กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จในงานวิจัยครั้งนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร ที่ให้การสนับสนุนเงินทุนในการศึกษาวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปี 2554 ขอขอบคุณ รศ.ดร.เสน่ห์ เอกะวิภาติ รองอธิการบดี วิทยาเขตชุมพร ที่อนุมัติโครงการวิจัย ขอขอบคุณ สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร ห้องปฏิบัติการหลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมง หมวดงานประมง งานฟาร์มวิทยาเขตชุมพรที่เอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับดำเนินงานวิจัย ขอขอบคุณ อ.ดร.สายชล เลิศสุวรรณ ผู้ร่วมวิจัยที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจเสมอมา และนายอัครพล กรรไพเราะ นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมง ที่ช่วยดำเนินการงานวิจัยให้สำเร็จลุลวงไปได้ด้วยดี

วรพงษ์ นลินานนท์

กันยายน 2554

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การศึกษาการใช้ประโยชน์กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ในอาหารปลาโมง

ประจำปีงบประมาณ 2554 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 180,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2553 ถึง กันยายน 2554

ชื่อ – สกุล หัวหน้าโครงการ : อาจารย์วรพงษ์ นลินานนท์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร อีเมล์: knwarrap@kmitl.ac.th.

ผู้ร่วมโครงการวิจัย : อาจารย์ ดร.สายชล เลิศสุวรรณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร อีเมล์: klsaicho@kmitl.ac.th.

บทคัดย่อ

ผลจากการศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และคุณภาพซากของปลาโมงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ในระดับที่ต่างกัน โดยทำการทดลองในกระชังที่มีขนาด 1.5 x 1.5 x 1.0 เมตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด แบ่งการทดลองออกเป็น 5 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ ใช้ปลาที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 4.00-4.05 กรัม จำนวน 20 ตัว/ซ้ำ อาหารชุดที่ 1 เป็นชุดควบคุมที่ไม่เสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ในอาหาร อาหารสูตรที่ 2-5 เป็นอาหารที่เสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ในระดับ 10%, 20%, 30% และ 40% ตามลำดับ ทำการเลี้ยงเป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าการเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ที่ระดับ 20% ทำให้ประสิทธิภาพของอาหาร อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอดตาย ที่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนในด้านคุณภาพซากพบว่าการเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ 20% มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ดีกว่าชุดควบคุมและชุดการทดลองอื่น

คำสำคัญ : เอนไซม์ ปลาโมง กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สารบัญ

หน้า

สารบัญ (1)

สารบัญตาราง (2)

สารบัญภาพ (3)

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย 2

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 ปลาโมง 3

2.2 เอนไซม์ (Enzyme) 7

2.3 ปาล์มน้ำมัน 12

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 20

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี 20

3.2 วิธีการศึกษาวิจัย 21

บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง 28

4.1 ผลการทดลองประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตาย 28

4.2 ผลการทดลองการวิเคราะห์ทางด้านคุณภาพซาก 37

4.3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในอาหารทดลองและค่าคุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง 40

4.4 วิจารณ์ผลการทดลอง 40

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 42

เอกสารอ้างอิง 43

ภาคผนวก 51

ภาคผนวก ก รูปภาพผนวก 52

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เปรียบเทียบปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันได้จากวิธีการสกัดน้ำมันจากเมล็ดปาล์มน้ำมันด้วยการใช้สารเคมีกับการสกัดด้วยวิธีการหีบน้ำมัน	16
2	ส่วนประกอบทางเคมีของ PKM ด้วยวิธีการสกัดน้ำมันโดยการหีบน้ำมันและการใช้สารเคมี	17
3	สูตรอาหารที่ใช้ในการทดลอง	22
4	น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของปลาโมงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ ในระดับที่ต่างกันเป็นเวลา 12 สัปดาห์	30
5	ความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของปลาโมงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ ในระดับที่ต่างกันเป็นเวลา 12 สัปดาห์	31
6	ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ประสิทธิภาพของอาหาร อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการรอดตายประสิทธิภาพของโปรตีนอาหารของปลาโมงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมเอ็นไซม์ไฟเตสในระดับที่ต่างกันเป็นเวลา 12 สัปดาห์	36
7	คุณภาพซากของปลาโมงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ ในระดับที่ต่างกัน	39

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1	ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของปลาโมง	4
2	ทฤษฎีแม่กุญแจและลูกกุญแจ	8
3	ทฤษฎีเหนี่ยวนำให้พอดี	8
4	ลักษณะทางกายภาพ ของเอนไซม์โรโนไซม์ วีพี	10
5	แสดงสัดส่วนและผลพลอยได้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	13
6	โครงสร้างของเซลลูโลส (a) โครงสร้างของ cellobiose และ glucose (b)โครงสร้างของ cellulose microfibrils ประกอบด้วย Crystalline region และ Paracrystalline region	15
7	น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของปลาโมงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์	29
8	ความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของปลาโมงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์	29
9	น้ำหนักเพิ่มต่อวันของปลาโมงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์	33
10	ประสิทธิภาพของอาหารของปลาโมงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์	33
11	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาโมงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์	34
12	อัตราการรอดตายของปลาโมงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาลน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์	35
13	ค่าคุณภาพซากของปลาโมงที่ได้รับอาหารทดลองเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ในระดับต่างกัน	38

ภาพผนวกที่

1	กระชังสำหรับทดลอง	53
2	ลูกปลาที่นำมาพักไว้ก่อนการทดลอง	53
3	วัตถุดิบสำหรับทำอาหารทดลอง	54
4	อาหารขณะกำลังอัดเม็ด	54

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ **หน้า**

5	อบอาหารในตู้โดยใช้หลอดไฟกำลัง 100 วัตถ์	55
6	อาหารที่พร้อมทดลอง	55
7	อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บผล	56
8	การชั่งน้ำหนักรวมของปลาทั้งหมดแต่ละชุดการทดลอง	56
9	สุ่มวัดขนาด	57
10	การวิเคราะห์ซาก โดยผ่าปลาแยก ตับ,ไขมันในช่องท้อง, ลำไส้ และซาก แล้วนำมาชั่งและบันทึกผล	57

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทที่ 1
บทนำ

1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปลาโมง หรือ ปลาเผาะ เป็นปลาที่พบมากในแถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทยโดยเฉพาะลุ่มแม่น้ำโขง แม่น้ำสาขา และแม่น้ำเจ้าพระยา สำหรับในแม่น้ำโขงนั้นจะพบปลาชนิดนี้ในช่วงเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน ของทุกปีเท่านั้น (Baird, 1999; Tyson, 1991; วิวัฒน์ และ ชัยศิริ, 2538) เป็นปลาที่นิยมบริโภคกันมากเนื่องจากมีก้างน้อยและไขมันต่ำ จุดเด่นที่สำคัญคือมีเนื้อสีขาวรสชาติดี ทั้งยังช่วยส่งเสริมอาชีพและเพิ่มทางเลือกให้แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงให้มีการเพาะเลี้ยงอย่างต่อเนื่องและยังเป็นช่องทางหนึ่งที่จะช่วยส่งเสริมให้ปลาโมงเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจส่งออกตัวใหม่ของไทยในอนาคต ทำให้ความต้องการของตลาดโลกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น มีตลาดต่างประเทศรองรับและสามารถพัฒนาในระดับอุตสาหกรรมการส่งออกได้ (ประเสริฐ, 2552) ซึ่งในประเทศเวียดนามมีการพัฒนาการเลี้ยงปลาชนิดนี้ ผลิตปลาได้ปีละ 350,000 ตัน สามารถส่งออกสร้างรายได้เข้าประเทศถึงปีละ 16,000-17,000 ล้านบาท แต่ปัจจุบันประเทศเวียดนามประสบปัญหาการคุมเข้มเรื่องคุณภาพและมาตรฐานความปลอดภัย ซึ่งหากประเทศไทยพัฒนาและเพิ่มกำลังการผลิตปลาโมงเพื่อการส่งออกให้มากขึ้น น่าจะเป็นโอกาสที่สามารถเป็นผู้ส่งออกได้มากกว่าประเทศอื่นๆ เนื่องจากมีระบบการผลิตที่ดีกว่า โดยในทางประมงการผลิตสัตว์น้ำจะต้องผลิตตามระบบมาตรฐาน GAP ซึ่งกรมประมงจะทำหน้าที่ในการฝึกอบรมให้ความรู้ในการเลี้ยงปลาชนิดดังกล่าว โดยเชื่อว่าสร้างรายได้ให้กับประเทศไม่ต่ำกว่าปีละ 160 ล้านบาท (จิตรา, 2551) ในปัจจุบันผลผลิตปลาโมงตามธรรมชาติและการเพาะเลี้ยงประมาณปีละ 327 ตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 19,601,010 บาท ราคาส่งออกจะอยู่ที่กิโลกรัมละ 120 บาท และหากส่งออกต่างประเทศจะอยู่ที่ประมาณกิโลกรัมละ 400 บาท แต่การเพาะเลี้ยงปลาโมงยังไม่สามารถพัฒนาไปสู่การเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์อย่างเต็มที่ได้ เนื่องจากยังขาดข้อมูลการศึกษาวิจัยหลายอย่าง ดังนั้นจึงมีการศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมเพื่อช่วยเร่งการเจริญเติบโตและคุณภาพที่ดีของปลาโมง ที่ใช้วัตถุดิบในท้องถิ่น มีราคาถูก ทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำลง ให้ทันกับความต้องการของตลาดในปัจจุบัน และเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับวางแผนพัฒนาระบบการเพาะเลี้ยงที่เหมาะสม และการส่งเสริมการเพาะเลี้ยงปลาโมงในเชิงพาณิชย์ต่อไป (สุดาพร และคณะ, 2554)

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และอัตรารอดของปลาโมงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ ในระดับต่างๆ กัน

2. เพื่อศึกษาคุณภาพซาก (Carcass quality) ของปลาโมงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ ในระดับต่างๆ กัน

1.3. ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1. ขอบเขตของเนื้อหาการศึกษาวิจัย

1. ปลาโมง (Basa catfish) ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้รับจากศูนย์วิจัย และเพาะพันธุ์สัตว์น้ำจืด จังหวัดเชียงราย น้ำหนักประมาณ 8 – 12 กรัม ความยาวประมาณ 10 เซนติเมตร ซึ่งเป็นขนาดปลามีอัตราการเติบโตสูงสุด และมีความทนทานต่อการขนย้ายมากเพียงพอ

2. เอนไซม์ย่อยเยื่อใยที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ เป็นเอนไซม์ทางการค้าชื่อ โรโนไซม์ วีพี มีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาล ประกอบด้วยเอนไซม์หลายชนิด คือ เบต้า กลูคาเนส เซลลูเลส เฮมิเซลลูเลส และเพคติเนส ซึ่งมีความสามารถในการย่อยเยื่อใย หรือกลุ่มคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่แป้ง ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในผนังเซลล์พืชทั่วไป

3. กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน ที่ใช้เป็นวัตถุดิบอาหารทดลองครั้งนี้เป็นเศษเหลือจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มในจังหวัดชุมพร ด้วยการหีบผลปาล์มด้วยเกลียวอัด ซึ่งมีความสดใหม่

1.3.2. ขอบเขตของการวัดความสำเร็จในการวิจัย

1. สามารถใช้ประโยชน์กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน เป็นวัตถุดิบอาหารในปริมาณที่เพิ่มขึ้น และมีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยไม่ส่งผลกระทบต่อค่าประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลาโมง

2. สามารถลดต้นทุนการผลิตอาหารปลาโมงลง จากการใช้วัตถุดิบกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันซึ่งเป็นวัตถุดิบอาหารที่มีราคาถูกลง และสามารถใช้เป็นส่วนผสมในสูตรอาหารได้ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น

3. สามารถใช้ข้อมูลจากการวิจัยที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนางานวิจัยส่วนอื่นๆที่เกี่ยวข้อง เป็นข้อมูลเสริมประกอบการเรียนการสอน หรือนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการพัฒนาการเลี้ยงปลาโมงของเกษตรกรทั่วไป และสามารถเผยแพร่เป็นผลงานวิจัยของสถาบันฯ ทั้งในระดับประเทศ และระดับนานาชาติ

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1. ปลาโมง

ปลาโมง หรือ ปลาเผาะ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Pangasius bocourti* เป็นปลาน้ำจืดที่อยู่ในตระกูลเดียวกับปลาเทพา เทโพและสวาย สามารถจำแนกตามอนุกรมวิธานได้ดังนี้ (Nelson, 1994)

Phylum: Chordata

Class: Actinopterygii

Order: Siluriformes

Family: Pangasiidea

Genus: Pangasius

Species: *Pangasius bocourti*

รูปร่างลักษณะของปลาโมงคล้ายคลึงกับปลาในสกุล Pangasius ชนิดอื่น แต่ลักษณะ หัวกลมมนกว่าปลาในตระกูลเดียวกัน มีหนวดที่มุมปาก 1 คู่ ใต้คาง 1 คู่ ปากแคบ รูปร่างป้อม ท้องอูม ลำตัวตอนหน้าค่อนข้างกลม และแบนข้างเล็กน้อยที่ด้านท้าย ปลาวัยอ่อนมีสีเทาเหลือบเหลืองหรือเขียวอ่อน ข้างลำตัวมีแถบคล้ำ ครีบอกมีแต้มสีจาง ส่วนในปลาตัวเต็มวัยมีสีเทาอมน้ำตาลอ่อนหรือฟ้าอ่อน ท้องสีขาว ครีบสีจางและครีบหางมีแถบสีคล้ำจาง มีขนาดประมาณ 60-80 ซ.ม. (ศิราณี และธีระชัย, 2548) ปลาในสกุล Pangasius มีลักษณะที่สำคัญ คือ กระดูกสันหลังตอนต้นดัดแปลงไปเป็น Elastic spring มีลักษณะเป็นกระดูกเรียวโค้งและปลายเป็นแผ่นกลม ไม่เชื่อมติดกับกระดูกท้ายกะโหลกอย่างในสกุลอื่น ชวลิต (2536) อ้างโดย รัตนสุดา (2554) และยังสามารถพบได้ในประเทศไทย, กัมพูชา (Roberts and Vidthayanon, 1991), ลาว (Roberts, 1993), เวียดนาม (Sokheng *et al*., 1999) และบริเวณลุ่มแม่น้ำโขงรวมถึงแม่น้ำเจ้าพระยาบ้างเล็กน้อย (ธีระพันธ์ และคณะ, 2533)

Tyson (1991) กล่าวถึงปลาโมงมีความแตกต่างจากปลาในตระกูล (Genus) เดียวกัน คือ นอกจากลักษณะหัวที่กลมมนกว่า (More rounded head) ปลาชนิดอื่นๆแล้ว ยังมีจำนวนซี่กรองอาหาร (Gill racker) บนกระดูกเหงือกอันแรกจำนวน 36-46 ซี่ ซึ่งมีมากกว่าในปลาชนิดอื่นๆ และมีปล้องของกระดูกสันหลังจำนวน 45-49 ปล้อง นอกจากนี้ปลาโมงยังมีลักษณะฟันบนเพดานปาก (Vomeropalatine teeth) อยู่กันเป็นแผ่นๆ โค้งต่อกันเป็นรูปพระจันทร์เสี้ยว และมีกระเพาะลมแบ่งเป็น 2 ตอน ส่วนปลายของกระเพาะลม

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สิ้นสุด ณ ตำแหน่งครีบก้นตอนต้น พบเมือกเหนียวเป็นจำนวนมากเนื่องจากมีต่อมสร้างเมือก (Mucous gland) อยู่ที่บริเวณโคนครีบหูจำนวน 3 รู (Baird *et al*., 1999) ปลาโมงมีเมือกมาก อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำที่มีออกซิเจนที่ละลายน้ำสูง และจัดเป็นปลากินซาก วิวัฒน์ และชัยศิริ (2531) ศึกษาชีววิทยาบางประการของปลาโมงในแม่น้ำโขง ณ จังหวัดเชียงราย พบว่าปลาโมงเป็นปลากินพืชและเนื้อ พบชนิดของอาหารในกระเพาะ เศษเนื้อปลา ปู และกระดูก (7.69 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งประกอบไปด้วยเศษเนื้อ (46.15 เปอร์เซ็นต์) เมล็ดพืชและผลมะเดื่อ (30.77 เปอร์เซ็นต์) ในธรรมชาติปลาชนิดนี้มีอัตราส่วนเพศผู้ต่อเพศเมียเท่ากับ 1 : 1.5 ไข่ของปลาโมงเป็นไข่ติดจมน้ำ มีลักษณะกลม สีขาวอมเหลืองใส ความดกของไข่เฉลี่ย 157,040 ฟอง (ชัยศิริและวิวัฒน์, 2538)

ภาพที่ 1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของปลาโมง
ที่มา : หนังสือพิมพ์เดลินิวส์, 2553

2.1.1. การเพาะพันธุ์ปลาโมง

การเพาะขยายพันธุ์ปลา หมายถึง การทำให้พ่อแม่พันธุ์ปลาที่ได้จากธรรมชาติหรือบ่อเลี้ยงปลาสามารถสืบพันธุ์และวางไข่ได้ ทำให้มีลูกพันธุ์ที่จำนวนมากขึ้น กิจกรรมหรือวิธีการนั้นครอบคลุมตั้งแต่การเตรียมพ่อแม่พันธุ์ การคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ การเลือกวิธีการเพาะพ่อแม่พันธุ์ การฟักไข่ และการอนุบาล (โชคชัย, 2548)

1. การคัดพ่อแม่พันธุ์

การคัดเลือกแม่ปลาที่มีความสมบูรณ์เพศ โดยการใช้ Flexible Catheter หรือใช้สายยางเล็กๆ ดูดไข่ เพื่อนำไข่มาวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไข่ด้วยเวอร์เนียมิเตอร์ (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไข่เท่ากับ 1.6-1.8 มิลลิเมตร) ส่วนปลาเพศผู้ที่สมบูรณ์เพศเต็มที่ เพียงกดเบาๆ ที่ช่องเพศน้ำเชื้อก็จะไหลออกมา (Cacot, 1999; Tuan, 1999)

2. การเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์

แม่ปลาเจริญพันธุ์ (Mature) เมื่ออายุได้ 4 ปี ขึ้นไป แต่ในปลาที่ยังไม่เจริญพันธุ์สังเกตความแตกต่างระหว่างเพศแทบไม่ได้เลย เลี้ยงปลาเพศผู้และเพศเมียรวมในบ่อเดียวกัน เลี้ยงด้วยอาหารผสม

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ให้กินวันละ 1% ของน้ำหนักตัว (อาหารผสม = ปลาเป็ดบดละเอียด : ปลาป่น ร่วมกับ วิตามิน E, วิตามิน C และน้ำมันหมึก อัตราส่วน 2:2:1 คือ วิตามิน E 0.050 กรัมต่อกิโลกรัม, วิตามิน C 0.025-0.050 กรัมต่อกิโลกรัม และน้ำมันหมึก 0.5-1%) เริ่มเพาะพันธุ์ได้ในเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน (อรรณพ, 2549)

3. การผสมเทียม

ไข่ปลาโมงเป็นไข่แบบจมติดวัสดุ (Adhesive-demersal egg) จึงเพาะพันธุ์โดยการผสมเทียมด้วยวิธีแห้ง (Dry method) โดยรีดไข่ปลาลงในภาชนะที่แห้งสนิท จากนั้นรีดน้ำเชื้อลงผสมและใช้ขนไก่คนให้เข้ากันเพื่อให้น้ำเชื้อเคลือบผิวของไข่และนำไข่ไปโรยในตาข่ายมุ้งสีฟ้าขนาด 20 ช่องต่อนิ้ว หรืออาจจะนำไข่ปลาที่ผสมกับน้ำเชื้อแล้วไปเคลือบดินสอพองที่ละลายน้ำ (ดินสอพอง 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 500 มิลลิลิตร) เพื่อไม่ให้ไข่ติดกัน แล้วนำไปฟักในกรวยที่เปิดน้ำไหลผ่านตลอดเวลา (อรรณพ, 2549)

4. การอนุบาลและการเพาะเลี้ยงปลาโมง

ชัยศิริ และวิวัฒน์ (2538) ศึกษาการอนุบาลลูกปลาโมงวัยอ่อนที่ฟักออกเป็นตัวใหม่ๆ ในบ่อซีเมนต์ขนาด 2 x 2 x 0.6 เมตร ระดับน้ำลึก 0.3 เมตร ปล่อยในอัตรา 25 ตัว/ลิตร ให้ระบบน้ำไหลผ่านตลอดเวลาเพื่อเพิ่มออกซิเจน ลูกปลาอายุ 2-21 วัน ให้กินไรแดงและไข่ตุ๋น อายุ 21-35 วัน ให้รำและปลาป่นโดยให้วันละ 6 ครั้ง แต่ละครั้งเว้นระยะห่างกัน 4 ชั่งโมง ดูดตะกอนทุกวัน เมื่ออายุ 35-90 วัน ให้รำและปลาป่นร่วมกับอาหารเม็ดขนาดเล็กได้ โดยให้วันละ 3 มื้อ และเพิ่มออกซิเจนในน้ำโดยใช้เครื่องตีน้ำ ซึ่งการอนุบาลลูกปลาโมงในถังไฟเบอร์กลาสที่มีน้ำไหลเวียนตลอดเวลาจะทำให้ลูกปลาโมงมีอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายที่สูงกว่าลูกปลาโมงที่อนุบาลในตู้กระจก

Hung *et al.* (2002) กล่าวว่า การอนุบาลลูกปลาโมงด้วยอาร์ทีเมีย ไรแดงและ หนอนแดง ทำให้ลูกปลาโมงมีอัตราการรอดตายอยู่ระหว่าง 91-93% และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในอาหารทั้ง 3 ชนิด และลูกปลาโมงที่เลี้ยงด้วยอาร์ทีเมีย และหนอนแดงมีการเจริญเติบโต 35-36% ต่อวัน ส่วนลูกปลาโมงที่เลี้ยงด้วยไรแดงมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำ

2.1.2. การเลี้ยงปลาโมง

การเพาะเลี้ยงปลาโมง จากการสำรวจข้อมูลจากเกษตรกรที่เลี้ยงในปัจจุบันพบว่าเลี้ยงอยู่ด้วยกัน 2 ลักษณะ คือ การเลี้ยงแบบพื้นบ้านและการเลี้ยงเชิงพาณิชย์

1. การเลี้ยงแบบพื้นบ้าน

เกษตรกรใช้วัสดุที่เหลือจากการผลิตส้มปลาชะโด ได้แก่ เศษกระดูกปลานวลจันทร์เทศหรือปลายี่สกเทศ ผสมกับรำละเอียดในอัตรา 2 : 1 ให้กินจนอิ่มประมาณ 70% ของท้อง ให้อาหาร2-3 วัน/ครั้ง ในช่วงที่ไม่มีกระดูกปลาก็ให้อาหารเม็ดลอยน้ำระดับโปรตีน 25% แทน โดยเริ่มต้นเลี้ยงปลาโมงใน

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กระชังในแม่น้ำโขง ตั้งแต่ขนาด 3 นิ้ว ที่ความหนาแน่น 60-100 ตัว/ลูกบาศก์เมตร เลี้ยงนาน 1-1.5 ปี ได้ปลาน้ำหนัก 700-1,200 กรัม การเลี้ยงวิธีนี้พบบริเวณ ต.ไชยบุรี อ.ท่าอุเทน จ.นครพนม (สถาบันอาหาร, 2549)

2. การเลี้ยงเชิงพาณิชย์

เกษตรกรเลี้ยงปลาโมงในแม่น้ำโขงด้วยอาหารเม็ดลอยน้ำ ระดับโปรตีน 25-30% ให้ปลากินอาหารจนอิ่ม วันละ 2 ครั้ง เวลาเช้าและเย็น โดยเริ่มต้นเลี้ยงปลาตั้งแต่ขนาด 3 นิ้ว ที่ความหนาแน่น 100 ตัว/ลูกบาศก์เมตร เลี้ยงเป็นเวลา 7 เดือนถึง 1 ปี ได้ปลาน้ำหนัก 700-1,200 กรัม อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อประมาณ 1.6 การเลี้ยงวิธีนี้พบบริเวณ อ.ท่าอุเทน จ.นครพนม สามารถเลี้ยงได้ทั้ง 2 กรณี คือการเพาะเลี้ยงในกระชังและการเพาะเลี้ยงในบ่อดิน (อรรณพ, 2549)

2.1.3. การตลาดของปลาโมง

สถาบันอาหาร (2539) อ้างโดย สุดาพร และคณะ (2554) กล่าวว่าจากการศึกษาวิเคราะห์ในขั้นต้นถึงศักยภาพทางการตลาดและการผลิตของโลกในขณะนี้พบว่า ปลาชนิดนี้เป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศสูง คือประมาณ 468 ล้านตัว และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะกลุ่มประเทศสหภาพยุโรป และสหรัฐอเมริกาเป็นตลาดใหญ่ที่มีความต้องการในการบริโภคสูงมาก โดยสหภาพยุโรปต้องการนำเข้าเพื่อทดแทนปลา Halibut ซึ่งมีคุณลักษณะเป็นเนื้อสีขาว ก้างน้อยและไขมันต่ำ (Low fat content) เหมือนกับปลา Panga ส่วนตลาดใหม่ที่มีอนาคต ได้แก่ ยุโรปตะวันออก, รัสเซีย, กลุ่มประเทศ CIS และเอเชีย ทั้งนี้ความต้องการของตลาดในภาพรวมนั้นมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เฉลี่ยร้อยละ 45 ต่อปี ในขณะที่มีผู้ผลิตและจำหน่ายเพียงรายเดียวเท่านั้นคือ ประเทศเวียดนาม

ปลาโมงมีเนื้อสีขาวและรสชาติดีเป็นที่ต้องการของตลาด ทำให้มีราคาสูงโดยเฉพาะขนาด 0.7-1 กิโลกรัมๆ ละ 50 บาท และขนาด 1.5-2 กิโลกรัมๆ ละ 150 บาท (Prasertwattana *et al*., 2003) นอกจากนี้ปลาเผาะยังเป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศ อันได้แก่ กลุ่มประเทศสหภาพยุโรป สหรัฐอเมริกา และในอนาคตอาจมีตลาดใหม่ในประเทศรัสเซียและตลาดเอเชีย ปัจจุบันประเทศที่ส่งออกปลาโมงในรูป Fillet มีเพียงประเทศเดียวคือประเทศเวียดนาม ส่งออกโดยใช้ชื่อผลิตภัณฑ์ว่า Fillet มีปริมาณการส่งออกในปี 2542 จำนวน 20,000 ตัน และ ปี 2547 มีปริมาณการส่งออก 120,000 ตัน มูลค่าการตลาด 17,000 ล้านบาท แต่ประเทศเวียดนามเริ่มประสบปัญหาคุณภาพผลผลิต คือ เนื้อปลามีน้ำหนักลดลง และสีของเนื้อปลาที่เปลี่ยนไป (สีเนื้อปลาที่ตลาดยุโรปต้องการเป็นสีขาว) แต่ตลาดต่างประเทศยังมีความต้องการนำเข้าเนื้อปลาเผาะอีกเป็นปริมาณมาก จึงเป็นโอกาสดีของประเทศไทย ที่จะพัฒนาการเพาะเลี้ยงปลาโมงให้เป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจชนิดใหม่เพื่อการส่งออกทดแทนสินค้าเกษตรและอาหารบางชนิด เช่น กุ้งและไก่ ที่มีการส่งออกลดลง และเชื่อว่าปลาโมงจะสามารถส่งออกและสร้างรายได้ให้กับประเทศไม่ต่ำกว่าปีละ 160 ล้านบาท (อรรณพ, 2549)

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2.2. เอนไซม์ (Enzyme)

การศึกษาด้านเอนไซม์ เริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 1833 โดย ปาเยน (Payen) และเปอร์โซ (Persoz) รายงานการตกตะกอนของสารสกัดมอลท์ด้วยแอลกอฮอล์ พบว่าเป็นโปรตีนที่สามารถเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล จึงให้ชื่อว่า ไดแอสเทส (Diastase) ซึ่งปัจจุบันรู้จักกันในชื่อ อะไมเลส (Amylase) ต่อมาในปี ค.ศ. 1878 คุนม์ (Kuhne) ได้เปลี่ยนชื่อเป็นเอนไซม์ มาจากภาษากรีก แปลว่า ในยีสต์ ต่อมา บุคเนอร์ (Buchner) ได้พิสูจน์ว่าสารที่สกัดได้จากยีสต์สามารถทำให้เกิดการหมักของน้ำตาลได้ โดยไม่ต้องอาศัยเซลล์ยีสต์ที่ยังคงมีชีวิตอยู่ ในปัจจุบันเป็นที่ทราบกันดีว่าสารสกัดจากยีสต์มีเอนไซม์อยู่หลายชนิด ทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์และคาร์บอน ไดออกไซด์ โดยเอนไซม์เหล่านั้นสามารถทำงานได้ทั้งในสภาพที่อยู่ในเซลล์ที่มีชีวิต หรือในสภาพที่ถูกสกัดจากเซลล์ ส่วนเอนไซม์อื่นๆ ได้มีการค้นพบในช่วงปลายของคริสต์ศักราชที่ 19 (Dixon and Webb, 1979)

2.2.1. ความหมายของเอนไซม์

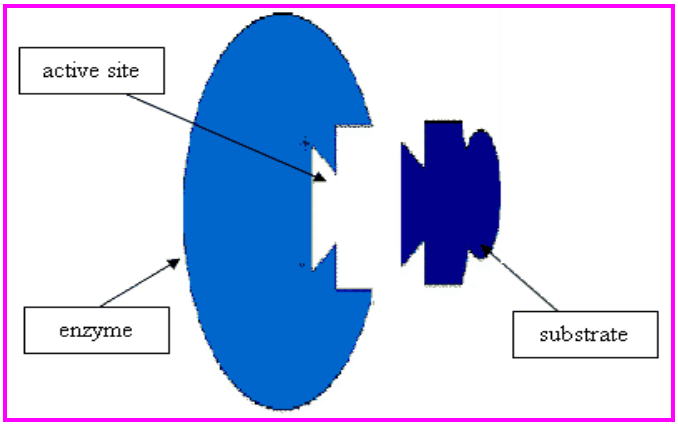
เอนไซม์ คือ ตัวเร่ง ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาในสิ่งมีชีวิต (Biocatalyst) ทำให้อัตราเร็วของปฏิกิริยาเพิ่มสูงขึ้น 10^{3}-10^{17} เท่าของปฏิกิริยาเดิมที่ไม่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่ง สามารถเร่งปฏิกิริยาได้ภายใต้ภาวะไม่รุนแรง ซึ่งเหมาะสมอย่างยิ่งกับภาวะภายในเซลล์และเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตทั่วไป มีความจำเพาะเจาะจงต่อสารที่ทำปฏิกิริยา เรียกว่า สับสเตรท (Horton *et al*., 2002) เอนไซม์ส่วนใหญ่เป็นโปรตีนลักษณะกลม (Globular protein) ความสามารถของเอนไซม์ขึ้นอยู่กับโครงรูป (Conformation) ของโปรตีน มีการขดตัวที่จำเพาะและกำหนดโดยการเรียงลำดับของกรดอะมิโน (มนตรี และคณะ, 2542) เอนไซม์บางชนิดไม่สามารถทำงานได้หากขาดส่วนประกอบอื่นๆที่จำเป็นนอกเหนือจากโปรตีน เอนไซม์ที่ทำงานเมื่อมีไอออนของโลหะเรียกว่าโคแฟคเตอร์ (Cofactor) เช่น Fe^{2+}, Mg^{2+}, Mn^{2+} และ Zn^{2+} หรืออาจเป็นสารประกอบอินทรีย์เรียกว่าโคเอนไซม์ (Coenzyme) ส่วนของเอนไซม์ที่ประกอบไปด้วยโคเอนไซม์หรือไอออนของโลหะ จะเรียกว่าโฮโลเอนไซม์ (Holoenzyme) และส่วนที่เป็นโปรตีนจะเรียกว่าอะโพเอนไซม์ (Apoenzyme) โดยส่วนใหญ่ โคเอนไซม์เป็นสารอินทรีย์หรืออนุพันธ์ของวิตามิน (Lehninger *et al*., 1993)

2.2.2. กลไกการทำงาน

เอนไซม์เป็นโปรตีนลักษณะกลม ทำให้มีบริเวณเร่ง (Active site) ซึ่งมีลักษณะเป็นร่องบนผิวของโมเลกุล สามารถจับกับสับสเตรต โดยสับสเตรตจะจับกันได้พอดีกับบริเวณเร่ง มีความ จำเพาะเจาะจงตามทฤษฎีแม่กุญแจและลูกกุญแจ (Lock-and-key model) ของอีมิล ฟิชเชอร์ (Emil Fischer) โดยเอนไซม์จะรวมตัวกับสับสเตรตก่อให้เกิด Enzyme-substrate complex (ES) เป็นผลให้โมเลกุลของ

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

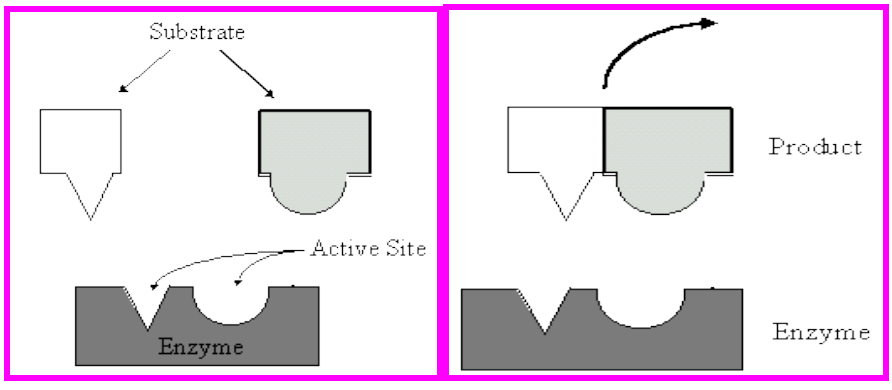
สับสเตรตมีความว่องไวมากขึ้น ต้องการพลังงานเริ่มต้นน้อยลง เกิดปฏิกิริยาได้อย่างรวดเร็ว เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดสับสเตรตจะถูกเปลี่ยนเป็นผลผลิต (Product) เอนไซม์จะหลุดออกจากโมเลกุลและเข้าไปจับกับสับสเตรตตัวอื่น กระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาเช่นนี้อีก (Methews and Van holde, 1996)



ภาพที่ 2 ทฤษฎีแม่กุญแจและลูกกุญแจ

ที่มา : Methews และ Van holde (1996)

ต่อมาเดเนียล โคชแลนด์ (Daniel Koshland) ได้เสนอทฤษฎีเหนี่ยวนำให้พอดี (Induced fit model) โดยเสนอว่าบริเวณเร่งของเอนไซม์ไม่จำเป็นต้องมีขนาดและลักษณะที่คงตัว แต่สามารถยืดหยุ่นได้ด้วยการเรียงตัวของหมู่อัลคิล (R-group) ของกรดอะมิโนใหม่ และเมื่อถูกชักนำด้วยโมเลกุลของสับสเตรต บริเวณหมู่เอนไซม์จับกับหมู่ต่างๆ บนสับสเตรตได้พอดี (Methews and Ven hold, 1996)



ภาพที่ 3 ทฤษฎีเหนี่ยวนำให้พอดี

ที่มา : Methews และ Van holde (1996)

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2.2.3. การจำแนกชนิดของเอนไซม์

การจำแนกชนิดของเอนไซม์ตามข้อตกลงของเอนไซม์ (Commission on enzyme, EC) แบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม ตามชนิดของปฏิกิริยาที่เอนไซม์ของตังเร่ง

1. ออกซิโดรีดักเตส (Oxidoreductases) เร่งปฏิกิริยาที่มีการถ่ายอิเล็กตรอน (oxidation-reduction) ระหว่างโมเลกุล เช่นอะตอมของไฮโดรเจน ออกซิเจน หรืออิเล็กตรอน ปฏิกิริยามีหลายรูปแบบตามลักษณะตัวรับอิเล็กตรอน เอนไซม์กลุ่มนี้ ได้แก่ ดิไฮโดรจิเนส (Dehydrogenases) เร่งปฏิกิริยาการรับอิเล็กตรอนด้วยตัวรับที่ไม่ใช่ออกซิเจน ออกซิเดส (Oxidase) ถ่ายเทอิเล็กตรอนไปยังโมเลกุลของออกซิเจน (ธนเศรษฐ์, 2550)

2. ทรานซ์เฟอเรส (Transferrases) เร่งปฏิกิริยาการเคลื่อยย้ายอะตอมหรือกลุ่มอะตอมระหว่าง 2 โมเลกุล จากตัวให้ไปยังตัวรับ (ละเอียด, 2547)

3. ไฮโดรเลส (Hydrolases) เร่งปฏิกิริยาการสลายพันธะเคมีในสารประกอบด้วยน้ำ เอนไซม์ในกลุ่มนี้ได้แก่ เอสเทอเรส (Esterases), ไกลโคซิเดส (Glycosidases), ไลเปส (Lipases) และโปรจิเอส (Proteases) (นวมาลย์, 2548)

4. ไลเอส (Lyases) เอนไซม์กลุ่มนี้เร่งปฏิกิริยาการแยกโปรตรอน (H^+) ของสารประกอบตั้งต้น ทำให้เกิดพันธะคู่ในสารประกอบผลผลิต หรือทำปฏิกิริยาเพื่อเปลี่ยนพันธะคู่ในสารประกอบตั้งต้นเป็นสารประกอบที่มีพันธะเดี่ยว (ธีรารัตน์, 2543)

5. ไอโซเมอเรส (Isomerases) เอนไซม์กลุ่มนี้เร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนไอโซเมอร์ของสารประกอบตั้งต้นจากซีสไอโซเมอร์ เป็นทรานส์ไอโซเมอร์ในผลผลิต หรือจากสารประกอบตั้งต้นแอลไอโซเมอร์ เป็นดีไอโซเมอร์ในผลผลิต (ธนเศรษฐ์, 2550)

6. ไลเกส หรือ ซินเทเทส (Ligases or synthetases) เอนไซม์กลุ่มนี้เร่งปฏิกิริยาการสร้างพันธะโควาเลนท์ (covalent bond) ระหว่างโมเลกุล 2 โมเลกุล (Chaplin and Bucke, 1990)

2.2.4. เอนไซม์ในระบบย่อยอาหารของปลา

กระบวนการย่อยและการดูดซึมอาหารเป็นกระบวนการสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโต อาหารที่ปลากินเข้าไปจะถูกเคี้ยวหรือถูกกลืนทางหลอดอาหารไปยังกระเพาะและลำไส้ ซึ่งมีการย่อยอาหารโดยใช้เอนไซม์

1. เอนไซม์ย่อยโปรตีน (Proteolytic enzyme)

โปรติเอส (Proteases) ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการแยกสลายพันธะเปปไทด์ (peptide links) ของโปรตีน เอนไซม์ต่างๆ มีความสามารถทำปฏิกิริยาบนพันธะเปปไทด์ โดยเอนไซม์ที่สลายพันธะเปปไทด์ที่ตำแหน่งปลายสุดของโปรตีน เรียกว่า เอกโซเปปทิเดส (Exopeptidases) ส่วนเอนไซม์ที่

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สลายพันธะเปปไทด์ที่ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งภายในโปรตีนเรียกว่าเอนโดเปปทิเดส (Endopeptidases) (Dixon and Webb, 1979) การย่อยโปรตีนเกือบทั้งหมดจะเกิดขึ้นที่กระเพาะอาหาร เปปซิโนเจน (Pepsinogen) จะถูกย่อยสลายในสภาพที่เป็นกรดแล้วแตกตัวเป็นแปปซิน จากนั้นแปปซินจะถูกย่อยสลายโครงสร้างของโปรตีนออกมาเป็นโพลีเปปไทด์สั้นๆ (Polypeptides)ทำงานได้ดีที่ความเป็นกรดด่าง 1.5-3 ทริปซิโนเจน (Trypsinogen) ถูกกระตุ้นโดยเอนเตอร์โรไคเนส (Enterokinase) จากลำไส้เปลี่ยนเป็นทริปซิน (Trypsin) ส่วนไคโมทริปซิโนเจน (Chymoterpsinogen) ที่สร้างจากตับอ่อนจะถูกกระตุ้นโดยทริปซิน เปลี่ยนเป็นไครโมทริปซิน (Chymoterpsin) ทริปซินและไครโมทริปซิน จะย่อยโพลีเปปไทด์ให้เป็นสายเปปไทด์สั้นๆ จากนั้นคาร์บอกซีเปปทิเดส (Carboxypeptidases) และอะมิโนเปปทิเดส (Aminopeptidases) จากตับอ่อนจะย่อยสลายเปปไทด์ ในที่สุดได้กรดอะมิโน (Lovell, 1998)

2. เอนไซม์ย่อยไขมัน (Lipolytic enzyme)

การย่อยไขมันเกิดขึ้นในลำไส้ เอนไซม์ที่พบคือ ไลเปส (Lipases) ทำงานได้ดีที่ความเป็นกรดด่าง 7-7.5 ส่วนเอสเทอเรสย่อยเอสเทอร์ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลน้อย ทำงานได้ดีที่ความเป็นกรดด่าง 8-9 ตับมีบทบาทสำคัญในการย่อยไขมัน โดยน้ำดีถูกสร้างขึ้นที่ตับและเก็บไว้ในถุงน้ำดี จะหลั่งออกมาเมื่ออาหารมาถึงลำไส้ น้ำดีจะช่วยให้ไขมันแตกตัวจากหยดไขมันที่มีขนาดใหญ่ให้เป็นไขมันขนาดเล็ก ทำให้เพิ่มพื้นที่ผิวและง่ายต่อการทำงานของเอนไซม์ (Dixon and Webb, 1979) จากนั้นจะถูกย่อยสลายด้วยไลเปส การย่อยไขมันจึงถูกเร่งปฏิกิริยาโดยไลเปสเป็นส่วนใหญ่ (Lovell, 1998)

3. เอนไซม์ย่อยคาร์โบไฮเดรต

เอนไซม์ทำหน้าที่ย่อยคาร์โบไฮเดตรมีหลายชนิด โดยแต่ละชนิดมีความจำเพาะต่อปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นภายในทางเดินอาหารของปลา ทำงานได้ดีที่ความเป็นกรดด่าง 6-8 โดยตับอ่อนจะเป็นแหล่งผลิตเอนไซม์ย่อยคาร์โบไฮเดรต การย่อยแป้ง (Starch) และ ไกลโคเจน (Glycogen) เป็นโอลิโกแซ็กคาร์ไรด์ หรือมอลโตส (Maltose) จะถูกย่อยโดยแอลฟา-อะไมเลส (α-Amylases) ส่วนการย่อยไดแซ็กคาร์ไรด์ (Disaccharide) และโอลิโกแซ็กคาร์ไรด์ เป็นโมโนแซ็กคาร์ไรด์ (Monosaccharide) และโพลีแซ็กคาร์ไรด์ (Polycharide) นั้น การทำงานของเอนไซม์ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรต (Dixon and Webb, 1979)

2.2.5. โรโนไซม์ วีพี (Ronozyme VP)

เยื่อใยที่พบในอาหารที่มาจากผนังเซลล์พืช (Plant cell walls) เป็นส่วนที่มีความแข็งแรงย่อยยาก เอนไซม์ในร่างกายไม่สามารถย่อยได้ (Buhlier *et al*., 1998) เยื่อใยที่พบมากในอาหารคือ เซลลูโลส , เฮมิเซลลูโลส, เบต้ากลูแคน, เพคติน ,ลิกนิน และกัมส์ การเสริมเอนไซม์ในอาหารสัตว์น้ำเพื่อเปลี่ยนสาร

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เยื่อใยให้อยู่ในรูปที่สัตว์น้ำสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ชนิดและปริมาณเอนไซม์เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการย่อยสารเยื่อใยซึ่งมีโครงสร้างที่ซับซ้อน (เสกสม, 2544)

โรโนไซม์ วีพี (ภาพที่ 4) เป็นเอนไซม์ที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบของพืช สกัดจากเชื้อรา *Aspergillus aculeatus* ประกอบด้วยเอนไซม์หลายชนิด ได้แก่ เบต้ากลูคาเนส, เพคติเนส, เฮมิเซลลูเลส และเซลลูเลส มีความสามารถย่อยคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่แป้ง ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญในผนังเซลล์พืชทั่วไป (Hunter, 2000) ในช่วงระยะหลายปีที่ผ่านมามีการพัฒนาอาหารสัตว์ โดยนำเอนไซม์มาเสริมในอาหารสัตว์เพื่อการเจริญเติบโต เริ่มแรกมีการทดลองในอาหารสัตว์บกและสัตว์ปีก โดยใช้เอนไซม์ เบต้า-กลูคาเนสและไซลาเนส นำเอนไซม์ทั้งสองชนิดนี้เสริมลงไปในอาหารสุกรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อย วัตถุดิบที่นำมาทดลอง คือ รำข้าวสาลีและแป้งข้าวโพด พบว่าสุกรมีอัตราการแลกเนื้อและประสิทธิภาพการย่อยอาหารดีขึ้น (Johnson *et al*., 1993) และยังมีการทำการทดลองในไก่ที่มีอายุ 1 วัน กับไก่ที่มีอายุ 1 ปี เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพในการย่อยอาหาร การเจริญเติบโต และความสัมพันธ์ของอายุไก่กับการทำงานของเอนไซม์ ผลปรากฏว่าไก่ที่มีอายุ 1 วัน มีประสิทธิภาพในการย่อยอาหารดีกว่าไก่อายุ 1 ปี เนื่องจากพัฒนาการย่อยอาหารของไก่อายุน้อยยังไม่สมบูรณ์ เมื่อเสริมเอนไซม์ลงไปทำให้ประสิทธิภาพการย่อยอาหารและการเจริญเติบโตดีขึ้น ส่วนไก่อายุ 1 ปี ซึ่งมีระบบการย่อยอาหารสมบูรณ์เต็มที่อยู่แล้ว ดังนั้นการเสริมเอนไซม์จึงไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการย่อยอาหารและการเจริญเติบโต (Johnson *et al*., 1993)

ภาพที่ 4 ลักษณะทางกายภาพ ของเอนไซม์โรโนไซม์วีพี

Carter และคณะ (1994) ทำการทดลองเลี้ยงปลาแอตแลนติกแซลมอน (Atlantic salmon, *Salmo salar*) ด้วยอาหาร 3 สูตร ที่มีแหล่งโปรตีนต่างกัน เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้อาหารและการเจริญเติบโต โดยอาหารสูตรที่ 1 มีปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีน สูตรที่ 2 ใช้ปลาป่นและถั่วเหลืองในอัตราส่วนที่เท่ากัน และสูตรที่ 3 ใช้ปลาป่นและถั่วเหลืองผสมเอนไซม์ โดยเอนไซม์ประกอบไปด้วย ทริปซิน, อัลคาร์ไรด์โปรติเอส, เอซิดโปรติเอส, อะไมโลกลูโคซิเดส, อะไมเลสที่สกัดจากมอลต์, อะไมเลสที่สกัดมาจากแบคทีเรีย และเซลลูเลส ผลการทดลองพบว่าปลาที่ได้รับสูตรอาหารทดลองที่ 3 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นสูงสุด และ

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำสุด สรุปได้ว่าเอนไซม์มีผลต่อการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ เช่นเดียวกับการทดลองของ Boonyaratpalin และ Phromkunthong (2000) ซึ่งทำการหมักกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันด้วย โรโนไซม์ วีพี และนำไปผสมกับวัตถุดิบชนิดอื่นก่อนนำมาอัดเม็ด

2.3 ปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมัน มีชื่อสามัญว่า Oilpalm ชื่อวิทยาศาสตร์ *Elaeis guineensis Jacq* อยู่ในวงศ์ Tribe Coconeas และมีชื่อทั่วไปว่า African oil palm ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่สำคัญชนิดหนึ่ง ซึ่งผลิตออกมาได้น้ำมันสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมได้หลากหลายประเภท นอกจากจะได้น้ำมันแล้วยังมีผลพลอยได้จากปาล์มน้ำมันอีกด้วย ปาล์มน้ำมัน เหมาะสมกับภาพอากาศร้อนชื้น จัดอยู่บริเวณใกล้เคียงกับเส้นศูนย์สูตร ดังนั้นปาล์มน้ำมันจึงเจริญเติบโตได้ดีในภาคใต้ของประเทศไทย (ธีระพันธ์ และคณะ, 2552; จารุรัตน์, 2553)

2.3.1 ชนิดของกากปาล์มน้ำมัน

กากเนื้อเมล็ดในปาล์ม (Palm kernel) เป็นส่วนที่แยกเอาเปลือกและกะลาออกแล้วมีประมาณ 4 – 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีวิธีการสกัดน้ำมันออก 2 วิธี คือ 1) วิธีหีบน้ำมัน (Expeller pressed type) ทำได้โดยการใช้สกูรเป็นเกลียวบีบให้น้ำมันออก วิธีนี้จะยังมีน้ำมันเหลืออยู่มากประมาณ 5 - 10 เปอร์เซ็นต์ และวิธีที่ 2) เป็นวิธีใช้สารเคมีสกัดน้ำมัน (Solvent extracted type) โดยการใช้สารเฮกเซน (Hexane) วิธีนี้จะทำให้กากที่ได้มีน้ำมันเหลืออยู่น้อยประมาณ 1 - 3 เปอร์เซ็นต์ และจะมีคุณภาพดีกว่าวิธีหีบน้ำมัน กากที่ได้จากการสกัดน้ำมันทั้ง 2 วิธี เรียกว่ากากเนื้อเมล็ดในปาล์ม (Palm Kernel Meal, PKM) (Cacot, 1988; Carter et al., 1994) ปาล์มน้ำมันเป็นพืชสำหรับหีบเอาน้ำมันปาล์ม และจะได้กากปาล์มน้ำมันเป็นผลพลอยได้ในขบวนการผลิต (เวียง , 2543) จะมีผลพลอยได้ 5 ชนิด (ภาพที่ 5) คือ

1. กากเยื่อใยปาล์ม (Palm press fiber, PPF) เป็นส่วนเปลือกของผลปาล์มที่หีบน้ำมันออกแล้วมีประมาณร้อยละ 12 ของปาล์มทั้งทะลาย ส่วนใหญ่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงของโรงงาน

2. กากเมล็ดปาล์ม (Oil palm press seed meal, PSM) เป็นกากปาล์มที่ใช้เมล็ดโดยไม่แยกกะลาออก โดยทั่วไปเรียกว่า กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม (Palm kernel cake, PKC) หรือกากเนื้อเมล็ดในปาล์มที่ไม่กะเทาะเปลือก และเป็นกากปาล์มที่มีการผลิตและมีการใช้เป็นอาหารสัตว์มาก กากปาล์มชนิดนี้มีส่วนประกอบของกะลาเนื้อมากและเห็นได้ชัด พบส่วนของเส้นใยปริมาณไม่มากนัก

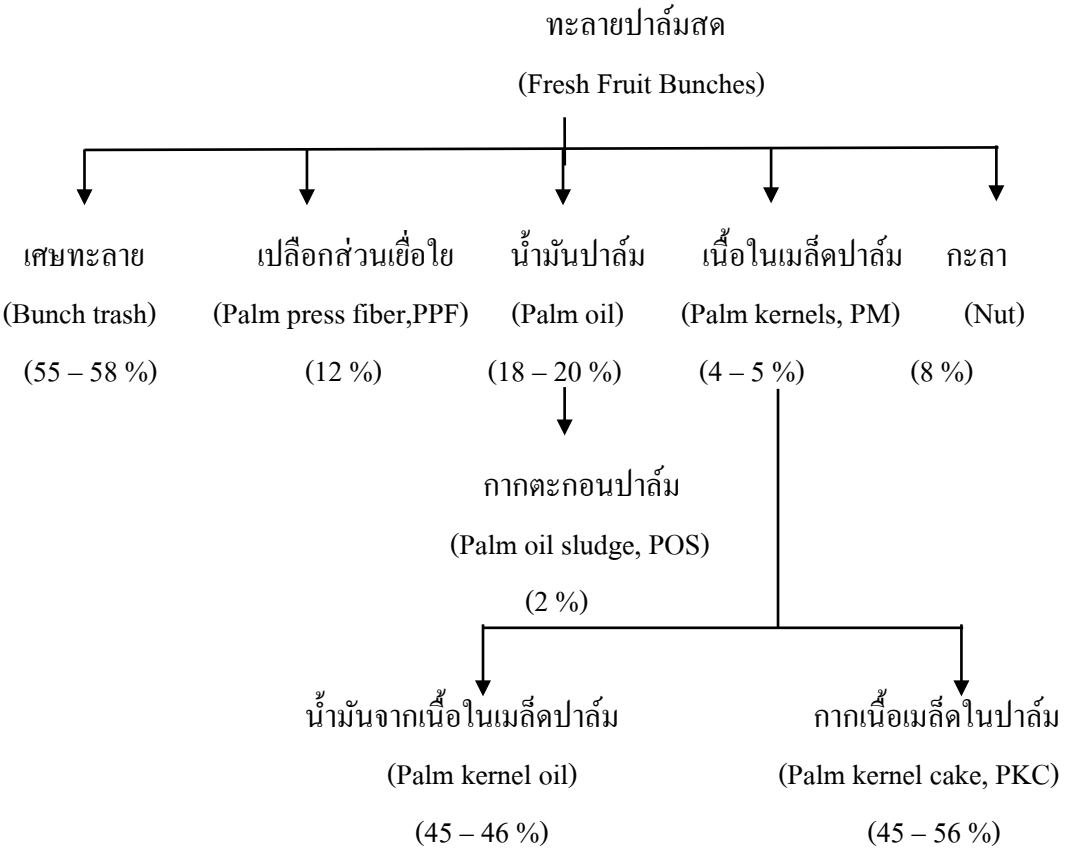
3. กากเนื้อเมล็ดในปาล์ม (Palm kernel meal, PKM) เป็นกากปาล์มที่เอาเฉพาะเนื้อในมาผ่านขบวนการสกัดน้ำมัน เป็นกากปาล์มน้ำมันที่ได้จากโรงงานผลิตน้ำมันพืชที่มีขนาดใหญ่มีขบวนการผลิตแยกส่วนซึ่ง มีความแตกต่างทางกายภาพกับกากปาล์มชนิดอื่นอย่างชัดเจน และประกอบด้วยส่วนของเนื้อเป็นส่วนมาก ชิ้นส่วนของกะลาปาล์มพบว่ามีปะปนเพียงเล็กน้อย

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4. กากผลปาล์มน้ำมัน (Oil palm meal, PM) ประกอบด้วยเปลือกนอก (Husk) กะลา (Nut shell) และเนื้อในของเมล็ด (Palm kernel) (จิตรา, 2551) โดยมากกากปาล์มชนิดนี้จะได้จากโรงงานที่มีขบวนการผลิตแบบใช้เครื่องบีบน้ำมัน (expeller) และพบว่าเป็นกากปาล์มที่มีปริมาณการผลิตในท้องตลาดจำนวนมาก กากปาล์มชนิดนี้มีเยื่อใยและกะลามาก โดยเฉพาะส่วนเยื่อใยมีมากกว่ากากปาล์มชนิดอื่น ๆ

5. กากน้ำมันปาล์ม (Palm oil sludge, POS) ปริมาณของกากปาล์มชนิดนี้มีปริมาณน้อย ทั้งนี้เนื่องจากเป็นส่วนที่ได้จากการกรองน้ำมัน ลักษณะทางกายภาพแตกต่างกับกากปาล์มชนิดอื่น และประกอบด้วยส่วนของกะลา เส้นใยและเนื้อ แต่ค่อนข้างเป็นชิ้นละเอียด ยกเว้นสำหรับโรงงานที่นำมาผสมกากพืช เพื่อช่วยให้สามารถอัดน้ำมันที่เหลืออยู่ในตะกอนน้ำมันออกได้อีก แต่จะมีการนำกากปาล์มนี้ไปผสมรวมกับกากปาล์มน้ำมัน

กากปาล์มที่ใช้ในการเลี้ยงสัตว์ควรจะเป็นชนิดกะเทาะเปลือกซึ่งมีโปรตีนประมาณ 14 – 16 เปอร์เซ็นต์ และยังมีไขมันเหลืออยู่ประมาณ 10 – 15 เปอร์เซ็นต์ และมีกากหรือเยื่อใย 14 – 15 เปอร์เซ็นต์ สามารถใช้ในอาหารสุกรและไก่ได้ถึง 30เปอร์เซ็นต์ของสูตรอาหาร แต่ที่เหมาะสมในการใช้คือระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ เพราะใช้มากจะทำให้เนื้อของอาหารมีลักษณะฟ่าม สัตว์จะกินอาหารได้น้อยลง (รัตนสุดา, 2552)



ภาพที่ 5 แสดงสัดส่วนและผลพลอยได้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม
ที่มา : Lim *et al.* (1988)

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

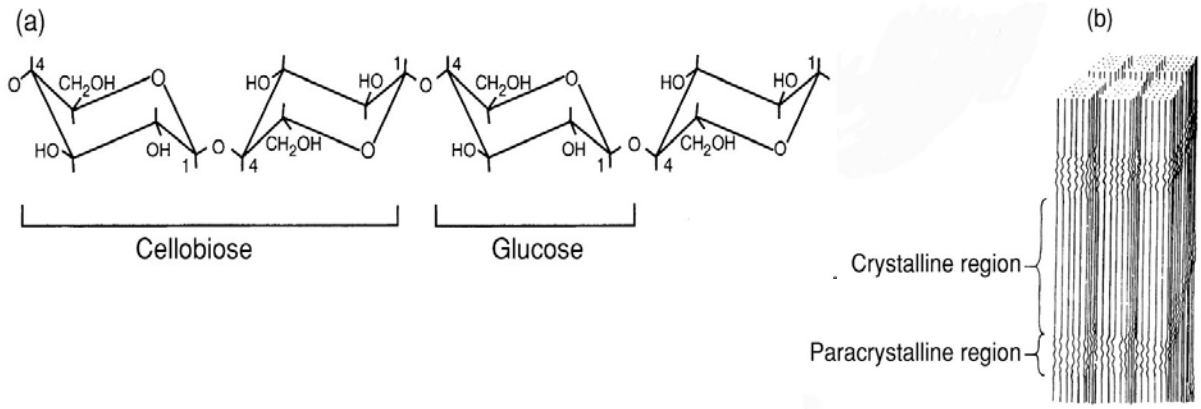
2.3.2. ข้อจำกัดในการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน

กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันประกอบด้วยส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่ายได้แก่แป้งและน้ำตาล (mono-, disaccharide) นอกจากนี้ยังมีส่วนของเยื่อใยคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่แป้ง (non-starch carbohydrate, NSC) หรือเยื่อใย ได้แก่ Non-starch polysaccharide (NSP) และ Oligosaccharide อื่นๆ ซึ่งในสัตว์ปีกไม่มีเอนไซม์ในการย่อยเยื่อใยเหล่านี้ (Buhlier *et al*, 1998) และใน PKM มีส่วนประกอบที่เป็นเยื่อใยอยู่สูงประมาณ 41-46 เปอร์เซ็นต์ (ศยามล และคณะ, 2548) ทำให้ไม่สามารถใช้ในสูตรอาหารสัตว์ปีกในระดับสูงได้ เพราะจะทำให้อาหารมีลักษณะฟ่าม ทำให้อัตราการกินได้ของสัตว์ลดลง และมีการย่อยได้ต่ำมากหรืออาจย่อยไม่ได้เลย ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของสัตว์ (Buhlier *et al*, 1998, Lim *et al.* (1988))

ส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่แป้งนี้ไม่สามารถถูกย่อยด้วยเอนไซม์ในสัตว์กระเพาะเดี่ยว แต่จุลินทรีย์ในไส้ติ่งและลำไส้ใหญ่ของสุกรสามารถย่อยให้เป็นกรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acids, VFA) และดูดซึมไปใช้เป็นพลังงานได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ของพลังงานที่กินเข้าไป แต่ในไก่การย่อยโดยจุลินทรีย์และการนำไปใช้ประโยชน์มีน้อยเพียง 2-3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งความสามารถในการย่อยได้ของ NSC ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ชนิดของตัวสัตว์ โครงสร้างทางเคมีของ NSC ความสามารถในการละลายน้ำ และปริมาณของ NSC ในอาหาร (Lim *et al.* (1988)) NSC แบ่งออกเป็น 2 ชนิดได้แก่

1. พอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ประกอบด้วยน้ำตาลหลายชนิดนอกเหนือจากกลูโคส จับกันด้วยพันธะ β-1,3 และ β-1,4 glycosidic โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ 1) เซลลูโลส (cellulose) ไม่ละลายในน้ำ ในด่าง หรือ กรดอ่อน (ภาพที่ 6) 2) พอลิเมอร์ที่ไม่ใช่เซลลูโลส (non-cellulosic polymers) ละลายน้ำได้บ้าง เช่น arabinoxylan, β-glucans, mannans, galactans, xyloglucan และ fructans และ 3) เพคติน (pectin polysaccharide) ละลายน้ำได้ ประกอบด้วย กัม (gum) และเพคติน (pectin) ซึ่งเป็นยางเหนียวหนืดและหมักย่อยอย่างรวดเร็วในลำไส้ใหญ่ส่วนต้น (Mireille *et al*., 2000; Lim *et al.* (1988) ; สุดารัตน์, 2540) จากการที่ NSP มีสูตรโครงสร้างและการละลายหลากหลาย ด้วยเหตุนี้เอนไซม์ในสัตว์กระเพาะเดี่ยวจึงไม่สามารถย่อยสลาย NPS ได้ นอกจากนี้ NPS ที่ละลายน้ำ จะมีคุณสมบัติอุ้มน้ำ พองตัวเป็นสารคล้ายวุ้นไปห่อหุ้มสารอาหารชนิดอื่น ทำให้เพิ่มความหนืดของสิ่งย่อยและเคลื่อนตัวอย่างช้าๆ ในทางเดินอาหาร ซึ่งเป็นอุปสรรคในการเข้าย่อยของเอนไซม์จากสัตว์ NPS จึงเป็นสารยับยั้งการใช้ประโยชน์ของโภชนะอื่น (anti-nutrients)โดยเฉพาะไขมัน เนื่องจาก NSP ไปห่อหุ้มเกลือน้ำดี ไขมันและโคเลสเตอรอล ทำให้มีการเร่งการสร้างเกลือน้ำดีจากโคเลสเตอรอลที่ตับ และถูกขับออกทางมูล จึงมีผลกระทบต่อการย่อยและดูดซึมของกรดไขมันและโคเลสเตอรอลในทางเดินอาหาร ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในสัตว์ ทำให้สัตว์มีการเจริญเติบโตและสมรรถภาพการผลิตลดลง (Mireille *et al*., 2000; Lim *et al.* (1988) ; สุดารัตน์, 2540)

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ภาพที่ 6 โครงสร้างของเซลลูโลส (a) โครงสร้างของ cellobiose และ glucose (b)โครงสร้างของ cellulose microfibrils ประกอบด้วย Crystalline region และ Paracrystalline region

ที่มา: Buhlier *et al.* (1998)

2. โอลิโกแซ็กคาไรด์ (oligosaccharide) เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ประกอบด้วย monosaccharide 2-15 หน่วยต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก เช่น ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ (fructo-oligosaccharide, FOS) กาแลกโตโอลิโกแซคคาไรด์ (galacto-oligosaccharide, GOS) หรือ แมนโนโอลิโกแซคคาไรด์ (manno-oligosaccharide, MOS) (สุดาพร, 2554) สุกรสามารถย่อยโอลิโกแซ็กคาไรด์ในลำไส้เล็กเพียง 40-50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนไก่ย่อยได้ 50-60 เปอร์เซ็นต์ และที่เหลือจะถูกย่อยต่อในลำไส้ใหญ่และไส้ติ่ง ซึ่งคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยไม่ได้ใน ลำไส้เล็ก จะส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์เช่น แลคโตแบซิลัส (*Lactobacillus spp.*) และไบฟีโดแบคทีเรียม (*Bifidobacterium spp.*) แต่ขัดขวางการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีโทษ เช่น อีโคไล (*E.* coli) คลอสตริเดียม (*clostridium*) และโคลิฟอร์ม (*Coliforms*) เป็นต้น มีผลกระตุ้นภูมิคุ้มกันของสัตว์ (Buhlier *et al.*, 1998) ทำให้สัตว์มีสุขภาพและสมรรถภาพการผลิตดีขึ้น ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากโอลิโกแซ็กคาไรด์และคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยไม่ได้นี้ ถูกหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ เกิดเป็นกรดไขมันระเหยได้และกรดไขมันสายสั้น (short chain fatty acids, SCFA) เช่น กรดอะซิติก กรดบิวทีริก และกรดโพรพิโอนิก กรดแลคติก และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งผลผลิตที่ได้สามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานในกระบวนการเมตาบอลิสม เพื่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย และใช้คาร์บอนอะตอมที่ได้จากการหมักย่อยคาร์โบไฮเดรตเป็นโครงคาร์บอน (C-skeletal) ในการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ (สุดาพร, 2554) ซึ่งกรดไขมันเหล่านี้จะทำให้ pH ในลำไส้ลดลง ไม่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีโทษ แต่ส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ (ศิรานีและธีระชัย, 2548)

เนื่องจาก NSP มีสูตรโครงสร้างและการละลายหลากหลาย เอนไซม์ในสัตว์กระเพาะเดี่ยวจึงไม่สามารถย่อยสลาย NPS ได้ ดังนั้นในการใช้ประโยชน์วัตถุดิบที่มีเยื่อใยสูงจะต้องอาศัยเอนไซม์ที่จำเพาะในการย่อยโครงสร้างต่างๆเหล่านี้ (Kaushik, 2001; Lovell, 1998; McDonald and Greenhalgh, 1981;

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Nelson., 2008) โดยเอนไซม์สามารถย่อยองค์ประกอบของเยื่อใยทั้งเซลลูโลสและ เฮมิเซลลูโลสได้ออกมาเป็นน้ำตาล ดังนั้นเอนไซม์จึงเป็นสิ่งสำคัญในการย่อยองค์ประกอบของโครงสร้างเยื่อใย (Lovell, 1998)

2.3.3. คุณค่าทางอาหารของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน

Hung (2002) รายงานว่า PKM ที่ผ่านกรรมวิธีการสกัดแตกต่างกันจะมีเปอร์เซ็นต์ของส่วนประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน โดยการสกัดด้วยสารเคมี (Solvent extracted type) จะมีเปอร์เซ็นต์ไขมันที่ได้ต่ำกว่าวิธีการหีบน้ำมัน (Expeller pressed type) ดังนั้น PKM ที่ได้มาจากวิธีการสกัดด้วยสารเคมีจึงมีคุณภาพดีกว่าวิธีการหีบน้ำมัน ซึ่งสอดคล้องกับ อรรณนพ (2548); Cacot (1999); Yang *et al* .(2002); Tyson (2003) และ Tuan (1999) พบว่าการสกัดPKM ด้วยสารเคมี มีเปอร์เซ็นต์ไขมันต่ำกว่าวิธีการหีบน้ำมัน ปริมาณไขมันของ PKM ที่เหลือจากวิธีการสกัดด้วยสารเคมี มีค่าประมาณอยู่ในช่วง 0.5 - 3 เปอร์เซ็นต์ ส่วนไขมันเหลือจากวิธีการหีบน้ำมันอยู่ในช่วงประมาณ 4 – 9 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันได้จากวิธีการสกัดน้ำมันจากเมล็ดปาล์มน้ำมันด้วยการใช้สารเคมีกับการสกัดด้วยวิธีการหีบน้ำมัน

	แหล่งที่มาของข้อมูล				
วิธีการสกัดน้ำมัน	อรรณนพ (2548)	Cacot (1999)	Yang *et al.* (2002)	Tyson (2003)	Tuan (1999)
สกัดด้วยสารเคมี	0.73	0.50-3.00	1.00-2.00	0.50-3.00	0.95
สกัดด้วยการหีบน้ำมัน	9.12	5.00-12.00	4.00-8.00	5.00-12.00	7.83

แต่อย่างไรก็ตาม PKM จัดเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีคุณค่าทางอาหารสูง และยังไม่พบสารพิษ Aflatoxin ใน PKM (Roberts and Vidthayanon, 1991) PKM ที่ได้จากการสกัดน้ำมันด้วยวิธีการหีบน้ำมัน มีเปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง (Dry matter, DM) 88 – 94 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนหยาบ (Crude protein, CP) 14.50 – 19.60 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยหยาบ (Crude fiber, CF) 13 – 20 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน (Ether extract, EE) 5 – 8 เปอร์เซ็นต์ เถ้า (Ash) 3 – 12 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนฟรีแอกแทรกซ์ (NFE) 46.70 – 58.80 เปอร์เซ็นต์ และ Neutral detergent fiber (NDF) 66.80 - 78.90 เปอร์เซ็นต์ (Alimon, 2004) ซึ่งผลการวิเคราะห์สอดคล้องและใกล้เคียงกับผลการทดลองของ (Kaushik, 2001; Lovell, 1998; McDonald and Greenhalgh, 1981; Nelson., 2008) ดังตารางที่ 2

นอกจากนี้ Cacot (1999); รายงานว่า PKM ที่ได้จากวิธีการสกัดด้วยการใช้สารเคมีมีเปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง โปรตีนหยาบ เยื่อใยหยาบ ไขมัน เถ้า ไนโตรเจนฟรีแอกแทรกซ์ (NFE) และ Neutral detergent fiber (NDF) มีค่าเท่ากับ 89.00, 15.30, 14.30, 2.90, 4.10, 63.40 และ 66.70 เปอร์เซ็นต์

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตามลำดับ ซึ่งมีผลสอดคล้องกับ Tyson (2003) และ Tuan (1999) ที่มีคุณค่าอาหารใกล้เคียงกัน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบทางเคมีของ PKM ด้วยวิธีการสกัดน้ำมันโดยการหีบน้ำมันและการใช้สารเคมี

แหล่งที่มาของข้อมูล	ส่วนประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์)					
	วัตถุแห้ง	โปรตีนหยาบ	เยื่อใยหยาบ	ไขมัน	เถ้า	ไนโตรเจนฟรีแอกแทรกซ์
การสกัดน้ำมันโดยการหีบน้ำมัน						
จินดา (2548)	-	14.46	26.29	9.21	4.53	45.51
Perez *et al.* (2000)	91.40	9.70	24.90	12.10	2.90	-
Chin (2001)	92.70	14.60	12.10	9.10	4.30	59.90
	93.00	14.80	15.70	9.80	4.20	55.50
	89.10	16.00	16.80	10.60	4.10	52.50
Alimon (2004)	88 - 94.5	14.5 - 19.6	13 - 20	5 - 8	3 - 12	46.7 - 58.8
Sue (2004)	91.00	14.00	23.00	8.00	6.00	-
Wing Keong (2004)	-	16.86	15.12	6.82	6.58	54.62
Dairo and Fasuyi (2008)	91.80	20.40	15.47	8.63	7.56	49.00
Sekoni *et al.* (2008)	94.00	14 – 21	21– 23	-	6.00	-
การสกัดน้ำมันโดยการใช้สารเคมี						
จินดา (2548)	-	16.15	16.03	0.73	7.91	59.91
Chin (2001)	89.00	15.30	14.30	2.90	4.10	63.40
	91.00	15.20	16.00	1.80	3.80	63.20
	91.00	15.00	15.60	0.90	3.50	65.00
Zahari *et al.* (2003)	-	17.20	17.10	1.50	4.30	-

หมายเหตุ : - ไม่มีข้อมูล

Slominski *et al.* (2006) รายงานผลการเสริมเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 340 ยูนิตต่อกรัม ลงในเมล็ดลินิน (flax seed) สามารถย่อย NSP ในเมล็ดลินินได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสังเกตจากค่าของน้ำตาลชนิดต่าง ๆ และค่า NSP ที่ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เสริมเอนไซม์ โดยปริมาณ NSP ลดลง 22.07 เปอร์เซ็นต์ และสอดคล้องกับการทดลองของ Meng *et al.* (2005) พบว่า

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การเสริมเอนไซม์เซลลูเลส ที่ระดับ 340 ยูนิตต่อกรัม สามารถย่อย NSP ของเมล็ดข้าวสาลี เมล็ดคาโนล่า กากถั่วเหลือง และถั่วลิสง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งดูจากค่าของน้ำตาลชนิดต่าง ๆ และค่า NSP ของเมล็ดธัญพืชที่ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เสริมเอนไซม์ โดยปริมาณ NSP ของเมล็ดข้าวสาลีลดลง 34.66 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดคาโนล่าลดลง 11.76 เปอร์เซ็นต์ และถั่วลิสงลดลง 10.43 เปอร์เซ็นต์ สาเหตุในการปลดปล่อยน้ำตาล เกิดจากการที่เอนไซม์เข้าไปทำหน้าที่ในการย่อย NSP หรือเรียกอีกอย่างว่าเยื่อใย ทำให้โครงสร้างของเยื่อใยเกิดการสลายตัวจึงปลดปล่อยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวออกมา คือน้ำตาลกลูโคส (Malathi and Devegowda, 2001)

2.3.4. การใช้เอนไซม์และกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหารสัตว์

ในสัตว์กระเพาะเดี่ยวนั้นไม่สามารถย่อยอาหารเยื่อใยได้ โดยอาศัยน้ำย่อยอาหารของสัตว์ได้เอง ดั้งนั้น จึงมีการเสริมเอนไซม์เพื่อช่วยในการย่อยอาหารเยื่อใย เนื่องจากอาหารเยื่อใยสูงมีผลในการยับยั้งการดูดซึมของกรดเกลือและน้ำดีในระบบย่อยอาหาร (นิวัติ, 2531) ซึ่งโดยทั่วไปในไก่เนื้อสามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันได้ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารโดยไม่มีผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิต (Sandu *et al.,* 2006(a))จากรายงานการศึกษาของ Sundu and Dingle (2003) พบว่าการเสริมเอนไซม์ทำให้คุณค่าทางโภชนะของ PKM ดีขึ้น คือควรเสริมเอนไซม์รวม แมนเนส แอลฟา-กาแลกทูซิเดส และเซลลูเลส เพื่อมาย่อย แมนแนน เซลลูโลส และสายของกาแลกทูซิดิก ของ PKM เพราะใน PKM มีทั้งเซลลูโลสและแมนแนนที่เกาะกันอยู่ ดังนั้นถ้าเสริมเอนไซม์เซลลูเลสเพียงตัวเดียวจะสามารถย่อยสลายโครงสร้างของเซลลูโลสได้ แต่ไม่สามารถย่อยสลายโครงสร้างของแมนแนนได้ จึงแนะนำให้ใช้เอนไซม์รวมในการย่อย PKM พบว่าเมื่อเสริมเอนไซม์รวมสามารถเพิ่มการย่อยได้ของ PKM จาก 46 - 54 เปอร์เซ็นต์ เป็น 54 - 67 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการเสริมเอนไซม์เซลลูเลสเพียงตัวเดียว สอดคล้องกับการทดลองของ Bothell (2001) และ Boateng *et al.* (2008) รายงานว่าควรมีการเสริมเอนไซม์แมนเนสลงใน PKM เพื่อย่อยแมนแนน (mannan) เพื่อเพิ่มการใช้ประโยชน์ของ PKM ในสัตว์กระเพาะเดี่ยว โดย Bothell (2001) พบว่าเมื่อเสริมเอนไซม์แมนเนสลงใน PKM มีผลทำให้ NDF (ผนังเซลล์) ลดลง 73.72 เปอร์เซ็นต์ ADF (ลิกโนเซลลูโลส คือ ลิกนินรวมกับเซลลูโลส) ลดลง มากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ และเฮมิเซลลูโลส มีค่าลดลง 19.66 เปอร์เซ็นต์ และ Sae - Lee (2007) รายงานผลการเสริมเอนไซม์ แมนเนส เซลลูเลส และไซแลนเนส หมักใน PKM พบว่าเอนไซม์ทั้งสามตัวนี้สามารถลดระดับของ NSP ได้ โดยสังเกตจากการลดลงของแมนแนน ที่เป็นส่วนประกอบหลักของ NSP ใน PKM ถึง 78 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการเสริมเอนไซม์ในอาหารสัตว์ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยได้โดย

นอกจากนี้ยังมีการทดลองของ Sundu *et al.* (2006(b)) พบว่าการเพิ่มระดับการใช้กากเนื้อมะพร้าว (0 10 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์)ที่สูงขึ้นในสูตรอาหารไก่กระทง มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กิน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร การย่อยได้ของวัตถุแห้ง การย่อยได้ของโภชนะ และพลังงานการใช้

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประโยชน์ได้ ยิ่งลดลง ($P<0.05$) และการเสริมเอนไซม์ทางการค้า ทั้ง 3 ชนิด คือ Hemicell, Allzyme SSF และ เอนไซม์รวม (Hemicell + Allzyme SSF +Gamanase) ในระดับ 0.2 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร การย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน และพลังงานการใช้ประโยชน์ได้ ของทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ดีกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่มีการเสริมเอนไซม์ ($P<0.05$) ซึ่งผลการทดลองขัดแย้งกับการทดลองของ Sandu *et al.*(2006) รายงานผลการศึกษาการเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยรวมทางการค้า (Roxazyme G) และเอนไซม์เซลลูเลสผสมเอนไซม์ไซลาเนส ในสูตรอาหารที่มีส่วนประกอบของถั่วอัลฟัลฟา 20 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการเสริมเอนไซม์ไม่มีผลในการปรับปรุงอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร($P>0.05$) ในไก่เนื้อระยะอายุ 35 -60 วัน และ Lyayi and Davies (2005) ได้ศึกษาการเสริมเอนไซม์ทางการค้าชื่อ Avizyme® ซึ่งประกอบด้วยเอนไซม์ไซลาเนส (xylanase) โปรติเอส (protease) และ อะไมเลส (amylase) ในสูตรอาหารไก่เนื้อที่มีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 30 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับอาหารสูตรควบคุม ผลการทดลองรายงานว่า ในช่วงระยะเริ่มต้น อายุ 0 – 4 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับอาหารสูตรกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเสริมเอนไซม์ Avizyme มีปริมาณอาหารที่กินไม่แตกต่างกันกับไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม ($P>0.05$) เมื่อถึงระยะสิ้นสุด (ระยะอายุ 5-8สัปดาห์) พบว่า ไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 30 เปอร์เซ็นต์ เสริมเอนไซม์ Avizyme มีปริมาณอาหารที่กินสูงกว่าไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนอัตราการแลกเนื้อ และประสิทธิภาพการใช้อาหารของไก่กลุ่มที่ได้รับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 30 เปอร์เซ็นต์ เสริมเอนไซม์ Avizyme กับไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาการใช้ประโยชน์กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ในอาหารปลาโมง ได้ดำเนินการทดลอง และศึกษาวิจัย ดังต่อไปนี้

3.1. อุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1. อุปกรณ์/ วัสดุ

1. สัตว์ทดลอง ปลาโมง (*Pangasius bocourti*) ขนาด 2 นิ้ว นำมาจากสถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด จังหวัดพะเยา จำนวน 1,000 ตัว

2. วัตถุดิบอาหารปลา ได้แก่ ข้าวโพดป่น, มันเส้น, กากถั่วเหลือง, ปลาป่น, กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน, Dicalcium phosphate, พรีมิกซ์, น้ำมันปาล์ม, Novozyme VP (1.2 g/kg)

3.1.2. อุปกรณ์/เครื่องมือ

1. อุปกรณ์การเลี้ยง
   - กระชังปลาชั้นนอก 2 x 2 x 1.5 เมตร
   - กระชังปลาชั้นใน 1.5 x 1.5 x 1.0 เมตร
   - กะละมัง และ สวิงตักปลา
2. อุปกรณ์ในการเตรียมอาหาร
   - เครื่องอัดเม็ดอาหารจมแบบมินเซอร์ (Mincer)
   - เครื่องชั่งน้ำหนัก 12 กิโลกรัม
   - เครื่องบดวัตถุดิบอาหาร (Harmers mill)
   - เครื่องชั่งไฟฟ้าจุดทศนิยม 3 ตำแหน่ง
   - ตู้อบอาหาร ถาดใส่อาหารสำหรับอบ และตะแกรงติดมุ้งฟ้าสำหรับผึ่งอาหารกลางแจ้ง
   - กะละมัง โหลใส่อาหาร และช้อนตักวัตถุดิบ
3. อุปกรณ์ตรวจวัดการเจริญเติบโต
   - เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 3 ตำแหน่ง
   - ไม้บรรทัด กะละมัง และสวิงตักปลา
4. เครื่องมือในห้องปฏิบัติการ
   - ชุดเครื่องมือผ่าตัดปลา

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

- เครื่องชั่งแบบจุดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Analytical balance)
- เครื่องมือวิเคราะห์โปรตีนในอาหาร
- เครื่องมือวิเคราะห์ความชื้น (Moisture)
- เครื่องมือวิเคราะห์เถ้า (Ash)
- เครื่องมือวิเคราะห์ไขมัน (% Fat)
- เครื่องมือวิเคราะห์ค่าพลังงานรวมในอาหาร (Bomb calorimeter)
- เครื่องวิเคราะห์หาปริมาณเยื่อใย
- ตู้อบความร้อน (Drying oven)
- เตาเผาความร้อนสูง (Muffle furnace)
- Crucible ที่มีขนาด filter ประมาณ 40 – 90 microns

5. เครื่องมือการตรวจวัดคุณภาพน้ำ
   - เครื่องมือตรวจสอบคุณภาพน้ำ เช่น pH miter ตรวจวัดค่า pH, อุณหภูมิ, ความขุ่น และการนำไฟฟ้า

3.1.3. สารเคมี

1. กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) เข้มข้น 1.25 %
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น 1.25 %
3. Antifoam agents (n - Otanal)
4. Acetone
5. Acetic acid
6. Sodium acetate
7. ยาปฏิชีวนะ Ketoconazole และ Amoxicillin
8. เอนไซม์เซลลูเลส

3.2. วิธีการศึกษาวิจัย

3.2.1. แผนการทดลอง

การศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลาโมงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยในระดับที่ต่างกัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์(Completely Randomized Design; CRD) แบ่งออกเป็น 5 ชุดการทดลอง (treatments) ตามสูตรอาหารทดลอง (ตารางที่ 3) ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ (replications) รวม 15 หน่วยการทดลอง (experimental units) กำหนดให้

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชุดการทดลองที่ 1 อาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ 0%
ชุดการทดลองที่ 2 อาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ 10%
ชุดการทดลองที่ 3 อาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ 20%
ชุดการทดลองที่ 4 อาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ 30%
ชุดการทดลองที่ 5 อาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ 40%

ตารางที่ 3 สูตรอาหารที่ใช้ในการทดลอง

วัตถุดิบอาหารสัตว์	T_1 0%	T_2 10%	T_3 20%	T_4 30%	T_5 40%
ข้าวโพด	0.90	0.68	0.50	0.20	0.10
มันสำปะหลัง	1.23	0.94	0.61	0.54	0.24
กากถั่วเหลือง	1.16	1.08	1.00	0.59	0.30
ปลาป่น	1.56	1.54	1.51	1.73	1.84
กากปาล์ม	0.00	0.50	1.00	1.50	2.00
Dicalcium phosphate	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
พรีมิกซ์ *	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
น้ำมันปาล์ม	0.05	0.17	0.28	0.34	0.42
Ronozyme VP (1.2 g/kg palm) (g)	0.00	0.60	1.20	1.80	2.40
รวม (kg)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
คุณค่าทางโภชนะ (คำนวณ)					
โปรตีนรวม (ร้อยละ)	32.00	32.00	32.01	32.00	32.00
พลังงานรวม (kcal/kg.)	3000.54	3000.64	3000.83	3000.55	2999.04

* ส่วนประกอบต่ออาหาร 100 กิโลกรัม: vitamin A 1,500,000 IU; vitamin D_3 300,000 IU; vitamin E 2,500 IU ; vitamin K_3 50 g; vitamin B_1 0.25 g; vitamin B_2 0.7 g; vitamin B_6 0.45 g; vitamin B_{12} 2.5 mg; pantothenic acid 3.5 g; nicotinic acid 3.5 g; choline chloride 25 g; biotin 2.5 mg; Cu 0.16 g; folic acid 50 mg; Mn 6 g; Se 15 mg; Fe 8 g; I 40 mg และ Zn 4.5g.

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.2.2. การเตรียมการทดลอง

1. การเตรียมอุปกรณ์การทดลอง

กระชังที่ใช้ ขนาด 2 x 2 x 1.5 เมตร เป็นกระชังตาใหญ่สำหรับกันปลาขนาดใหญ่ชนิดอื่นเข้ามารบกวน และมีกระชังขนาด 1.5 x 1.5 x 1.2 เมตร ที่ทำด้วยตาข่ายมุ้งฟ้ามาครอบสวมทับอีกชั้นหนึ่ง จำนวน 15 กระชัง ที่มีระดับน้ำลึก 1.4 เมตร

2. การเตรียมปลาทดลอง

นำปลาโมงจำนวน 1,000 ตัว มาเลี้ยงในกระชังขนาด 2.5 x 2.5 x 1.2 เมตร สำหรับพักปลาเป็นเวลา 3 สัปดาห์ (ในระหว่างการเตรียมอุปกรณ์) ให้ลูกปลาได้ปรับตัวกับสภาพแวดล้อม และให้กินอาหารปลาดุกเม็ดจมขนาดเล็ก วันละ 2 ครั้ง คือเวลา 08.00 น. และ 17.00 น. และให้อาหารกุ้งเม็ดเล็ก เพื่อฝึกให้ปลากินอาหารเม็ดจมก่อนเริ่มการทดลอง 3 วัน (ศิราณี และธีระชัย, 2548)

<u>ขั้นตอนการทำอาหาร</u> (เวียง, 2543)

2.1. นำวัตถุดิบต่างๆ มาบดให้ละเอียด

2.2. ชั่งวัตถุดิบตามสูตรที่ได้จากการคำนวณ

2.3. นำวัตถุดิบที่มีปริมาณมากเทใส่กะละมัง ตามด้วยวัตถุดิบปริมาณน้อยตามลำดับ จากนั้นผสมให้เข้ากัน

2.4. แล้วปรับความชื้น 1.75 กิโลกรัม และ 2.00 กิโลกรัม โดยใส่น้ำลงในวัตถุดิบที่ผสมเข้ากันดีแล้ว แล้วคลุกเคล้าให้เข้ากัน

2.5. นำไปบดด้วยเครื่องบดอาหารเม็ดจมแบบมินเซอร์ (Mincer)

2.6. นำอาหารที่ผ่านการบดเข้าเครื่องอบอาหาร หรือนำไปผึ่งแดดให้แห้งโดยใช้เวลาประมาณ 2 วัน

2.7. บรรจุใส่ถุง ปิดปากถุงให้สนิท เก็บไว้ในที่แห้งและไม่โดนแสง

3. การทดลอง

3.1. ทำการทดลองในบ่อดินขนาด 1 ไร่

3.2. นำกระชังขนาด 1.5 x 1.5 x 1.2 เมตร สวมครอบกระชังตาใหญ่ภายในแพโครงเหล็ก แล้วทำให้ก้นกระชังจมน้ำ

3.3. คัดปลาโมงจำนวน 300 ตัว มาเลี้ยงในกระชังขนาด 1.5 x 1.5 x 1.2 เมตร จำนวน 15 ใบ เป็นเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อให้ลูกปลาได้ปรับตัวกับสภาพแวดล้อมพร้อมทั้งฝึกให้กินอาหารเม็ดจม ตามสูตรอาหารที่ 1-5 ในชุดการทดลอง (Treatments) วันละ 2 ครั้ง คือเวลา 08.00 น. และ 17.00 น. โดย

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เริ่มต้นจากการชั่งน้ำหนักปลาเฉลี่ย 80-81 กรัม ให้ได้จำนวน 20 ตัว/กระชัง พร้อมทั้งสุ่มวัดขนาดไซด์ปลาแล้วนำไปปล่อยในแต่ละหน่วยการทดลอง (ศิราณี และธีระชัย, 2548)

3.4. ให้อาหารที่เตรียมไว้ 3 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว วันละ 2 ครั้ง คือ 8.00 น. และ 17.00 น.

3.5. ตรวจคุณภาพน้ำสัปดาห์ละครั้ง และชั่งวัดตัวปลา ทุก 2 สัปดาห์ (ธีระชัย และคณะ, 2551)

4. การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 <u>การเก็บรวบรวมข้อมูลค่าประสิทธิภาพการเจริญเติบโต</u> (ธีระชัย และคณะ, 2551)

4.1.1 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

= น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักปลาเริ่มต้น

4.1.2 ความยาวที่เพิ่มขึ้น

= ความยาวปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – ความยาวปลาเริ่มต้น

4.1.3 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Average daily weight gain, ADG;กรัม/วัน)

$$= \frac{\text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง-น้ำหนักปลาเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลาทดลอง}}$$

4.1.4 ประสิทธิภาพของอาหาร (feed efficiency ratio, FER)

$$= \frac{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}{\text{น้ำหนักอาหารที่ปลากิน}}$$

4.1.5 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion ratio, FCR)

$$= \frac{\text{ปริมาณอาหารที่ปลากิน}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}$$

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4.1.6 อัตราการรอดตาย (survival rate) หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

$$= \frac{\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} \times 100}{\text{จำนวนปลาเริ่มต้น}}$$

4.1.7 ประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร (protein efficiency ratio, PER)

$$= \frac{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}{\text{น้ำหนักโปรตีนที่ปลากิน}}$$

4.2 การวิเคราะห์ทางด้านคุณภาพซาก (Carcass quality)

4.2.1 ค่าดัชนีความสัมพันธ์ของตับ (hepatosomatic index, HIS) (ณัฐพงษ์ และคณะ, 2546)

$$= \frac{\text{น้ำหนักตับ} \times 100}{\text{น้ำหนักปลา}}$$

4.2.2 สัดส่วนของไขมันในช่องท้อง (intrapraperitoneal fat ratio: %) (Yang *et al*., 2002)

$$= \frac{\text{น้ำหนักของไขมันในช่องท้อง} \times 100}{\text{น้ำหนักปลาทั้งตัว}}$$

4.2.3 ค่าสัดส่วนร้อยละของซาก (% Yield) (Mireille *et al*., 2001)

$$= \frac{\text{น้ำหนักของปลาทั้งตัว-น้ำหนักเนื้อปลา} \times 100}{\text{น้ำหนักปลาทั้งตัว}}$$

4.2.4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความยาวลำไส้ (Relative gut length) (Yang *et a*l., 2002)

$$= \frac{\text{ความยาวของระบบทางเดินอาหาร (digestive tract length)}}{\text{ความยาวทั้งหมดของปลา (total body length)}}$$

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4.3 <u>การวิเคราะห์ทางองค์ประกอบทางเคมี</u>

4.3.1 การวิเคราะห์ความชื้น (moisture)

$$= \frac{a - b}{w} \times 100$$

เมื่อ a คือน้ำหนักขวดชั่งและตัวอย่างก่อนการอบ
b คือน้ำหนักขวดชั่งและตัวอย่างหลังการอบ
w คือน้ำหนักตัวอย่างอาหารที่ใช้ในการวิเคราะห์

4.3.2 การวิเคราะห์เถ้า (Ash)

$$= \frac{b - a}{w} \times 100$$

เมื่อ a คือน้ำหนักของถ้วยกระเบื้อง
B คือน้ำหนักของถ้วยกระเบื้องกับน้ำหนักเถ้าหลังการเผา
W คือน้ำหนักของตัวอย่างอาหารที่ใช้ในการวิเคราะห์

4.3.3 การวิเคราะห์ไขมัน (% fat)

$$= \frac{b - a}{W} \times 100$$

เมื่อ a คือน้ำหนักของ beaker
b คือน้ำหนักของ beaker และไขมันหลังการอบ
w คือน้ำหนักของตัวอย่างอาหาร

4.3.4 การวิเคราะห์โปรตีน (% protein)

$$= \frac{1.4 (v1 - v2) N \times 6.25}{w}$$

เมื่อ N คือความเข็มข้นเป็น normal ของ NaOH
V1 คือปริมาณของกรดซัลฟุลิกก่อนใช้
V2 คือปริมาณของกรดซัลฟุลิกที่ใช้
w คือน้ำหนักของตัวอย่างอาหารa คือน้ำหนักของ beaker

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4.3.5 การวิเคราะห์กากเยื่อใย (% fiber)

$$= \frac{(W2 - W3)}{W1} \times 100$$

เมื่อ W1 = น้ำหนักตัวอย่างอาหาร

W2 = น้ำหนัก crucible + น้ำหนักตัวอย่างหลังการอบ

W3 = น้ำหนัก crucible + น้ำหนักตัวอย่างหลังการเผา

4.3.6 การวิเคราะห์พลังงานรวม

4.4 <u>การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ</u>

นำข้อมูลจากการตรวจวัดและวิเคราะห์ทั้งหมดมาเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan' New Multiple Rang Test: DMRT ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

5. สถานที่ทำการทดลอง

หมวดงานประมง, ห้องปฏิบัติการเคมี และห้องปฏิบัติการสาขาวิทยาศาสตร์การประมง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร

6. ระยะเวลาการศึกษาวิจัย

1 ปี (ตุลาคม 2553 - กันยายน 2554)

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของปลาโมงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ในระดับที่แตกต่างกัน คือ 10%, 20%, 30% และ 40% เปรียบเทียบกับชุดที่ไม่เสริมเอนไซม์ (ชุดควบคุม) ทำการเลี้ยงเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ได้ผลการทดลองดังนี้

4.1. ผลการทดลองประสิทธิภาพการเจริญเติบโต (Growth efficiency) และอัตราการรอดตาย (Survival rate)

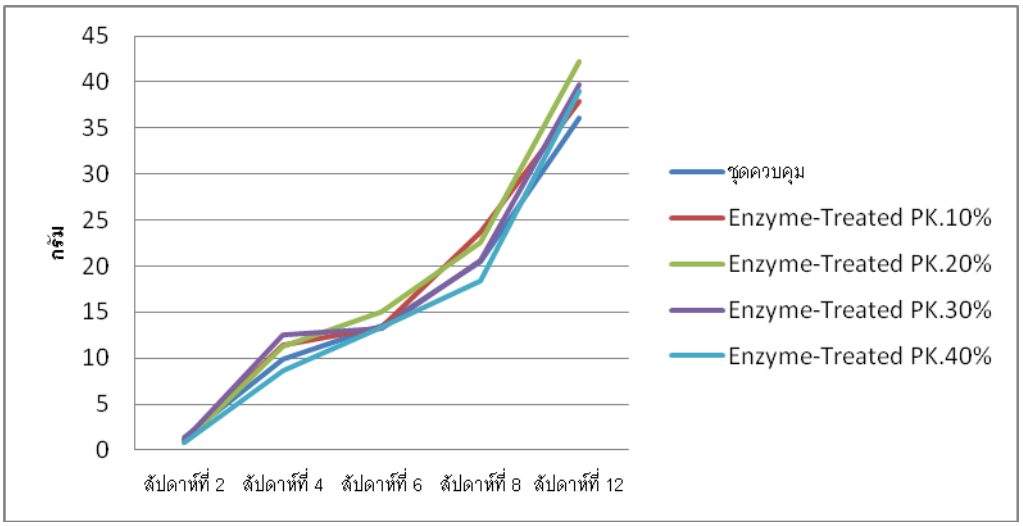
4.1.1. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

ผลจากการทดลองพบว่าน้ำหนักเริ่มต้นของปลาอยู่ระหว่าง 4.00-4.05 กรัมต่อตัว ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อสิ้นสุดการทดลองใน 12 สัปดาห์ ปลาที่ได้รับอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ 20% (ชุดการทดลองที่ 3) มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นสูงที่สุดเท่ากับ 42.19 ± 2.90 กรัมต่อตัว รองลงมาคือชุดการทดลองที่ 4,5,2 และชุดการทดลองที่ 1 เท่ากับ 39.73 ± 1.61, 39.09 ± 3.64, 37.97 ± 4.29 และ 36.12 ± 4.36 กรัมต่อตัว ตามลำดับ โดยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลาโมงทุกการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ภาพที่ 7, ตารางที่ 4)

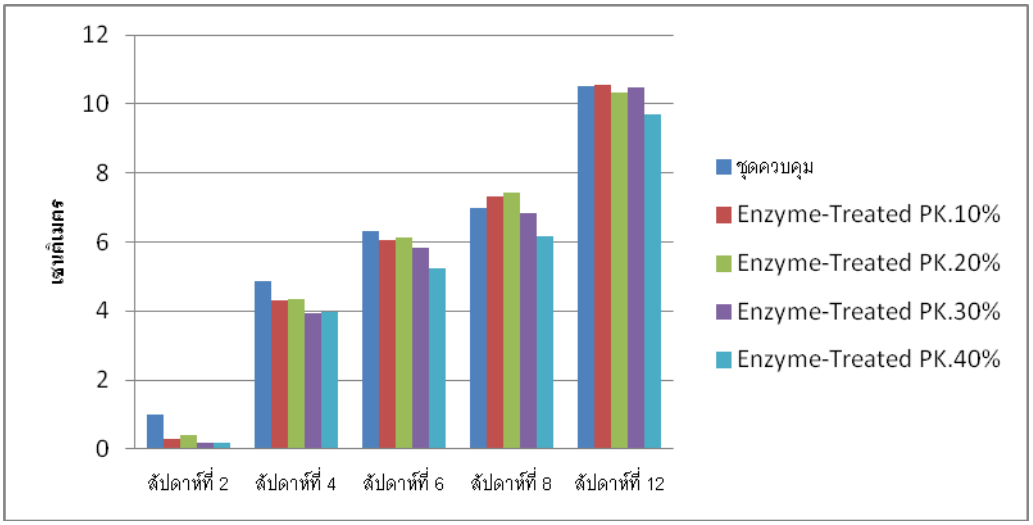
4.1.2. ความยาวที่เพิ่มขึ้น

ผลจากการทดลองพบว่าความยาวเริ่มต้นของปลาอยู่ระหว่าง 6.50-9.70 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อสิ้นสุดการทดลองใน 12 สัปดาห์ ปลาที่ได้รับอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ 10% (ชุดการทดลองที่ 2) มีค่าความยาวสูงที่สุดเท่ากับ 10.57 ± 0.76 เซนติเมตร รองลงมาคือชุดการทดลองที่ 1,4,3 และชุดการทดลองที่ 5 มีค่าเท่ากับ 10.50 ± 0.87, 10.47 ± 0.80, 10.33 ± 1.00 และ 9.70 ± 0.61 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยความยาวที่เพิ่มขึ้นของปลาโมงทุกการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ภาพที่ 8, ตารางที่ 5)

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ภาพที่ 7 น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของปลาโมงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์



ภาพที่ 8 ความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของปลาโมงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตารางที่ 4 น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของปลาโมงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ ในระดับที่ต่างกัน เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ชุดการทดลอง	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) / 2 สัปดาห์				
	2^{ns}	4^{ns}	6^{ns}	8^{ns}	12^{ns}
ชุดควบคุม	1.38 ± 0.74	9.83 ± 0.56	13.55 ± 1.75	20.48 ± 3.00	36.12 ± 4.36
Enzyme-Treated PK. 10%	1.08 ± 0.26	11.43 ± 3.56	13.44 ± 0.81	23.73 ± 4.84	37.97 ± 4.29
Enzyme-Treated PK. 20%	0.82 ± 0.08	11.27 ± 1.07	15.02 ± 1.47	22.57 ± 1.29	42.19 ± 2.90
Enzyme-Treated PK. 30%	1.07 ± 0.35	12.52 ± 2.50	13.27 ± 1.88	20.63 ± 6.12	39.73 ± 1.61
Enzyme-Treated PK. 40%	0.85 ± 0.23	8.60 ± 3.59	13.33 ± 1.96	18.43 ± 2.27	39.09 ± 3.64

หมายเหตุ ns คือ non significant แสดงความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกัน ($p>0.05$)

ตารางที่ 5 ความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของปลาโมงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ ในระดับที่ต่างกัน เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ชุดการทดลอง	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) / 2 สัปดาห์				
	2	4[ns]	6[ns]	8	12[ns]
ชุดควบคุม	1.00 ± 0.61[a]	4.87 ± 0.71	6.33 ± 0.51	7.00 ± 1.14[ab]	10.50 ± 0.87
Enzyme-Treated PK. 10%	0.30 ± 0.26[b]	4.30 ± 0.80	6.07 ± 0.55	7.33 ± 0.65[ab]	10.57 ± 0.76
Enzyme-Treated PK. 20%	0.40 ± 0.10[b]	4.33 ± 0.57	6.13 ± 0.81	7.43 ± 0.12[a]	10.33 ± 1.00
Enzyme-Treated PK. 30%	0.17 ± 0.12[b]	3.93 ± 0.15	5.83 ± 0.71	6.83 ± 0.29[ab]	10.47 ± 0.80
Enzyme-Treated PK. 40%	0.17 ± 0.12[b]	3.97 ± 0.71	5.23 ± 0.15	6.17 ± 0.15[b]	9.70 ± 0.61

หมายเหตุ 1.ns คือ non significant แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกัน ($p>0.05$)

2.ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกัน ($p<0.05$)

4.1.3. น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (Average Daily Gain)

ผลจากการทดลองของน้ำหนักเพิ่มต่อวัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าน้ำหนักเพิ่ม ต่อวันของปลาโมงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ 20% (ชุดการทดลองที่ 3) มีน้ำหนักเพิ่มต่อวันสูงที่สุดเท่ากับ 0.50 ± 0.03 กรัม รองลงมาคือชุดการทดลองที่ 4,5,2 และชุดการทดลองที่ 1 เท่ากับ 0.47 ± 0.02, 0.46 ± 0.05, 0.45 ± 0.05 และ 0.43 ± 0.06 กรัม ตามลำดับ โดยน้ำหนักเพิ่มต่อวันทุกการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ภาพที่ 9, ตารางที่ 6)

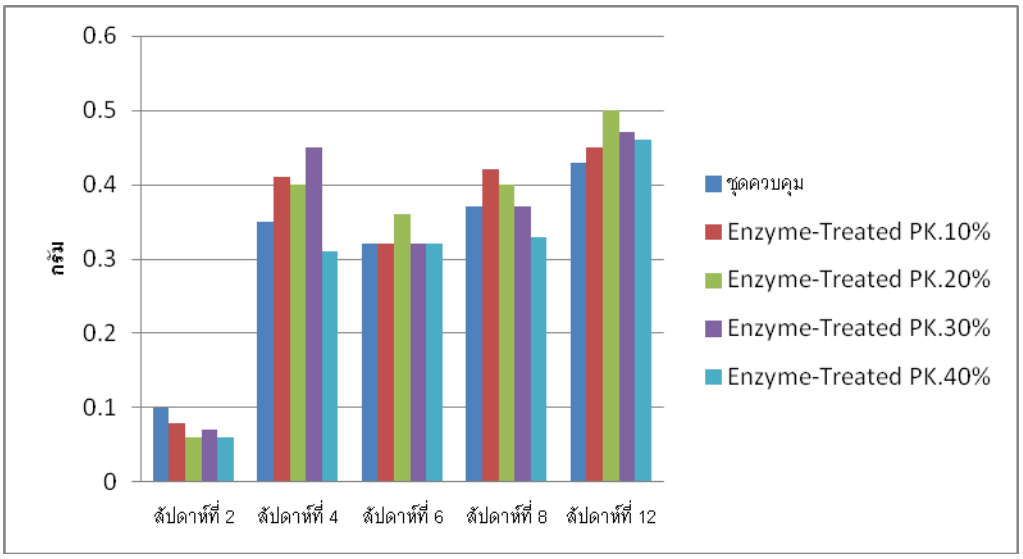
4.1.4. ประสิทธิภาพของอาหาร (Feed Efficiency Ratio)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าน้ำหนักเพิ่มต่อวันของปลาโมงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ 20% (ชุดการทดลองที่ 3) มีประสิทธิภาพของอาหารสูงที่สุดเท่ากับ 0.98 ± 0.07 รองลงมาคือชุดการทดลองที่ 4,5,1 และชุดการทดลองที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.87 ± 0.04, 0.78 ± 0.05, 0.77 ± 0.16 และ 0.48 ± 0.41 ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีชุดการทดลองที่ 1,3,4 และชุดการทดลองที่ 5 มีค่าประสิทธิภาพของอาหารแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่แตกต่างจากชุดการทดลองที่ 2 ที่เสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหาร 10% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)(ภาพที่ 10, ตารางที่ 6)

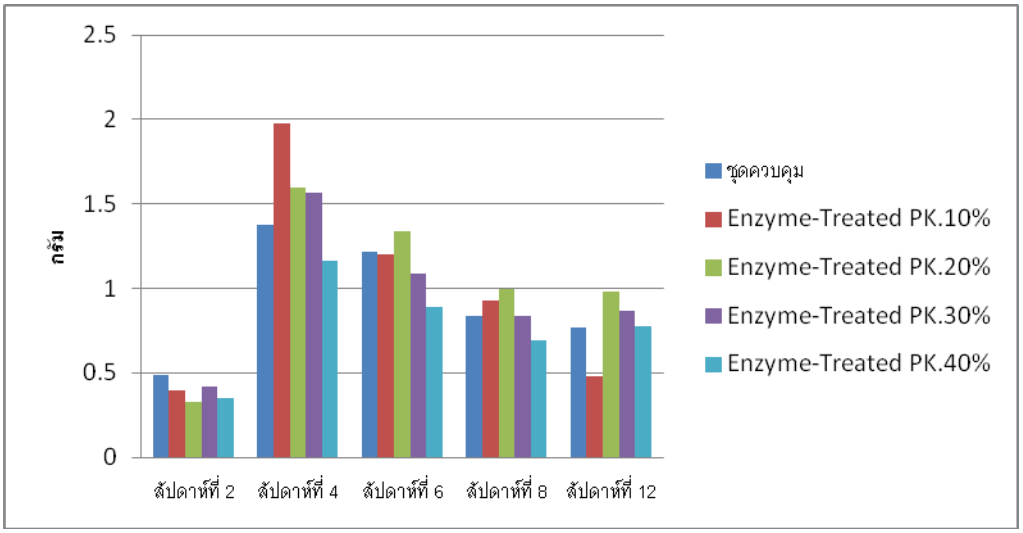
4.1.5. อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed Conversion Ratio)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาโมงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ 20% (ชุดการทดลองที่ 3) มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำที่สุดเท่ากับ 1.02 ± 0.07 รองลงมาคือชุดการทดลองที่ 4,5,1 และชุดการทดลองที่ 2 เท่ากับ 1.15 ± 0.05, 1.30 ± 0.09, 1.35 ± 0.30 และ 1.98 ± 0.99 เมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีชุดการทดลองที่ 1,3,4 และ 5 มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่แตกต่างจากชุดการทดลองที่ 2 ที่ เสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหาร 10% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)(ภาพที่ 11, ตารางที่ 6)

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

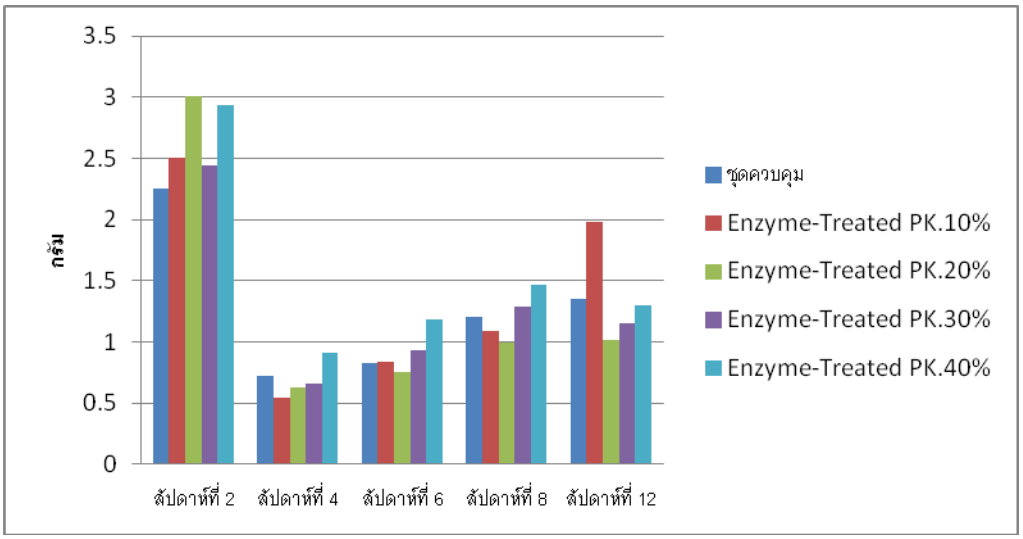


ภาพที่ 9 น้ำหนักเพิ่มต่อวันของปลาโมงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์



ภาพที่ 10 ประสิทธิภาพของอาหารของปลาโมงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ภาพที่ 11 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาโมงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์

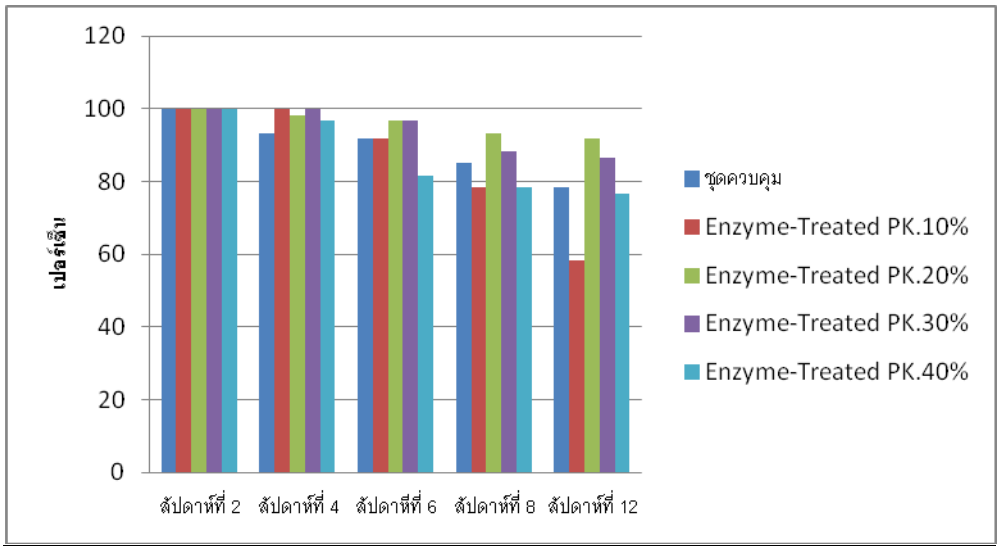
4.1.6. อัตรารอดตาย (Survival Rate)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาโมงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ 20% (ชุดการทดลองที่ 3) มี อัตราการรอดตายสูงที่สุดเท่ากับ 91.67 ± 7.64% รองลงมาคือชุดการทดลองที่ 4,1,5 และชุดการทดลองที่ 2 เท่ากับ 86.67 ± 7.64, 78.33 ± 15.28, 76.67 ± 7.64 และ 58.33 ± 20.21% ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีชุดการทดลองที่ 1,3,4 และชุดการทดลองที่ 5 มีอัตราการรอดตายแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่แตกต่างจาก ชุดการทดลองที่ 2 ที่เสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน 10% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ภาพที่ 12, ตารางที่ 6)

4.1.7. ประสิทธิภาพโปรตีนในอาหาร (Protein Efficiency Ratio)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าประสิทธิภาพโปรตีนในอาหารของปลาโมงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ 20% (ชุดการทดลองที่ 3) มีประสิทธิภาพโปรตีนในอาหารมากที่สุดเท่ากับ 1.33 ± 0.09 รองลงมาคือชุดการทดลองที่ 4,5,2 และชุดการทดลองที่ 1 เท่ากับ 1.27 ± 0.06, 1.26 ± 0.12, 1.21 ± 0.14 และ 1.13 ± 0.14 ตามลำดับ เมื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 6)

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ภาพที่ 12 อัตราการรอดตายของปลาโมงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาลน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ประสิทธิภาพของอาหาร อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการรอดตายประสิทธิภาพของโปรตีนอาหารของปลาโมงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมเอ็นไซม์ไฟเตสในระดับที่ต่างกันเป็นเวลา 12 สัปดาห์

ชุดทดลอง	ค่าของข้อมูล				
	น้ำหนักเพิ่มต่อวัน^{ns}	ประสิทธิภาพของอาหาร	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	อัตราการรอดตาย	ประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร^{ns}
ชุดควบคุม	0.43 ± 0.06	0.77 ± 0.16^{ab}	1.35 ± 0.30^{ab}	78.33±15.28^{ab}	1.13 ± 0.14
Enzyme-Treated PK. 10%	0.45 ± 0.05	0.48 ± 0.41^{b}	1.98 ± 0.99^{a}	58.33 ± 20.21^{b}	1.21 ± 0.14
Enzyme-Treated PK. 20%	0.50 ± 0.03	0.98 ± 0.07^{a}	1.02 ± 0.07^{b}	91.67 ± 7.64^{a}	1.33 ± 0.09
Enzyme-Treated PK. 30%	0.47 ± 0.02	0.87 ± 0.04^{a}	1.15 ± 0.05^{ab}	86.67 ± 7.64^{a}	1.27 ± 0.06
Enzyme-Treated PK. 40%	0.46 ± 0.05	0.78 ± 0.05^{ab}	1.30 ± 0.09^{ab}	76.67 ± 7.64^{ab}	1.26 ± 0.12

หมายเหตุ 1. ns คือ non significant แสดงความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกัน ($p>0.05$)

2. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกัน ($p<0.05$)

4.2. ผลการทดลองการวิเคราะห์ทางด้านคุณภาพซาก (Carcass quality)

4.2.1. ค่าดัชนีความสัมพันธ์ของตับ (Hepatosomatic Index)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าปลาที่ได้รับอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ทั้ง 5 สูตร ชุดการทดลองที่ 2 และ 4 ที่เสริมอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยลงไป 10% และ 30% มีค่าดัชนีความสัมพันธ์ของตับมากที่สุดเท่ากับ 2.80 ± 0.78 และ 2.80 ± 0.65 กรัม รองลงมาคือชุดการทดลองที่ 1, 3 และชุดการทดลองที่ 5 เท่ากับ 2.78 ± 0.62, 2.41 ± 0.39 และ 2.41 ± 0.32 กรัม ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าทุกชุดการทดลองมีค่าดัชนีความสัมพันธ์ของตับแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยปลาที่ได้รับอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันให้ผลไม่ต่างกันกับชุดการทดลองที่ไม่เสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน (ชุดควบคุม) (ภาพที่ 13, ตารางที่ 7)

4.2.2. สัดส่วนไขมันในช่องท้อง (Intrapreperitoneal Fat Ratio)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าปลาที่ได้รับอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ ทั้ง 5 สูตร ในชุดการทดลองที่ 2 มีค่าสัดส่วนไขมันในช่องท้องสูงที่สุดเท่ากับ 4.10 ± 0.75 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือชุดการทดลองที่ 4,1,3 และชุดการทดลองที่ 5 เท่ากับ 4.08 ± 0.94, 3.64 ± 0.90, 3.58 ± 1.16 และ 3.30 ± 1.38 ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าทุกชุดการทดลองมีค่าสัดส่วนไขมันในช่องท้องที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยปลาที่ได้รับอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน ให้ผลไม่ต่างกันกับชุดการทดลองที่ไม่เสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน (ชุดควบคุม) (ภาพที่ 13, ตารางที่ 7)

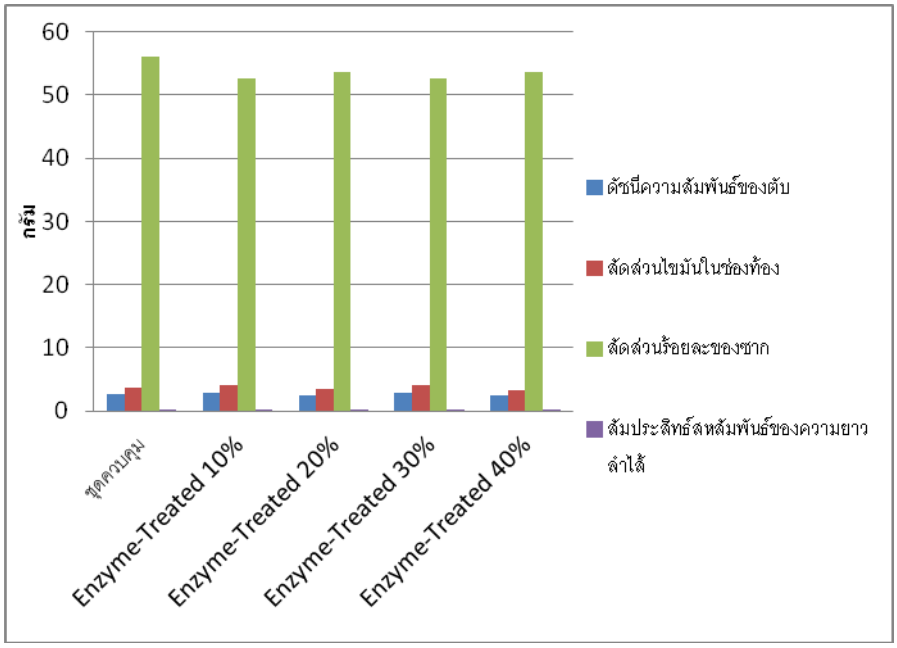
4.2.3. ค่าสัดส่วนร้อยละของซาก (% Yield)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าปลาที่ได้รับเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ ทั้ง 5 สูตร ในชุดการทดลองที่ 1 มีค่าสัดส่วนร้อยละของซากสูงที่สุดเท่ากับ 56.11 ± 5.46 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือชุดการทดลองที่ 5,3,2 และชุดการทดลองที่ 4 เท่ากับ 53.70 ± 2.20, 53.59 ± 1.22, 52.65 ± 1.60 และ 52.57 ± 2.47 ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าทุกชุดการทดลองมีค่าสัดส่วนร้อยละของซากแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยปลาที่ได้รับอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันให้ผลไม่ต่างกันกับชุดการทดลองที่ไม่เสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน (ชุดควบคุม) (ภาพที่ 13, ตารางที่ 7)

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4.2.4. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความยาวลำไส้ (relative gut length)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าปลาที่ได้รับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ ทั้ง 5 สูตร ในชุดการทดลองที่ 2 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความยาวลำไส้สูงที่สุดเท่ากับ 0.06 ± 0.02 รองลงมาคือชุดทดลองที่ 1,3,4 และชุดการทดลองที่ 5 เท่ากับ 0.05 ± 0.01, 0.05 ± 0.01, 0.05 ± 0.02 และ 0.04 ± 0.01 ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าทุกชุดการทดลองมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความยาวลำไส้แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยปลาที่ได้รับอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน ให้ผลไม่ต่างกันกับชุดการทดลองที่ไม่เสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน (ชุดควบคุม) (ภาพที่ 13, ตารางที่ 7)



รูปที่ 13 ค่าคุณภาพซากของปลาโมงที่ได้รับอาหารทดลองเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ในระดับต่างกัน

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตารางที่ 7 คุณภาพซากของปลาโมงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ ในระดับที่ต่างกัน

ชุดการทดลอง	ค่าดัชนีความ[ns] สัมพันธ์ของตับ	สัดส่วนไขมัน[ns] ในช่องท้อง	ค่าสัดส่วน[ns] ร้อยละของซาก	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์[ns] ของความยาวลำไส้
ชุดควบคุม	2.78 ± 0.62	3.64 ± 0.90	56.11 ± 5.46	0.05 ± 0.01
Enzyme-Treated PK. 10%	2.80 ± 0.78	4.10 ± 0.75	52.65 ± 1.60	0.06 ± 0.02
Enzyme-Treated PK. 20%	2.41 ± 0.39	3.58 ± 1.16	53.59 ± 1.22	0.05 ± 0.01
Enzyme-Treated PK. 30%	2.80 ± 0.65	4.08 ± 0.94	52.57 ± 2.47	0.05 ± 0.02
Enzyme-Treated PK. 40%	2.41 ± 0.32	3.30 ± 1.38	53.70 ± 2.20	0.04 ± 0.01

หมายเหตุ ns คือ non significant แสดงความไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ($p>0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในอาหารทดลอง (Feed proximate composition) และค่าคุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง (Water quality)

ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในอาหารทดลองที่เสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ ทั้ง 5 สูตร พบว่าความชื้นในอาหารอยู่ระหว่างช่วง 2.22-3.28% เถ้าอยู่ระหว่าง 11.01-13.74% ส่วนโปรตีน, ไขมัน, เยื่อใย และพลังงานรวม (แคลอรี่/กรัม น้ำหนักแห้ง) ส่งไปตรวจวิเคราะห์ที่ฝ่ายปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรกำแพงแสน ม.เกษตรศาสตร์ พบว่า โปรตีนอยู่ระหว่าง 31.10-32.03% ไขมันอยู่ระหว่าง 5.76-13.90% เยื่อใยอยู่ระหว่าง 2.26-9.81% และพลังงานรวม อยู่ระหว่าง 4,462.00-4,863.44 แคลอรี่/กรัม

คุณภาพน้ำระหว่างการทดลองที่ทำการตรวจวัด ได้ผลดังนี้ อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 29.00-30.00 ^{O}C pH อยู่ในช่วง 7.12-7.20 ค่านำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 73.4-74.2 µs. และความขุ่นอยู่ในช่วง 35.10-35.50 NTU.

4.4. วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองศึกษาในด้านประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ที่เลี้ยงด้วยเอนไซม์โรโนไซม์ วีพี เป็นเวลา 12 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่เสริมเอนไซม์โรโนไซม์ วีพี พบว่ามีน้ำหนักและความยาวเพิ่มขึ้นที่ดีกว่า ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Boonyaratpalin และ Phromkunthong (2000) ที่ทำการหมักกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันด้วยโรโนไซม์ วีพี นำไปใช้เลี้ยงปลานิลแปลงเพศขนาด 1.5 กรัม พบว่าปลาที่ได้รับอาหารทดลองเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมักเอนไซม์ ทำให้การเจริญเติบโตของปลาดีกว่าที่ไม่ได้หมักเอนไซม์ นิรุทธิ์ (2544) ศึกษาผลของระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันต่อการเจริญเติบโตของปลานิล พบว่าปลานิลสามารถใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันได้สูงสุด 30% Sokheng *et al*., (1997) อ้างโดย Lim *et al*., (2000) พบว่าปลานิลที่ได้รับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0%, 10%, 20%, และ 30% ไม่มีความแตกต่างของการเจริญเติบโต แสดงว่าปลานิลสามารถใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันได้สูงถึง 30% ซึ่งไม่ส่งผลการเจริญเติบโต ในการทดลองการเพิ่มระดับกากเนื้อเมล็ดปาล์มน้ำมันที่สูงเกินไปแม้จะเสริมเอนไซม์โรโนไซม์ วีพี ลงไปแล้วก็จะไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการย่อยอาหาร โดยสอดคล้องกับการทดลองของ Ng *et al*., (2002) พบว่าปลานิลแดงที่ได้รับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน 40% โดยเสริมเอนไซม์ Allzyme Vegpro มีประสิทธิภาพการย่อยอาหารลดลง เมื่อเทียบกับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน 20% เสริมเอนไซม์ Allzyme Vegpro แสดงให้เห็นว่าเมื่อระดับ กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้น การเสริมเอนไซม์ไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการย่อยอาหาร จากการทดลองเลี้ยงปลาโมงในกระชัง พบว่าการเจริญเติบโต 2 สัปดาห์แรกของการทดลอง ขนาดของปลาไม่แตกต่างกันเลย ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของวิชัย และคณะ (2540) ศึกษาการพัฒนาน้ำย่อยในลูกปลากระรัง (*Epinephelus coioides*) พบว่าลูกปลามีการพัฒนาน้ำย่อยต่ำเมื่อปลาอายุมากขึ้นระบบย่อยอาหารจะพัฒนาขึ้นตามการเจริญเติบโต และการศึกษาของ Kolkovski (2001)

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พบว่าทางเดินอาหารของปลาวัยอ่อนเกือบทุกชนิดประกอบด้วยเอนไซม์ที่ย่อยสลายโมเลกุลของโปรตีน ไขมัน และไกลโคเจน แต่การทำงานต่ำเมื่อเทียบกับปลาโตเต็มวัย ส่วนน้ำหนักเพิ่มต่อวันและประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร มีค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ชุดที่เสริมเอนไซม์โรโนไซม์ วีพี ก็มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าชุดที่ไม่ได้เสริมเอนไซม์ โรโนไซม์ วีพี โดยสอดคล้องกับการทดลองของ เสาวรส (2546) ที่รายงานถึงผลของเอนไซม์ ย่อยเยื่อใยต่อประสิทธิภาพการย่อยอาหารและการเจริญเติบโตของปลานิลแปลงเพศ ในการเสริมโรโนไซม์ วีพี ส่งผลให้น้ำหนักเพิ่มต่อวันและประสิทธิภาพโปรตีนในอาหาร มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าชุดที่ไม่ได้เสริมเสริมเอนไซม์โรโนไซม์ วีพี รวมถึงค่าประสิทธิภาพของอาหาร อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตราการรอดตายส่วนค่าคุณภาพซากของปลาโมงที่ได้รับอาหารเสริมเอนไซม์โรโนไซม์ วีพี ในระดับที่ต่างกันพบว่า ค่าดัชนีตับ สัดส่วนไขมันในช่องท้อง สัดส่วนร้อยละของซาก และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ความยาวของลำไส้ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ สอดคล้องกับ วุฒิพร และคณะ (2547) ที่ทดลองอาหารโดยเสริมเอนไซม์ไฟเตส แต่พบว่าค่าสัดส่วนร้อยละของซากของชุดการทดลองที่ 1 (ชุดควบคุม) ก็มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าชุดที่เสริมเอนไซม์โรโนไซม์ วีพี เนื่องจากอัตราการกินอาหารของชุดควบคุมกินดีกว่าชุดอื่นๆ

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

1. อาหารทดลองที่เสริมด้วยกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ย่อยเยื่อใย ที่เหมาะสมที่สุดในการเลี้ยงปลาโมงวัยอ่อนคือ ที่ระดับร้อยละ 20

2. การเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ย่อยเยื่อใยในอาหารทดลอง ร้อยละ 20 มีผลให้ค่าประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายดีที่สุด

3. การเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ย่อยเยื่อใยในอาหารทดลองไม่มีผลต่อค่าคุณภาพซากของปลาโมงที่ทำการทดลอง

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษา และโดยใช้ระยะเวลาในการทดลองให้ยาวนานยิ่งขึ้น ด้วยการเลี้ยงจนเข้าระยะตัวเต็มวัย หรือขนาดที่สามารถจับไปจำหน่ายได้ เพื่อให้ผลการทดลองที่ได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารอ้างอิง

จารุรัตน์ เศรษฐภักดี. 2528. อาหารสัตว์เศรษฐกิจ. พิมพ์ครั้งที่ 1. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา. 264 หน้า.

จิตรา สิมาวัน. 2551. ผลของระดับคาร์โบไฮเดรตในอาหารต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพเนื้อของปลาโมง (*Pangasius bocourti*). ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัย อุบลราชธานี. 10 หน้า.

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา. 2548. การใช้กากปาล์มน้ำมันเป็นอาหารโค กระบือ. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. น. 383 – 395.

ณัฐพงค์ วรรณพัฒน์, เดชา รอดระรัง, บัณฑิตย์ เต็งเจริญกุล, นงนุช สุวรรณเพ็ง และทองสุข ฝาเทพ. 2546. การศึกษาการเลี้ยงปลาโมงเพื่อเป็นพ่อแม่พันธุ์ในบ่อดิน. สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดกาฬสินธุ์, ภาควิชาอายุรศาสตร์, คณะสัตว์แพทยศาสตร์. ม. ขอนแก่น. 17 หน้า.

ชวลิต วิทยานนท์. 2536. อนุกรมวิธานของปลาบึกและปลาสวาย (วงศ์ Pangasiidae). ในรายงานการสัมมนาวิชาการประจำปี 2536. กรมประมง : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ชัยศิริ ศิริกุล และ วิวัฒน์ ปรารมภ์. 2538 การเพาะและอนุบาลปลาโมง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 23/2538. สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดเชียงราย, กองประมงน้ำจืด, กรมประมง. 82 หน้า.

โชคชัย เหลืองธุวปราณีต. 2548. หลักการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. แผนกวิชาเทคโนโลยีการประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 481 หน้า.

ละเอียด ประพันธดารา. 2547. การศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านชีวเคมีและอณูชีวภาพของเอนไซม์กลูตาไธโอน เอส-ทรานสเฟอเรส และยีนที่เกี่ยวกับการดื้อแบบ Knockdown resistance ในยุงลายชนิด Aedes aegypti ที่ดื้อต่อสาร ดีดีที และเพอร์เมธรินการโคลน. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สุขภาพ. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ธีระชัย พงศ์จรรยากุล, ธนดล นวลจันทร์, และ พิศมัย สมสืบ. 2551. การใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารเลี้ยงปลาเทโพ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 28/2551. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดอุบลราชธานี, กรมประมง, สถาบันวิจัยอาหารสัตว์น้ำ. 24 หน้า.

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ธีระพันธ์ ภูคาสวรรค์ และคณะ. 2533. ทรัพยากรปลาน้ำจืดในแหล่งน้ำสำคัญในประเทศไทย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2533. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ : กรมประมง.

ธีรารัตน์ อิทธิโสภณกุล. 2553. การศึกษาจลนสาสตร์ของปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสน้ำมันชนิดต่างๆ ที่ถูกเร่งด้วยเอนไซม์ไลเอสในการรำข้าว. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวเคมี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2 หน้า.

นวมาลย์ คีรีมา. 2548. การผลิตเอนไซม์กลุ่มไฮโดรเลสจากรา *Ascosphaera apis* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาเทคโนโลยีชีว ภาพภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร. 2 หน้า.

นิรุทธิ์ สุขเกษม. 2544. ผลของระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันต่อการเจรุญเติบโตของปลานิล (*Oreochromis niloticus Linn.*). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. หน้า 20-23.

นิวัติ เมืองแก้ว. 2531. ผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่างๆ ในอาหารและการจำกัดอาหารหลังจากไก่ให้ไข่สูงสุดต่อการให้ผลผลิตในไก่ไข่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประเสริฐ สีตะสิทธิ์. 2552. อาหารปลา. สถาบันประมงน้ำจืด, กองประมงน้ำ, กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ธนเศรษฐ์ เสนาวงศ์. 2550. การสังเคราะห์ดีเอ็นเอและการแสดงออกของยีน. ภาควิชาชีวเคมี, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 10 หน้า.

มนตรี จุฬาวัฒนทล, ชิษณุสรร สวัสดิวัตน์, ยงยุทธ ยุทธวงศ์, ภิญโญ พานิชพันธ์, ประหยัด โกมารทัต, พิณทิพ รื่นวงษา, ธีรยศ วิทิตสุวรรณกุล, บุรชัย สนธยานนท์, สุมาลี ตั้งประดับกุล และ มธุรส พงษ์ลิขิตรมงคล. 2542. ชีวเคมี. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

รัตนสุดา ไชยเชษฐ์. 2554. การใช้อีเอ็มเป็นโปรไบโอติกในอาหารปลาโมง. วารสารวิจัย มข. 16 (2) กุมภาพันธ์ 2552. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดหนองคาย. 136 - 137 หน้า.

วิชัย วัฒนกุล, สุนิตย์ โรจนพิทยากุล และ พูนสิน พานิชสุข. 2540. การพัฒนาน้ำย่อยในลูกปลากระรัง *Epinephelus coioides* วัยอ่อน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 22/2540. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสงขลา.

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิวัฒน์ ปรารมภ์ และ ชัยศิริ ศิริกุล. 2538. การศึกษาชีววิทยาบางประการของปลาโมง. สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดเชียงราย, กองประมงน้ำจืด, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 53 หน้า.

วีรชัย เพชรสุทธิ์. 2554. บทความ เรื่องการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเป็นวัถุดิบในการผลิตอาหารปลา , ตอนที่ 2 คุณค่าทางอาหารของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน. มหาวิทยาลัย แม่โจ้ วิทยาเขตชุมพร. 1 หน้า.

วุฒิพร พรหมขุนทอง, อัจฉริยา มูสโกภาศ, และ ดุสิต นาคะชาต. 2547. ผลของเอนไซม์ไฟเตสต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ฟอสฟอรัสจากวัตถุดิบพืชในปลาดุกพันธุ์ผสม. ปีที่ 27 (ฉบับพิเศษ 1) 2548. ภาควิชาวาริชศาสตร์, และ ทรัพยากรธรรมชาติ. มหาวิทยาลัยสงขลารครินทร์. สงขลา. 171-185 หน้า.

เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2543. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์น้ำ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 255 หน้า.

ศิราณี งอยจันทร์ศรี และ ธีระชัย พงศ์จรรยากุล. 2548. ผลของความหนาแน่นที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตปลาโมง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 8/2548. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดสกลนคร, จังหวัดสกลนคร. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดอุบลราชธานี, จังหวัดอุบลราชธานี. หน้า 3-23.

สถาบันอาหาร. 2539. โครงการพัฒนาสัตว์น้ำเศรษฐกิจตัวใหม่ของไทยเพื่อการส่งออก (ปลาเผาะ). http://www.nfi.or.th/nfi/fish/main.htm. เข้าถึงข้อมูลเมื่อวันที่ 14 สิงหาคม 2554.

_____. 2549. โครงการพัฒนาสัตว์น้ำเศรษฐกิจ. http://www.nfi.or.th/nfi/fish/main.htm. เข้าถึงข้อมูลเมื่อวันที่ 12 สิงหาคม 2554.

สุดาพร ตงศิริ และคณะ. 2554. รายงานผลการวิจัย เรื่องการเลี้ยงปลาเผาะร่วมกับปลาบึกในบ่อดินเพื่อการค้า. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. หน้า 6-11.

สุดารัตน์ เตชะสีประเสริฐ. 2540. ปาล์มน้ำมัน. ว.ข่าวเศรษฐกิจการเกษตร. 43 : 17-18 หน้า.

สุธา วัฒนสิทธิ์ และ เสาวนิต คูประเสริฐ. 2544. การใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหารสัตว์. ว. สงขลานครินทร์ วทท. 2544 23 (ฉบับพิเศษ) : 746-747 หน้า.

เสกสม อาตมางกูล. 2544. เอนไซม์ในระบบย่อยอาหารและการเสริมเอนไซม์เพื่อช่วยในการย่อยอาหาร. เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการโรโนไซม์วีพี. หน้า 2-7.

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เสาวนิต คูประเสริฐ, จารุรัตน์ ชินาจริยวงศ์, สุธา วัฒนสิทธิ์ และ วรวิทย์ วณิชาภิชาติ. 2541. การใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันแทนข้าวโพดในอาหารไข่ไก่ในระยะการเจริญเติบโต. ว. สงขลานครินทร์ วทท 20 : 303-311 หน้า.

เสาวรส วงษ์ใหญ่. 2546. ผลของเอนไซม์ย่อยเยื่อใยต่อประสิทธิภาพการย่อยอาหารและการเจริญเติบโตของปลานิลแปลงเพศ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวาริชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. หน้า 100.

หนังสือพิมพ์เดลินิวส์. 2553. มาดูกัน ปลาโมงเศรษฐกิจตัวใหม่. วันศุกร์ที่ 12 พฤศจิกายน พ.ศ.2553. หน้า 11.

อรรถนพ อิ่มศิลป์. 2548. การพัฒนาการเพาะเลี้ยงและเพิ่มศักยภาพการผลิตปลาโมงสู่สัตว์น้ำสัตว์น้ำเศรษฐกิจชนิดใหม่. เอกสารประกอบการสัมมนา. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดกรมประมง. หน้า 1-5.

_____. 2549. การพัฒนาการเพาะเลี้ยงและการเพิ่มศักยภาพการผลิตปลาโมงสู่สัตว์น้ำเศรษฐกิจชนิดใหม่. http://www.fisheries.go.th/sf-nakonpanom/mong2.htm. เข้าถึงข้อมูลเมื่อวันที่ 7 สิงหาคม 2554

Alimon, A.R. 2004. The nutritive value of palm kernel cake for animal feed. Department of animal science. Palm Oil Development. Malaysian Palm Oil Board (MPOB).

Baird, I.G. and *et al*. 1999. The fishes of southern Lao. Lao Community Fisheries and Dolphin Protection Project. Inistry of Agriculture and Forestry : Lao PDR.

Boateng, M., D.B. Okai, J. Baah and A. Donkoh. 2008. Palm kernel cake extraction and utilisation in pig and poultry diets in Ghana. Livestock Research for Rural Development 20 (7)

Boonyaratpalin, M. and Phromkunthong, W. 2000. Effects of Ronozyme VP treated rice bran and oil palm meal on growth of sex reversed *Tilapia niloticut* The 6th Roche aquaculture conference Asia Pacific. (ed. B. Hunter) Bangkok, Thailand, 29 September 2000. pp. 50-63.

Bothell. 2001. Analysis and digestibility data palm kernel cake expeller sample. AGRIaccess. http :// www. agriaccess.com.

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Buhlier, M., Limper, J., Miller, A., Schwarz, G., Simon, O., Sommer, M. and Spring, W. 1998. Enzyme in animal nutrition. Germany : Arbeitsgame inschaft fur.

Cacot, P. 1999. Etude du cycle sexuel et maitrise de la reproduction de *Pagasius bocourti* Sauvage, 1880 et *Pangasianodon hypopthalmus* (Sauvage, 1878) dans le delta du Mekong au Vietnam. Doctoral thesis. University National Agronomique Paris Grignon. Paris. 216 pp.

Carter, C.G., Houlihan, D.F., Buchanan, A. and Mitchell, A.I. 1994. Growth and feed utilization efficiencies of seawater Atlantic salmon, *Salmo salar* fed a diet containing supplementary enzyme. Aquaculture and fisheries management 25 :37-46 pp.

Chaplin, M.F. and Buke, C. 1990. Enzyme technology. London : Cambridge University Press. De Silva, S.S. and Anderson, T.A. 1995. Fish nutrition in aquaculture. London : Chapman and Hall.

Chin, F.Y. 2001. Palm kernel cake (PKC) as a supplement for fattening and dairy cattle in Malaysia. MARDI. Paper presented at 7th Meet. of FAO Regional Working Group on Grazing and Feed Resources for S.E. Asia, Manado, Indonesia (in process of publication).

Dairo, F.A.S. and A.O. Fasuyi. 2008. Evaluation of fermented plam kernel meal and fermented copra meal proteins as substitute for soybean meal protein in laying hens diets. J. of central European agriculture. 9(1) : 35 – 44.

Dixon, M. and Webb, E.C. 1979. Enzyme 3rd ed. London : Longman.

Horton, H.R., Moran, L.A., Ochs, R.S., Rawn, J.D. and Scrimgeour, K.G. 2002. Principles of biochemistry 3rd ed. Upper Saddle : Prentice Hall.

Hung, L.T. and *et al*. 2002**.** "Larvel rearing of the Asian Catfish, *Pangasius bocorti* (Siluroidei, Pangasiidae) : alternative feeds and weaning time". Aquaculture. 212 :115-127 pp.

Hunter, B. 2000. Roche Aquaculture News serving the aquaculture community in the Asia Pacific basin. Vol 9 : 1-6 pp.

Johnson, R., Williams, P. and Campbell, R. 1993. Use of enzyme in pig production. Enzymes in animal nutrition Proceedings of the 1st Symposium (eds. C. Wenk and M. Boessinger) Kartause Ittinger, Switzerland, 13-16 October 1993. pp. 49-60.

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Kaushik, S. 2001. Digestive enzymes in fish larvae and juveniles implications and applications to formulated diets. Aquaculture 200 : 181-201.

Kolkovski, S. 2001. Digestive enzymes in fish larvae and juveniles implication and applications to formulated diets. Aquaculture 200 : 181-201.

Lehninger, A.L., Nelson, D.L. and Cox, M.M. 1993. Principles of biochemistry 2 nd ed. New York : Worth Publishers.

Lim, H.A., Ng, W.K., Lim, S.L. and Isbrahim, C.O. 2001. Contamination of palm kernel meal with *Aspergillus flavus* affects its nutritive value in pelleted feed for tilapia *Oreochromis mossambicus*. Aquacult. Res. 32 : 895-905.

Lovell, T. 1988. Nutrition and Feeding of Fish. New York : Van nostard Reinhold. Nutrition and Feeding of Fish 2nd edn. Massachusetts : Kluwer Acadamic publishers.

Lyayi, E.A. and B.I. Davies. 2005. Effect of enzyme supplementation of palm kernel meal and brewer's dried grains on the performance of broilers. International Journal of Poultry Science 4 (2) : 76 - 80.

Malathi, V. and G. Devegowda. 2001. In vitro evaluation of nonstrarch polysaccharide digestibility of feed ingredients by enzymes. Poult. Sci. 80 : 302 – 305.

Mathews, C.K. and Van hold, K.E. 1996. Biochemistry 2nd ed. California : The Benjamin/Cummings Publishing Company.

McDonald, P., Edword, R.A. and Greenhalgh, J.F.D. 1981. Animal Nutrition London : Longman.

Meng, X., B.A. Slominski, C.M. Nyachoti, L.D. Campbell and W. Guenter. 2005. Degradation of cell wall polysaccharides by combination of carbohydrase enzyme and their effect on nutrient utilization and broiler chicken performance. Poult. Sci. 84 : 37 – 47.

Mireille, C., Canill, K., Ole, T., Sjofn, S., Turid, M.,Magny, T. and Jean, L.V. 2001. Relation of smoking parameters to the Yied, colour and sensory quality of smoked atlantic salmon (*Salmo salar*). Food Research international 34(6): 537-550 pp.

Nelson, J.S. 1994. Fisher of the world, 3rd edition. New York : Wiley.

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Ng, W.K., Lim, H.A., Lim, S.L. and Isbrahim, C.O. 2002. Nutritive value of palm kernel meal pretreated with enzyme or fermented with *Trichoderma koningii* (Oudemans) as a dietary ingredient for red hybrid tilapia (*Oreochromis* sp.). Aquacult. Res. 33 : 1190-1207.

Perez, J.F., A.G. Gernat and J.G. Murillo. 2000. The effect of different levels of palm kernel meal in layer diets. Poultry Science 79 : 77 – 79.

Prasertwattana, P., S. Singsee, and C. Udomkarn. 2003. Survey of cage culture of Mekong and Songkhram River, Nakhonphanom Province, Thailand. Proceeding of the 5th Technical Symposium on Mekong Fishheries : MRC Conference Series NO.4. Thailand. 181-183.

Roberts, T.R. and C. Vidthayanon. 1991. "Systematic revision of the Asian catfish family Pangasiidae, with biological observation and descriptions of three new species", Proc. Acad. Nat. Sci. Philad. 143 : 97-144.

_____. 1993. "Artisanal fisheries and fish ecology below the great waterfalls of the Mekong River in Laos", Net. Hist. Bull. Siam soc. 41 : 31-62.

Sae – Lee, N. 2007. The production of fungal mannanase, cellulase and xylanase using palm kernel meal as a substrate. Walailak J. Sci & Tech. 4 (1): 67 - 82.

Sundu, B. and J. Dingle. 2003. Use of enzyme to improve the nutritional value of palm kernel meal and copra meal. Poult. Sci. 11 (14): 1–15.

Sundu, B., A. Kumar and J. Dingle. 2006. Response of broiler chicks fed increasing levels of copra meal and enzymes. Poult. Sci. 5 (1): 13–18.

Sekoni, A.A., J.J. Omage, G.S. Bawa and P.M.Esuga. 2008. Evaluation of enzyme (Maxigrain®) treatment of graded levels of palm kernel meal (PKM) on nutrient retention. Pakistan Journal of Nutrition 7 (4): 614 – 619.

Slominski, B.A., X. Meng, L.D. Campbell, W. Guenter and O. Jones. 2006. The use of enzyme technology for improved energy utilization from full – fat oilseeds. Part ll : flaxseed. Poult. Sci. 85 : 1031 – 1037.

Sokheng, C and *et al*. 1999. "Fish migration and spawning habits in the Mekong mainstream : a survey using local knowledge (basin-wide)". Assessment of Mekong fisheries : Fish Migrations and Spawning and the Impact of Water Management Project (AMFC). AMFC Report 2/99. Vientiane : Lao, P.D.R.

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Sue, T.T. 2004. Quality and characteristics of Malaysian palm kernel cakes / expellers. Malaysian palm oil board. 1 – 3.

Tuan, N. 1999. Induced breeding on *Pangasius bocourti* Sauvage, 1880**.** Research institute for aquaculture No.2 (RIA. 2). Vietnam. 5 p.

Tyson, R.R. 1991. Systematic Revision of the asian catfish family Pangasiidae, with biological observation and description of three new species. Proceeding of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia. 143: 97-144.

Wing Keong, NG. and K.K. Chong. 2002. The nutritive value of palm kernel meal and the effect of enzyme supplementation in pratical diets for red hybrid tilapia (Oreochromis sp.) Asian fisheries. 15 : 167 – 176.

Yang, W.,Reigh, R.C., Xu, Z. 2002. Effects of fungal phytase on utilization of dietary protein and mineral and dephosphorylation of phytic acid in the alimentary tract of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) fed an all-plantprotein diet**.** J. World aqauc. Soc. 33, 10-22 pp.

Zahari, W., M., J. Sato, S. Furuichi, A.R. Azizan and M. Yunus. 2003. Commercial processing of oil palm fronds feed in Malaysia. Foragesand feed resources in commercial livestock production systems. The food and agriculture organization of the united nations (FAO).

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคผนวก

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคผนวก ก

รูปภาพผนวก

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาพผนวกที่ 1 กระชังสำหรับทดลอง

ภาพผนวกที่ 2 ลูกปลาที่นำมาพักไว้ก่อนการทดลอง

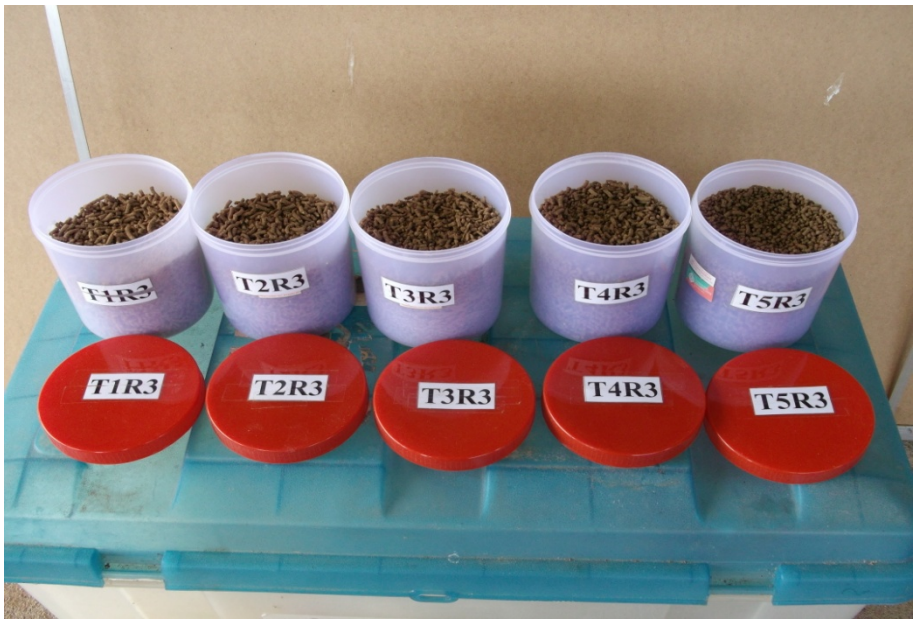
©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาพผนวกที่ 3 วัตถุดิบสำหรับทำอาหารทดลอง

ภาพผนวกที่ 4 อาหารขณะกำลังอัดเม็ด

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

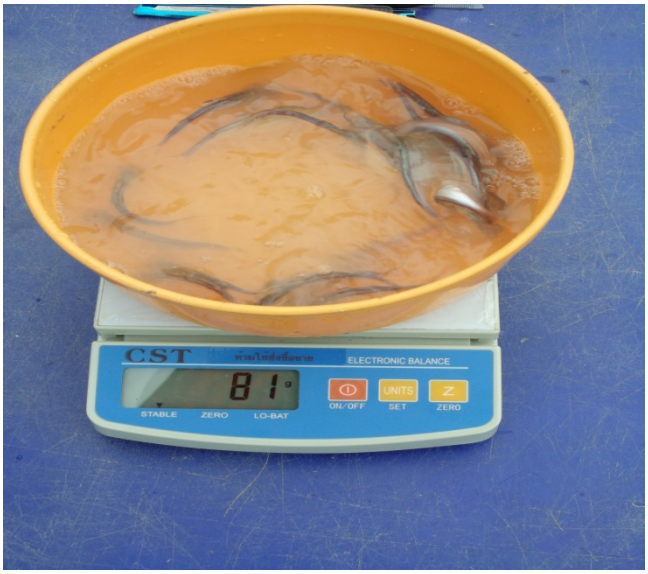
ภาพผนวกที่ 5 อบอาหารในตู้โดยใช้หลอดไฟกำลัง 100 วัตถ์



ภาพผนวกที่ 6 อาหารที่พร้อมทดลอง

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

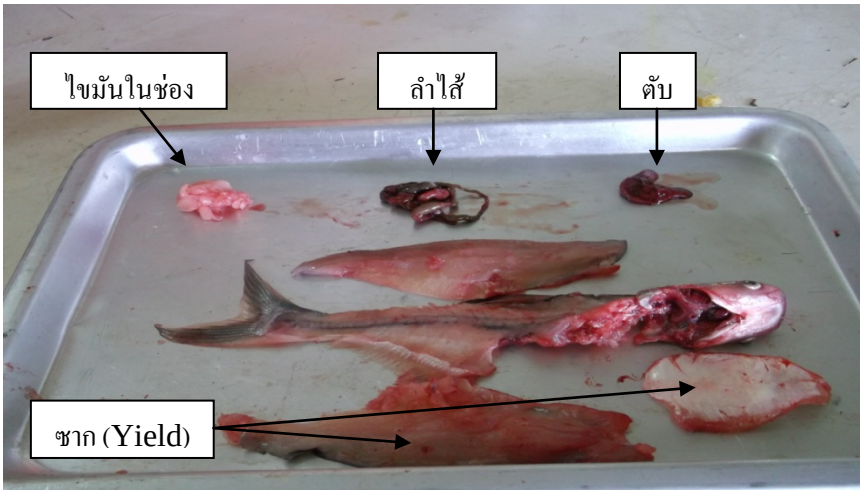
ภาพผนวกที่ 7 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บผล



ภาพผนวกที่ 8 การชั่งน้ำหนักรวมของปลาทั้งหมดแต่ละชุดการทดลอง

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาพผนวกที่ 9 สุ่มวัดขนาด



ภาพผนวกที่ 10 การวิเคราะห์ซาก โดยผ่าปลาแยก ตับ,ไขมันในช่องท้อง, ลำไส้ และซาก แล้วนำมาชั่งและบันทึกผล

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง