชื้อโดยใช้เทคนิค Spread plate ทุกขั้นตอนต้องดำเนินการภายใต้สภาพปลอดเชื้อ แล้วนำไปปมเชื้อที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ



ภาพผนวกที่ 2 ก. Total viable bacteria

ข. *E. coli*

ค. *Lactobacillus spp.*

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวนิจวัลย์ นະวาระ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	11 กรกฎาคม พ.ศ. 2522
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายจากโรงเรียน ราชินีบูรณะ จ.นครปฐม พ.ศ. 2541 วท.บ. (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ. 2544
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี