สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ การพัฒนาการเลี้ยงปลาการ์ตูนส้มขาว (*Amphiprion ocellaris*) ด้วยอาหารสำเร็จรูป : ประสิทธิภาพการย่อยอาหาร

Improvement of Rearing False Clown Anemonefish (*Amphiprion ocellaris*) by Feeding Practical Diets : Digestibility Efficiency

ภายใต้แผนงานวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการเพาะขยายพันธุ์ปลาการ์ตูน
ประจำปี 2546

โดย

จารุนันท์ ประทุมยศ
ปิยะวรรณ ศรีวิลาศ

Bu ccs 4870
22 มี.ค. 2552
248964

เริ่มบริการ
23 มี.ค. 2552

สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเลบางแสน มหาวิทยาลัยบูรพา

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย งบประมาณแผ่นดินประจำปี 2546 มหาวิทยาลัยบูรพา ดังนั้น คณะผู้จัดทำจึงใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ ขอขอบคุณหัวหน้าหน่วยวิจัยการเพาะเลี้ยงที่อนุเคราะห์ปลาการ์ตูนส้มขาว ขอขอบคุณหัวหน้าฝ่ายสถานเลี้ยงสัตว์น้ำเค็มที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทำการทดลอง ขอขอบคุณ นางสาว นฤมล แก้วกัณหา ที่ช่วยจำแนกชนิดกุ้งทะเลที่ใช้ในการทดลอง และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเลทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ ตลอดจนให้คำปรึกษา คำแนะนำ และ ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้จนกระทั่งสำเร็จลุล่วงได้

การพัฒนาการเลี้ยงปลาการ์ตูนส้มขาว(*Amphiprion ocellaris*) ด้วยอาหารสำเร็จรูป: ประสิทธิภาพการย่อยอาหาร

โดย

จารุนันท์ ประทุมยศ*

ปิยะวรรณ ศรีวิลาศ*

บทคัดย่อ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (5 ×3 completely randomized design) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการย่อยอาหารของปลาการ์ตูนส้มขาว (*Amphiprion ocellaris*) ในอาหารสด 5 ชนิด ประกอบด้วย ปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และอาร์ทีเมียตัวเต็มวัย ให้ปลากินอาหารวันละ 2 ครั้ง เก็บขี้ปลาโดยวิธีกาลักน้ำลงใส่ในภาชนะหลังจากให้ปลากินอาหาร 3 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารอาหารที่เหลือ ผลการทดลองพบว่าปลาการ์ตูนส้มขาว (*A. ocellaris*) มีประสิทธิภาพการย่อยอาหารสดและประสิทธิภาพการย่อยสารอาหารแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ปลาการ์ตูนส้มขาว(*A. ocellaris*) ย่อยปลาข้างเหลืองได้ดีที่สุด ย่อยอาร์ทีเมียตัวเต็มวัยได้น้อยที่สุด โดยมีประสิทธิภาพการย่อยอาหารสดทุกชนิดอยู่ในช่วง 21.28-96.77 % มีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนในอาหารสดทุกชนิดอยู่ในช่วง 87.21-99.52 % มีประสิทธิภาพการย่อยไขมันในอาหารสดทุกชนิดมากกว่า 99 % สรุปได้ว่าปลาการ์ตูนส้มขาว (*A. ocellaris*) มีประสิทธิภาพในการย่อยสารอาหารในอาหารสดที่เป็นเนื้อสัตว์ได้ดี

---

* สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเลบางแสน มหาวิทยาลัยบูรพา อ. เมือง จ. ชลบุรี

Improvement of Rearing False Clown Anemonefish (*Amphiprion ocellaris*) by Feeding Practical Diets : Digestibility Efficiency

By

Jarunan Pratoomyot *

Piyawan Srivilas *

Abstract

The 3×5 completely randomized design was used to determine digestibility of false clown anemone fish (*Amphiprion ocellaris*). The anemone fish (*A. ocellaris*) were fed 5 fresh feed ingredients which were minced fresh fish (*Caranx leptolepis*), minced clam meat, minced shrimps meat (*Metapenaeus lysianassa*, *Parapenaeopsis hungerfordi*), minced whole krill and adult artemia twice daily. Feces were collected after the fish were fed 3 and 24 hr. by siphoning and then dry at 60 °C for 24 hrs. prior to analyze. The results showed that the ability of anemone fish (*A. ocellaris*) to digest feed ingredients was significantly difference ($P \leq 0.05$) amomg feeds. The highest assimilation of feed was found when the fish was fed minced fresh fish while the lowest was found when the fish was fed adult artemia. Dry matter digestibility, protein digestibility of the fish ranged from 21.28-96.77%, 87.21-99.52 % and lipid digestibility of the fish was higher than 99 % respectively. It can be concluded that the anemone fish (*A. ocellaris*) capable to digest nutrients of feed ingredients from animal sources efficiently.

---

*Institute of Marine Science, Burapha University, Bangsaen, Muang District , Chonburi Province

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ชื่อเรื่องการวิจัย	ก
	กิตติกรรมประกาศ	ข
	บทคัดย่อภาษาไทย	ค
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
	สารบัญ	จ
	สารบัญภาพ	ฉ
	สารบัญตาราง	ช
	สารบัญภาพภาคผนวก	ซ
	สารบัญตารางภาคผนวก	ฌ
1	บทนำ	1
	- จุดประสงค์ของการศึกษา	2
	- จุดมุ่งหมายของการศึกษา	2
	- สมมติฐานการศึกษา	2
	- ของเขตการศึกษา	2
	- สถานที่ทำการศึกษา	2
	- ระยะเวลาศึกษา	2
2	สำรวจเอกสาร	3
3	อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการ	14
4	ผลการทดลอง	26
5	สรุปผลและอภิปรายผลการทดลอง	31
	ข้อเสนอแนะ	37
	เอกสารอ้างอิง	38
	ภาคผนวก	48

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	แสดงปลาการ์ตูนส้มขาว (*Amphiprion ocellaris*)	3
3.1	แสดงถังไฟเบอร์ที่ใช้สำหรับการทดลอง	16
3.2	แสดงตัวอย่างขี้ปลาพร้อมที่จะนำไปอบแห้งและวิเคราะห์สารอาหาร	17
3.3	แสดงเครื่องกลั่นไนโตรเจนเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน	19
3.4	แสดงเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณไขมัน	19
3.5	แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณเถ้า	20
3.6	แสดงเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟที่ใช้ในการวิเคราะห์หากรดไขมัน	24
4.1	แสดงประสิทธิภาพการย่อยปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว, กุ้งปล้อง) เคย และอาร์ทีเมียของปลาการ์ตูนส้มขาว (*A. ocellaris*)	27
4.2	แสดงประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนในปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว, กุ้งปล้อง) เคยและ อาร์ทีเมีย ของปลาการ์ตูนส้มขาว(*A. ocellaris*)	28
4.3	แสดงประสิทธิภาพการย่อยไขมันในปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว, กุ้งปล้อง) เคยและอาร์ทีเมีย ของปลาการ์ตูนส้มขาว (*A. ocellaris*)	28

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงการย่อยโปรตีนในอวัยวะทางเดินอาหารโดยเอนไซม์จากแหล่งต่างๆ	2
2.2	แสดงการย่อยคาร์โบไฮเดรตโดยเอนไซม์จากแหล่งต่างๆ	7
2.3	แสดงการย่อยไขมันโดยเอนไซม์จากแหล่งต่างๆ	8
2.4	แสดงการย่อยอาหารและประสิทธิภาพการย่อยอาหารของปลาชนิดต่างๆ ที่ให้กินอาหารที่มีโปรตีนจากแหล่งต่างๆ	10
4.1	แสดงประสิทธิภาพการย่อย ปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว, กุ้งปล้อง) เคย และ อาร์ทีเมียของปลาการ์ตูนส้มขาว (*A. ocellaris*)	27
4.2	แสดงปริมาณโปรตีน ไขมัน ไฟเบอร์ เถ้าและคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำ(NFE) ในปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว,กุ้งปล้อง) เคยและ อาร์ทีเมีย	29
4.3	แสดงชนิดและปริมาณกรดไขมันในปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และอาร์ทีเมีย	30

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพที่		หน้า
1	แสดงโครมาโตแกรมของปลาข้างเหลืองที่แยกด้วยเครื่อง Hewlett Packard 5890 Series II คอลัมน์ Famewax ขนาด 30 m. x 0.25 mm. x 0.25 mm. สภาวะอุณหภูมิ 120 °C, 0.5 min. อุณหภูมิ 120 °C ถึง 195 °C (5 min., 18 °C/min.) อุณหภูมิ 195 °C ถึง 205 °C (7min, 3 °C/min. อุณหภูมิ 205 °C ถึง 220 °C (10 min., 8 °C/ min.) อุณหภูมิช่องฉีดสาร 250 °C อุณหภูมิเครื่องตรวจวัด 250 °C ชนิดการฉีด split 10:1 ปริมาตรฉีด 1 µl	70
2	แสดงโครมาโตแกรมของหอยลายที่แยกด้วยเครื่อง Hewlett Packard 5890 Series II คอลัมน์ Famewax ขนาด 30 m. x 0.25 mm. x 0.25 mm. สภาวะอุณหภูมิ 120 °C, 0.5 min. อุณหภูมิ 120 °C ถึง 195 °C (5 min., 18 °C/min.) อุณหภูมิ 195 °C ถึง 205 °C (7min, 3 °C/min. อุณหภูมิ 205 °C ถึง 220 °C (10 min., 8 °C/ min.) อุณหภูมิช่องฉีดสาร 250 °C อุณหภูมิเครื่องตรวจวัด 250 °C ชนิดการฉีด split 10:1 ปริมาตรฉีด 1 µl	71
3	แสดงโครมาโตแกรมของกุ้งทะเล ที่แยกด้วยเครื่อง Hewlett Packard 5890 Series II คอลัมน์ Famewax ขนาด 30 m. x 0.25 mm. x 0.25 mm. สภาวะอุณหภูมิ 120 °C, 0.5 min. อุณหภูมิ 120 °C ถึง 195 °C (5 min., 18 °C/min.) อุณหภูมิ 195 °C ถึง 205 °C (7min, 3 °C/min. อุณหภูมิ 205 °C ถึง 220 °C (10 min., 8 °C/ min.) อุณหภูมิช่องฉีดสาร 250 °C อุณหภูมิเครื่องตรวจวัด 250 °C ชนิดการฉีด split 10:1 ปริมาตรฉีด 1 µl	72
4	แสดงโครมาโตแกรมของเคย ที่แยกด้วยเครื่อง Hewlett Packard 5890 Series II คอลัมน์ Famewax ขนาด 30 m. x 0.25 mm. x 0.25 mm. สภาวะอุณหภูมิ 120 °C, 0.5 min. อุณหภูมิ 120 °C ถึง 195 °C (5 min., 18 °C/min.) อุณหภูมิ 195 °C ถึง 205 °C (7min, 3 °C/min. อุณหภูมิ 205 °C ถึง 220 °C (10 min., 8 °C/ min.) อุณหภูมิช่องฉีดสาร 250 °C อุณหภูมิเครื่องตรวจวัด 250 °C ชนิดการฉีด split 10:1 ปริมาตรฉีด 1 µl	73
5	แสดงโครมาโตแกรมของอาร์ทีเมียตัวเต็มวัยที่แยกด้วยเครื่อง Hewlett Packard 5890 Series II คอลัมน์ Famewax ขนาด 30 m. x 0.25 mm. x 0.25 mm. สภาวะอุณหภูมิ 120 °C, 0.5 min. อุณหภูมิ 120 °C ถึง 195 °C (5 min., 18 °C/min.) อุณหภูมิ 195 °C ถึง 205 °C (7min, 3 °C/min. อุณหภูมิ 205 °C ถึง 220 °C (10 min., 8 °C/ min.) อุณหภูมิช่องฉีดสาร 250 °C อุณหภูมิเครื่องตรวจวัด 250 °C ชนิดการฉีด split 10:1 ปริมาตรฉีด 1 µl	74

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางที่		หน้า
1	แสดงตารางวิเคราะห์ข้อมูลคุณค่าอาหารและประสิทธิภาพการย่อยอาหารทางสถิติ (ANOVA)ในปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และอาร์ทีเมีย	49
2	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณโปรตีน ในปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และ อาร์ทีเมีย โดยวิธี Duncan multiple range test	50
3	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณไขมัน ในปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และ อาร์ทีเมีย โดยวิธี Duncan multiple range test	50
4	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณไฟเบอร์ ในข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และอาร์ทีเมีย โดยวิธี Duncan multiple range test	50
5	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณเถ้า ในข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และอาร์ทีเมีย โดยวิธี Duncan multiple range test	51
6	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณ NFE ในข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และอาร์ทีเมีย โดยวิธี Duncan multiple range test	51
7	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการย่อยปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และอาร์ทีเมีย โดยวิธี Duncan multiple range test	51
8	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนในปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และ อาร์ทีเมีย โดยวิธี Duncan multiple range test	52
9	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการย่อยไขมันในปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และอาร์ทีเมีย โดยวิธี Duncan multiple range test	52
10	แสดงข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และ อาร์ทีเมีย	53
11	แสดงข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในขี้ปลาการ์ตูนส้มขาว (*A. ocellaris*) ที่กินปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และ อาร์ทีเมีย	54
12	แสดงข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณไขมันในปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และ อาร์ทีเมีย	55
13	แสดงข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณไขมันในขี้ปลาการ์ตูนส้มขาว (*A. ocellaris*)ที่กินปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และ อาร์ทีเมีย	56
14	แสดงข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณไฟเบอร์ในปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และ อาร์ทีเมีย	57

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางที่		หน้า
15	แสดงข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณไฟเบอร์ในขี้ปลาการ์ตูนส้มขาว (*A. ocellaris*)ที่กิน ปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และ อาร์ทีเมีย	58
16	แสดงข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณเถ้าในปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และ อาร์ทีเมีย	59
17	แสดงข้อมูลชนิด ปริมาณ ระยะเวลาที่เกิดพีก พื้นที่ใต้พีกและค่าเฉลี่ยของกรดไขมัน ในปลาข้างเหลือง	60
18	แสดงข้อมูลชนิด ปริมาณ ระยะเวลาที่เกิดพีก พื้นที่ใต้พีกและค่าเฉลี่ยของ กรดไขมันในเคย	61
19	แสดงข้อมูลชนิด ปริมาณ ระยะเวลาที่เกิดพีก พื้นที่ใต้พีกและค่าเฉลี่ยของกรดไขมัน ในหอยลาย	62
20	แสดงข้อมูลชนิด ปริมาณ ระยะเวลาที่เกิดพีก พื้นที่ใต้พีกและค่าเฉลี่ยของกรดไขมัน ในกุ้งทะเล (กุ้งขาว , กุ้งปล้อง)	63
21	แสดงข้อมูลชนิด ปริมาณ ระยะเวลาที่เกิดพีก พื้นที่ใต้พีกและค่าเฉลี่ยของกรดไขมัน ในอาร์ทีเมีย	64
22	แสดงข้อมูลน้ำหนักและความยาวของปลาการ์ตูนส้มขาว(*A. ocellaris*) ที่ใช้ในการทดลอง	65

บทที่ 1

บทนำ

ปลาทะเลสวยงามกลุ่มปลาการ์ตูน(*Amphiprion* spp.) เป็นปลาทะเลสวยงามที่นิยมเลี้ยงกันทั่วไปในกลุ่มผู้เลี้ยงปลาตู้ทะลสวยงาม เนื่องจากมีสีสันสวยงามสะดุดตาดึงดูดใจให้มีผู้หันมาเลี้ยงปลาตู้ทะเลกันมากขึ้น ปลาการ์ตูนในประเทศไทยมีทั้งหมด 7 ชนิด ได้แก่ ปลาการ์ตูนส้มขาว ปลาการ์ตูนอานม้า ปลาการ์ตูนอินเดียนแดง ปลาการ์ตูนอินเดียนแดงท้องเหลือง ปลาการ์ตูนลายปล้อง ปลาการ์ตูนดำแดง และปลาการ์ตูนมะเขือเทศ ปลาการ์ตูนเหล่านี้ที่มีขายในตลาดปลาสวยงามทั่วไปในประเทศไทยส่วนมากได้มาจากการจับจากธรรมชาติด้วยวิธีการต่างๆซึ่งวิธีการเหล่านี้ได้กระทำกันอย่างต่อเนื่องกันมาเป็นเวลานานส่งผลกระทบถึงทรัพยากรสัตว์ทะเลสวยงามในธรรมชาติลดจำนวนลง ถึงแม้ว่าในปัจจุบันมีปลาการ์ตูนที่ได้มาจากการเพาะพันธุ์ขายในท้องตลาดแต่ก็เป็นเพียงส่วนน้อย ปลาการ์ตูนจากการเพาะพันธุ์มีข้อดีที่เห็นชัดเจนคือปลาสามารถปรับตัวอยู่ในที่กักขังได้ดีกว่าปลาธรรมชาติ

สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเลบางแสน ม. บูรพาได้พัฒนาการเพาะพันธุ์ปลาการ์ตูนหลายชนิด ปลาการ์ตูนส้มขาว *(Amphiprion ocellaris)* เป็นปลาชนิดหนึ่งที่สถาบันฯประสบผลสำเร็จในการเพาะขยายพันธุ์สูง อย่างไรก็ตามการเลี้ยงปลาในตู้เป็นการเลี้ยงปลาในระบบปิด จึงต้องคำนึงถึงการจัดการภายในตู้อย่างมากโดยเฉพาะชนิดและปริมาณอาหารที่ให้ปลากินโดยองค์ประกอบของอาหารส่วนที่ปลาไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้จะมีผลกระทบต่อเนื่องไปยังปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และอื่นๆที่ปลาปล่อยออกมาในน้ำมีผลต่อคุณภาพน้ำและสุขภาพปลาการ์ตูน ในการเลี้ยงปลาการ์ตูนโดยทั่วไปให้ปลาการ์ตูนกินอาหารสด และอาหารมีชีวิต เช่น หอยลาย กุ้ง เคย และ อาร์ทีเมีย เป็นต้น ซึ่งการเลี้ยงปลาการ์ตูนด้วยอาหารเหล่านี้ยังไม่มีการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยอาหารของปลาการ์ตูนที่กินอาหารเหล่านี้ว่ามีความเหมาะสมในการนำมาเลี้ยงปลาการ์ตูนหรือเหมาะสมในการนำมาเป็นส่วนผสมของอาหารสำเร็จรูปอย่างไร ประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบอาหารสัตว์และการเจริญเติบโตของปลามีความสัมพันธ์ในแนวเดียวกันเนื่องมาจากความสามารถในการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลามีผลมาจากประสิทธิภาพการย่อยอาหาร (Dimes *et al*, 1994a,b; Stone *et al*, 2000) เนื่องจากความสามารถในการย่อยอาหารและการใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละชนิดของปลาแตกต่างกัน ดังนั้น การหาประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบอาหารสัตว์ในปลาเป็นสิ่งที่จำเป็นต้องทราบก่อนที่จะศึกษาปริมาณความต้องการสารอาหารของปลาเพื่อหาวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีคุณค่าทางอาหารดีและนำไปสู่การพัฒนาอาหารที่มีคุณภาพและมีต้นทุนในการผลิตต่ำ (Hagen *et al*,1993b) ดังนั้น ก่อนที่จะศึกษาความต้องการปริมาณสารอาหารของปลาการ์ตูนจึงควรมีการศึกษาถึงประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละชนิดที่ปลาการ์ตูนส้มขาวสามารถย่อยได้ดี เพื่อเป็น

เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกวัตถุดิบอาหารสัตว์มาเป็นส่วนประกอบอาหารสำเร็จรูป และเพื่อพัฒนาอาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงปลาการ์ตูนต่อไป

วัตถุประสงค์การศึกษา

ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยอาหารของปลาการ์ตูนส้มขาว (*A. ocellaris*) จากอาหารสด เช่น ปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และอาร์ทีเมีย

ความสำคัญของการศึกษา

ทราบถึงประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดต่างๆของปลาการ์ตูนส้มขาว (*A. ocellaris*)

ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา

1. ได้แนวทางในการคัดเลือกวัตถุดิบอาหารสัตว์เพื่อนำมาเป็นส่วนประกอบอาหารสำเร็จรูปของปลาทะเลสวยงามกลุ่มปลาการ์ตูน (*Amphiprion spp.*)
2. ได้ข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาคุณค่าทางอาหารของปลาทะเลสวยงามกลุ่มปลาการ์ตูน (*Amphiprion spp.*)

ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบอาหารสัตว์ เช่น ปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล(กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และ อาร์ทีเมีย ของปลาการ์ตูนส้มขาว (*A. ocellaris*) โดยวิธีการศึกษากับสัตว์ทดลอง (in vivo) ด้วยการนำวัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละชนิดมาเลี้ยงปลาการ์ตูนส้มขาวในขณะเดียวกันนำตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์และขี้ปลาที่กินอาหารเหล่านี้มาวิเคราะห์หาคุณค่าทางอาหาร เช่น โปรตีน ไขมัน ไฟเบอร์ จากนั้นนำไปคำนวณหาประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละชนิดของปลาการ์ตูนส้มขาว โดยใช้ crude fiber เป็น marker (Cho *et al*, 1982)

ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มการทดลอง เดือน สิงหาคม 2546 -เดือนธันวาคม 2546

บทที่2

สำรวจเอกสาร

1. อนุกรมวิธานปลาการ์ตูนส้มขาว (*Amphiprion ocellaris*)

ปลาการ์ตูนส้มขาวมีสีลำตัวเป็นสีส้มสลับกับแถบสีขาว 3 แถบคาดอยู่บริเวณส่วนหัวหลัง ส่วนกลางลำตัวและ ส่วนโคนหาง ชนิดปลาการ์ตูนส้มขาวสามารถจำแนกได้ดังนี้ (Nelson ,1994; Allen ,1991)

Phylum : Chlosata

Subphylum : Vertebtata

Class : Actinopterygii

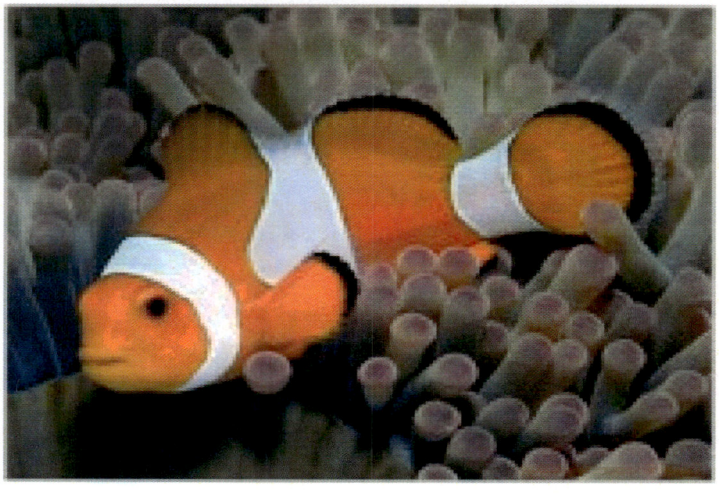
Order : Perciformes

Suborder : Acanthopterygii

Family : Pomacentridae

Genus : Amphiprion

Species : *Amphiprion ocellaris* Cuvier, 1830



ภาพที่ 2.1 แสดงปลาการ์ตูนส้มขาว (*Amphiprion ocellaris*)

2. การแพร่กระจายของปลาการ์ตูนส้มขาว

การแพร่กระจายของปลาการ์ตูนส้มขาวพบได้ใน มหาสมุทรอินเดีย มหาสมุทรแปซิฟิก รวมถึงทะเลอันดามัน แถบประเทศไทย มาเลเซีย สิงคโปร์ อินโดนีเซีย ออสเตรเลียและฟิลิปปินส์ ปลาการ์ตูนส้มขาวอาศัยอยู่ร่วมกับดอกไม้ทะเลชนิด *Stichodactyla gagantea*, *S. mertensii*, and *Heteractis magnific* ปลาการ์ตูนส้มขาวอาศัยอยู่ในทะเลระดับความลึก 1-15 เมตร มีขนาดใหญ่สุด 80 มิลลิเมตร มีกระโดงครีบหลัง 11 อัน ส่วนครีบอกมีกระโดง 17 อัน (Allen,1991)

3. การกินอาหารและการเจริญเติบโต

ปลาการ์ตูนกินแพลงก์ตอนชนิดต่างๆเป็นอาหาร โคพีพอด และตัวอ่อนเพรียงเป็นสัตว์ที่พบมากที่สุดในกระเพาะอาหาร ปลาการ์ตูนบางชนิดกินสาหร่ายเป็นอาหารด้วย เช่น ปลาการ์ตูนอินเดียนแดง (*A. perideraion*) (Allen, 1980)

ปลาการ์ตูนที่มีขนาดเล็กไม่ใช่ลูกปลาเสมอไปอาจเป็นปลาที่โตเต็มวัยแต่มีขนาดเล็ก อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากการแคระแกรน ปลาที่มีขนาดเล็กใช้เวลาและพลังงานส่วนใหญ่ไปกับการต่อสู้หลบหลีกปลาตัวใหญ่ ปลาขนาดเล็กจึงมีเวลาในการหากินอาหารน้อย ถ้ามีพื้นที่ในการหากินมีจำกัด พลังงานส่วนมากจึงสูญเสียไปกับการต่อสู้ กลุ่มปลาการ์ตูนที่มีขนาดใหญ่สามารถออกหากินในพื้นที่กว้างขึ้น (Fautin and Allen, 1992 อ้างโดย Naeem, 2004)

4. ประเภทอาหารของปลาตู้

4.1 อาหารธรรมชาติ ลูกปลาทุกชนิดกินแพลงก์ตอนขนาดเล็กเป็นอาหาร เช่น ตัวอ่อนสัตว์น้ำชนิดต่างๆ (Axelrod, 1989)

4.2 อาหารมีชีวิต อาหารมีชีวิตหลายชนิดที่สามารถนำมาเลี้ยงปลาได้ เช่น อาร์ทีเมีย หนอน ลูกปลา ตัวอ่อนแมลง ไรน้ำ เป็นต้น (Axelrod, 1989) ข้อดีของการเลี้ยงปลาด้วยอาหารมีชีวิตคือปลาได้รับสารอาหารธรรมชาติจริง ข้อเสียของอาหารมีชีวิต คืออาจเป็นพาหะนำโรคมาสู่ปลา อย่างไรก็ตาม ในการเลี้ยงปลาตู้ควรจะต้องเสริมอาหารมีชีวิตอย่างน้อย 1 ครั้ง/สัปดาห์

4.3 อาหารสดและอาหารแช่แข็ง เนื่องจากอาหารมีชีวิตไม่สามารถหาได้ตลอดปี อาหารสด และอาหารแช่แข็งจึงเป็นอาหารอีกประเภทหนึ่งที่สะดวกและหาได้ง่ายกว่าอาหารมีชีวิต อาหารประเภทนี้ได้แก่ กุ้ง หอย ปลา เป็นต้น นอกจากนี้ ยังมีพืชหลายชนิดที่สามารถเป็นอาหาร เสริมสำหรับปลากินพืชและปลากินพืชและกินสัตว์ เช่น สาหร่าย ผักกาดหอม และ ผักโขม เป็นต้น ซึ่งอาหารเหล่านี้สามารถเก็บไว้ได้เป็นเวลาหลายเดือนในอุณหภูมิต่ำ (Blasiola, 1991)

4.4 อาหารแห้งที่จัดทำขึ้น ประกอบด้วยวัตถุดิบอาหารสัตว์หลายๆชนิด แล้วผ่านขบวนการต่างให้อยู่ในรูปอาหารแผ่น อาหารเม็ดและอาหารแห้ง

4.4.1 อาหารแผ่น อาหารแผ่นที่ดีไม่ควรทำให้น้ำขุ่นและแตกตัวเป็นชิ้นเล็กๆจมลงสู่ก้นตู้เร็วเกินไป ข้อดีของอาหารแผ่นคือมีองค์ประกอบอาหารที่ปลาต้องการ สะดวกในการให้อาหารและการเก็บรักษา (Blasiola, 1991)

4.4.2 อาหารเม็ด อาหารเม็ดมีทั้งอาหารจมน้ำและอาหารลอยน้ำ อาหารจมน้ำเป็นการอัดวัตถุดิบอาหารสัตว์รวมกันให้แน่นผ่านแม่พิมพ์ออกมา ในขณะที่กระบวนการทำอาหารลอยน้ำต้องอาศัยความดันสูง ความร้อนและความชื้น จนคาร์โบไฮเดรตกลายเป็นเจลาติน จับกับอากาศภายในอาหารซึ่งทำให้อาหารลอยน้ำได้ (Blasiola, 1991)

4.4.3 อาหารแห้ง ประกอบด้วย แพลงก์ตอนสัตว์ เคย หนอนขาว หนอนแดง ที่แช่แข็งจากนั้นนำไปผ่านกระบวนการเอาน้ำออก ขบวนการนี้ลดการสูญเสียสารอาหารได้ (Blasiola, 1991;Vollkart, 1991)

5.วัตถุดิบอาหารสัตว์

วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่สามารถนำมาประกอบอาหารเลี้ยงสัตว์เพื่อเป็นแหล่งสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกายมีมากมายหลายชนิด วัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละชนิดมีลักษณะและคุณสมบัติทางโภชนาการแตกต่างกัน การนำไปใช้ประโยชน์ในการประกอบสูตรอาหารจึงแตกต่างกันออกไป สามารถแบ่งประเภทวัตถุดิบได้ดังนี้

5.1 วัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทที่ให้พลังงานสูง หมายถึงวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้เป็นแหล่งพลังงานในระดับสูงแต่มีโปรตีนต่ำเพียง 6-12 เปอร์เซ็นต์ และเป็นโปรตีนที่คุณภาพไม่ดีนัก วัตถุดิบประเภทนี้ได้แก่ ปลายข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง มันสำปะหลัง รำละเอียด รำสกัดน้ำมัน กากปาล์ม กากถั่วเขียว เป็นต้น (สุกัญญา,2539)

5.2 วัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทที่ให้แร่ธาตุสูง ได้แก่ กระดูกป่น ไดแคลเซียมฟอสเฟต หินฝุ่นและเปลือกหอย เกลือ เป็นต้น (สุกัญญา,2539)

5.3 วัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทที่ให้โปตีนสูง ได้แก่ ถั่วเหลือง กากถั่วเหลือง กากถั่วลิสง เป็นต้น กากเมล็ดนุ่น กากเมล็ดยางพารา ส่าเหล้า ใบกระถินป่น โปรตีนถั่วเขียว กากเมล็ดงา กากเมล็ดทานตะวัน ปลาป่น แกลบกุ้ง เนื้อและกระดูกป่น ขนไก่ป่น เป็นต้น (สุกัญญา,2539)วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นวัตถุดิบประเภทที่ให้โปรตีนสูง ประกอบด้วย ปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล(กุ้งขาว (*Metapenaeus lysianassa*) และ กุ้งปล้อง(*Parapenaeopsis hungerfordi*)) เคย และ อาร์ทีเมีย

อนุกรมวิธานของอาร์ทีเมีย (อนันต์, 2543)

Phylum Arthopoda

Class Crustacea

Order Anostraca

Family Artemiidae

Genus Artemia

อาร์ทีเมียหรือไรสีน้ำตาลหรือไรน้ำเค็ม (brine shrimp) จัดอยู่ในพวกครัสตาเชียน (Crustacean) เช่นเดียวกับกุ้ง กั้งและปู แต่อาร์ทีเมียไม่มีเปลือกแข็งหุ้มตัว ลักษณะของอาร์ทีเมีย เป็นสัตว์ที่ไม่มีเปลือกแข็งหุ้มตัว มีเพียงเนื้อเยื่อบางๆที่หุ้งลำตัว ว่ายน้ำเคลื่อนที่ในลักษณะหงายท้อง มีรูปร่างแบนเรียวคล้ายใบไม้ แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนหัว ส่วนอก และส่วนท้อง โดยปกติอาร์ทีเมียขนาดโตเต็มวัยเพศผู้จะมีขนาดเล็กกว่าเพศเมีย หนวดคู่ที่สองในเพศผู้จะมีขนาดใหญ่คล้ายตะขอใช้จับเพศเมีย

ส่วนในเพศเมียหนวดคู่ที่สองจะมีขนาดเล็กลงเปลี่ยนมาทำหน้าที่รับความรู้สึก ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทั่วโลกนิยมเอาอาร์ทีเมียไปใช้เป็นอาหารในการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน เช่นกุ้ง ปู และปลาชนิดต่างๆ เนื่องจากมีคุณสมบัติที่ดีหลายประการ อาทิ

1. มีคุณค่าทางอาหารสูง
   - อาร์ทีเมียตัวเต็มวัยมี โปรตีน 56.4 % ไขมัน 11.8 % คาร์โบไฮเดรต 12.1 % และเถ้า 17.4%
   - อาร์ทีเมียวัยอ่อนมีโปรตีน 52.2 % ไขมัน 18.9% คาร์โบไฮเดรต 14.8%และเถ้า 9.7 %
2. มีความอ่อนนุ่มและขนาดเหมาะสม
   - อาร์ทีเมียวัยอ่อนมีความยาว 0.4-0.52 มิลลิเมตร ความกว้าง 0.14-0.18 มิลลิเมตร
   - อาร์ทีเมียตัวเต็มวัย มีความยาว 7.0-15.0 มิลลิเมตร ความกว้าง 3.0-4.0 มิลลิเมตร
3. ตัวอ่อนอาร์ทีเมียในขณะที่ถูกห่อหุ้มด้วยเปลือกสีน้ำตาลสามารถเก็บรักษาให้คงสภาพมีชีวิตอยู่ได้เป็นเวลาหลายปี นำมาเพาะฟักในระยะเวลาอันสั้นก็สามารถนำมาเป็นอาหารสัตว์น้ำวัยอ่อนได้ ทำให้สะดวกต่อการจัดการ นอกจากนั้น อาร์ทีเมียตัวเต็มวัย (Artemia Biomass) ยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น อาร์ทีเมียดอง อาร์ทีเมียแช่แข็ง(Frozen Artemia) อาร์ทีเมียผง (Powder Artemia) อาร์ทีเมียแผ่น (Flake Artemia) หรือใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตอาหารสำเร็จรูปที่มีโปรตีนสูงชนิดต่างๆสำหรับใช้ในวงการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยทั่วไป
4. อาร์ทีเมียช่วยฟื้นฟูคุณภาพน้ำ เนื่องจากว่าอาร์ทีเมียกินอาหารโดยการกรองรวบรวมสิ่งแขวนลอยทุกอย่างในน้ำที่มีขนาดเล็กกว่าช่องปาก ทั้งพวกจุลินทรีย์ แบคทีเรีย แพลงก์ตอน ซากเน่าเปื่อยของสิ่งมีชีวิตต่างๆ (detritus) ตลอดจนอนุภาคอินทรีย์สาร (organic particles) เป็นอาหาร (อนันต์ ,2543)

การย่อยอาหาร

การย่อยอาหารคือการทำให้อาหารมีขนาดเล็กลงจนเป็นสารละลายและอาหารคายสารอาหารก่อนถูกดูดซึมจากระบบทางเดินอาหาร การย่อยอาหารในสัตว์น้ำประกอบด้วยกระบวนการย่อย 3 กระบวนการคือ การย่อยขนาดของอาหารให้เล็กลงด้วยวิธีกล (mechanical degradation) กระบวนการละลายอาหารด้วยน้ำย่อย (enzyme solubilization) และกระบวนการทำให้อาหารเป็นของเหลวและไขมันแตกตัว(emulsification) (เวียง, 2543)

ตารางที่ 2.1 แสดงการย่อยโปรตีนในอวัยวะทางเดินอาหารโดยเอนไซม์จากแหล่งต่างๆ

อวัยวะและเอนไซม์	การทำงาน
กระเพาะอาหาร เปปซิโนเจน เปปซิน	 ถูกกรดเกลือกระตุ้นเป็นเปปซิน ย่อยสายกรดอะมิโนหรือพันธะเปปไทด์โดยเฉพาะตรงส่วนที่เป็นกรดอะมิโน ฟีนิลอะลานีลหรือไทโรซีน โมเลกุลขนาดเล็กลงเรียกว่า โปรตีเอส
ลำไส้ ทริปซิโนเจน ทริปซิน ไคโมทริปซิโนเจน ไคโมทริปซิน	 ถูกเอนเตอโรไคเนสกระตุ้นเป็นทริปซิน ย่อยสายกรดอะมิโนให้สั้นลงอีก โดยเฉพาะตรงส่วนที่มีกรดอะมิโนไลซีนหรืออาร์จินีน ถูกทริปซินกระตุ้นให้เป็นทริปซิโนเจน ย่อยสายกรดอะมิโนให้สั้นลงอีก โดยเฉพาะตรงส่วนที่มีกรดอะมิโนทริปโตเฟน เมไทโอนีน ไทโรซีน หรือฟีนิลอะลานีน โมเลกุลของโปรตีนมีขนาดเล็กลงเรียกว่า เปปโตนหรือโพลีเปปไทด์
ผนังลำไส้ อะมิโนเปปติเดส	 ย่อยโพลีเปปไทด์เป็นไตรเปปไทด์ ไดเปปไทด์ และกรดอะมิโน

ตารางที่ 2.2 แสดงการย่อยคาร์โบไฮเดรตโดยเอนไซม์จากแหล่งต่างๆ

แหล่งผลิตเอนไซม์	สิ่งกระตุ้น	ชนิดของเอนไซม์ที่ผลิต	คาร์โบไฮเดรตที่ถูกย่อย	ผลผลิตจากการย่อย
ตับอ่อน	ฮอร์โมนซีครีตินและแพนครีโอซินจากผนังเยื่อเมือกในลำไส้	อะไมเลส	แป้ง ไกลโคเจน	โอลิโกแซคคาไรด์ มอลโตไตรโอส มอลโตส
ลำไส้	ฮอร์โมนเอนเตอโรครินินจากผนังเยื่อเมือกในลำไส้	ซูเครส แลคเตส มอลเตส ไอโซมอลเตส	ซูโครส แลกโตส มอลโตส ไอโซมอลโตส โอลิโกแซคคาไรด์	กลูโคสและฟรุคโตส กลูโคสและกาแลคโตส กลูโคส กลูโคส

ตารางที่ 2.3 แสดงการย่อยไขมันโดยเอนไซม์จากแหล่งต่างๆ

แหล่งผลิตเอนไซม์	ชนิดของน้ำย่อยและเอนไซม์	ผลผลิตจากการย่อย
ตับอ่อน	น้ำดี	ไขมันโมเลกุลเล็กๆ เกิดเป็นสารละลายอิมัลชัน
ตับอ่อนและผนังลำไส้	แพนครีเอติคไลเปสและอินเทสตินัลไลเปส	ไตรกรีเซอไรด์ ไดกรีเซอไรด์ โมโนกรีเซอไรด์ กรีเซอรอล กรดไขมันอิสระ

การวัดการย่อยอาหารและสารอาหาร

อาหารที่ให้สัตว์น้ำกินอาจวัดค่าการย่อยได้ 2 กรณี คือ การวัดอัตราการย่อยอาหาร และการวัดประสิทธิภาพการย่อยอาหาร

อัตราการย่อยอาหารคือระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยและเคลื่อนย้ายอาหารภายในท่อทางเดินอาหารตั้งแต่ปากจนถึงช่องขับถ่าย ค่าอัตราการย่อยอาหารมีวิธีการวัดหลายวิธี แต่ค่านี้บอกให้ทราบว่าอาหารถูกย่อยเร็วหรือช้าเท่านั้น

ประสิทธิภาพการย่อยอาหารเป็นการวัดความสามารถในการย่อยอาหารหรือสารอาหารของสัตว์น้ำว่าย่อยได้มากน้อยเพียงใด ในการวัดประสิทธิภาพการย่อย ถ้าทราบปริมาณของอาหารส่วนที่ไม่ถูกย่อยแล้วนำไปหาผลต่างจากปริมาณของอาหารที่สัตว์น้ำกิน ผลต่างที่ได้จะเป็นปริมาณของอาหารส่วนที่ถูกย่อยหรือส่วนที่ย่อยได้ อาหารส่วนที่ไม่ถูกย่อยหรือเหลือจากการย่อยถูกขับถ่ายออกมาเป็นมูล (เวียง, 2543)

การประเมินคุณค่าทางอาหาร

การประเมินคุณค่าทางอาหารมีจุดมุ่งหมายเพื่อทราบประสิทธิภาพของอาหารต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำที่เลี้ยงเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้อาหารซึ่งมีประสิทธิภาพสูง นอกจากนั้นยังมีประโยชน์ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอาหารแต่ละชนิดอีกด้วย ในการประเมินคุณค่าของอาหารจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลเกี่ยงกับปริมาณและคุณภาพของสารอาหารกับข้อมูลเกี่ยวกับการพัฒนาการของร่างกายสัตว์น้ำที่เกิดจากการทดลองเลี้ยง (เวียง, 2543)

รายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Wikerson, (1998) รายงานว่า ความต้องการปริมาณโปรตีนสำหรับปลาการ์ตูนที่แท้จริงนั้นยังไม่ทราบแน่ชัด แต่อาหารที่ใช้กับปลาการ์ตูนของ Instant Ocean hatchery มีโปรตีน 50-60% และมีไขมัน 5-15% แหล่งอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงปลาตู้มี อาหารธรรมชาติ ได้แก่ แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ ลูกกุ้ง เคย อาหารมีชีวิต ได้แก่ อาร์ทีเมีย ตัวอ่อนแมลง อาหารสดและอาหารแช่แข็ง ได้แก่ กุ้ง หอยลาย นอกจากนี้ยังมีพืชหลายชนิดที่สามารถนำมาให้ปลากินและสามารถเก็บแช่แข็งไว้ได้หลายเดือน เช่น สาหร่าย ผักกาดหอม เป็นต้น (Blassiola,1991)

Tuan,1986 ได้สำรวจเอกสารเกี่ยวกับปริมาณความต้องการโปรตีนของปลาเศรษฐกิจเพื่อใช้ในการผลิตอาหารสำเร็จรูป ในการทำอาหารสำเร็จรูปโดยทั่วไปใช้ปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพสูงซึ่งเป็นปัจจัยจำกัดในด้านแหล่งวัตถุดิบ จึงต้องมีการหาแหล่งใหม่เพิ่มเติมอยู่เสมอโดยการหาแหล่งโปรตีนจากพืชมาทดแทน เช่น การใช้กากถั่วเหลืองทดแทนปลาป่น

Gomes, *et .al.* 1995 รายงานว่าข้อมูลจากการหาประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดต่างๆเป็นประโยชน์มากในการประกอบอาหารสำเร็จรูป และ Morales, *et. al*, 1999 กล่าวว่าการประเมินประสิทธิภาพการย่อยอาหารของสัตว์ต้องการความแม่นยำจากสิ่งที่สัตว์กินเข้าไป จากสารอาหารที่ดูดซึมไปใช้และสารอาหารที่เหลือ ในการศึกษาถึงการย่อยอาหาร ต้องการวิธีที่รวดเร็ว ง่าย และแม่นยำ วิธีการทดลองมีการใช้ marker 2 แบบ คือ internal marker และ external marker และจากการทดลองของเขาซึ่งเปรียบเทียบการใช้ marker ต่างๆกันกับอาหารสำเร็จรูปที่ประกอบด้วยวัตถุดิบอาหารสัตว์หลายชนิดพบว่า crude fiber ซึ่งเป็น internal marker มีประสิทธิภาพดีพอกับ Cr_2O_3 ซึ่งเป็น external marker และเป็นที่นิยมใช้ในการศึกษาการย่อยอาหาร ส่วนแร่ธาตุที่ไม่ย่อยสลายในกรดซึ่งเป็น internal marker พบว่ามีประสิทธิภาพต่ำกว่า Cr_2O_3 อย่างมีนัยสำคัญ

การย่อยอาหารเป็นปัจจัยหนึ่งที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของวัตถุดิบอาหารสัตว์ ประสิทธิภาพการย่อยอาหารจากวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้มากน้อยเพียงใดขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารนั้น นอกจากนี้ยังขึ้นกับความสามารถในการย่อยอาหารของสัตว์แต่ละชนิดด้วย (ตารางที่ 2.4)

ตารางที่ 2.4 แสดงการย่อยอาหารและประสิทธิภาพการย่อยอาหารของปลาชนิดต่างๆที่ให้กินอาหารที่มีโปรตีนจากแหล่งต่างๆ

แหล่งโปรตีน	ประสิทธิภาพการย่อยอาหาร(%)	แหล่งอ้างอิง
ปลาคาร์พ (common carp)		
ปลาป่น	95	Shirota (1989)
เคซีน	98.6	Yang (1974a)
ถั่วเหลือง	81	Yang(1988)
ข้าวโพด	66	ditto
แป้งวีท	64-84	ditto
ถั่วลิสงอัดแผ่น	85	ditto
ปลาคาร์พ (grass carp)		
ปลาป่น	86.1	Liao (1988)
ปลาป่น	90.8	Law (1986)
ถั่วเหลืองอัดแผ่น	96.2	Law (1986)
ถั่วเหลืองอัดแผ่น	95.5	Yang(1988)
ถั่วลิสงอัดแผ่น	92	Yang(1988)
ข้าวโพด	50.6	Law (1986)
ปลานิล (*Oreochromis niloticus*)		
ปลาป่น	78.2	Liao(1988)
ถั่วเขียวอัดแผ่น	76.0	ditto
รำข้าว	62.2	ditto

แหล่งที่มา : Song,1994

สาหร่ายที่มีรายงานการศึกษาเพื่อใช้เป็นแหล่งโปรตีน ได้แก่ *Ulva pertusa*, *Ascophyllum nodosu,* และ *Porphyra yezoensis* การใส่สาหร่ายในอาหารเพียง 3-5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้การดูดซับสารอาหารช้าลง มีผลให้สามารถใช้ประโยชน์จากคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนเพิ่มขึ้น(Mustafa *et al*, 1995)

Sugiura *et al*, 1998 รายงานว่า ประสิทธิภาพการย่อยอาหารที่มีวัตถุดิบต่างกันจะแตกต่างกัน ประสิทธิภาพการย่อยอาหารจากแหล่งโปรตีนที่ได้จากพืชจะมีความผันแปรมากกว่าแหล่งโปรตีนจากสัตว์ อย่างไรก็ตาม มีปัจจัยอื่นๆที่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบอาหารที่มีผลกระทบต่อการย่อยอาหารของสัตว์ เช่น สภาวะแวดล้อม วิธีการให้อาหาร เทคนิคต่างๆในการทำอาการ เป็นต้น (Degani *et al*, 1997; McGoongan and Reigh, 1996)

Bullestrazzi *et al*, 1994อ้างว่า ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนอยู่ระหว่าง 69-90 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนจากสัตว์มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับชนิดปลา สภาวะแวดล้อม อายุปลา แหล่งโปรตีน เอนไซม์ในระบบทางเดินอาหาร ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนเพิ่มขึ้นเมื่อระดับโปรตีนเพิ่มขึ้น สัตว์กินเนื้อย่อยโปรตีนดีกว่าสัตว์กินพืช ในขณะที่สัตว์กินพืชใช้ประโยชน์จากคาร์โบไฮเดรตได้ดีกว่า (Song,1994; Henken, 1985; Jobling, 1980; Lovell, 1987)

Degani *et al*, 1997 ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยอาหารของปลานิล(*Oreochromis aureus* × *O. nilitocus*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปประกอบด้วยแหล่งโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต 50% และอาหารมาตรฐาน 50 % พบว่า ปลานิลย่อยโปรตีนจากปลาป่นได้ 90% ย่อยถั่วเหลืองได้ 95 %

Hossain *et al*, 1997 ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยอาหารของปลาจีน Rohu *(Labeo rohita)* พบว่าประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนปลาป่นเท่ากับ 80.23% ประสิทธิภาพการย่อยถั่วเหลืองเท่ากับ 86.6 %

Chong *et al*, 2002 ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบอาหารสัตว์ การย่อยโปรตีนในวัตถุดิบอาหารสัตว์ของปลาปอมปาดัวโดยวิธีทดลองกับสัตว์และทดลองในห้องปฏิบัติการ (digestion method) พบว่าวิธีการทดลองกับสัตว์ ปลาปอมปาดัวย่อยปลาป่นได้ 78.15% ย่อยโปรตีนในปลาป่นได้ 91.18% วิธีทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่าปลาปอมปาดัวย่อยปลาป่นได้ 67.22-87.52 % และย่อยโปรตีนในปลาป่นได้ 76.8-88.0 % โดยย่อยโปรตีนในเคซีน>ปลาป่น>กากถั่งเหลือง> หัวใจสัตว์> อวัยวะสัตว์ปีกที่เหลือใช้> แป้งวีท

Catacutan *et al*, 2003 ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบอาหารสัตว์ ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน ไขมัน ไฟเบอร์ และ NFE ของปูดำ *Scylla serata* ในอาหารที่ประกอบด้วย ปลาป่น หมึกป่น เคย เนื้อและกระดูกป่น และวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นพืช 5 ชนิดพบว่า ปูดำมีประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้ดีทั้งพืชและสัตว์ มีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน การย่อยๆไฟเบอร์และเถ้าของวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้ดี ส่วนประสิทธิภาพการย่อยไขมันจากวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นพืชซึ่งมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงปูดำสามารถย่อยได้ดีกว่าการย่อยไขมันจากวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นสัตว์ที่มีปริมาณโปรตีนสูง ปูดำมีประสิทธิภาพการย่อย NFE (nitrogen free extract) ของข้าวโพดสูงสุด ส่วนในเนื้อและกระดูกป่น และในเคย ย่อยได้ต่ำ โดยปูดำมีประสิทธิภาพการย่อยปลาป่น (Perivian fish meal)เท่ากับ 89.9% ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนเท่ากับ 94.8%ไขมันเท่ากับ 81.0% ไฟเบอร์เท่ากับ 89.4 % NFEเท่ากับ 93.2% และเถ้าในปลาป่นเท่ากับ 76.0% (Catacutan *et al*, 2003) มีประสิทธิภาพการย่อยหมึกป่นเท่ากับ 93.6% ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนเท่ากับ 97.6% ประสิทธิภาพการย่อยไขมันเท่ากับ 87.8% ประสิทธิภาพการย่อยไฟเบอร์เท่ากับ 96.6 % ประสิทธิภาพการย่อย NFE เท่ากับ 93.1% และประสิทธิภาพการย่อยเถ้าในปลาป่นเท่ากับ 82.2% มีประสิทธิภาพการย่อยเคยเท่ากับ 88.3% ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนเท่ากับ 94.9%ประสิทธิภาพการย่อยไขมันเท่ากับ 87.2% ประสิทธิภาพการย่อยไฟเบอร์เท่ากับ 92.9 % ประสิทธิภาพการย่อย NFEเท่ากับ 87.6% และประสิทธิภาพการย่อยเถ้าในปลาป่นเท่ากับ 70.1% (Catacutan *et al*, 2003)

Sugiura *et al*, 1998 ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนและแร่ธาตุในวัตถุดิบอาหารสัตว์หลายชนิดในปลา coho salmon และปลา rainbow trout พบว่าประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน และโปแตสเซียมในวัตถุดิบอาหารสัตว์ทุกชนิดมากกว่า 80 % ปลา coho salmon สามารถย่อยโปรตีนในปลา Herring meal เท่ากับ 94.7% ในปลาAnchovy meal เท่ากับ 91.4% ในปลาMenhaden meal เท่ากับ 87.7% ปลา rainbow trout สามารถย่อยโปรตีนในปลา Herring meal เท่ากับ 94.6% ในปลา Anchovy meal เท่ากับ 93.7% ในปลาMenhaden meal เท่ากับ 89.8%

McGoogan และ Reigh, 1996 ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบอาหารสัตว์ของปลา Red drum (*Sciaenops ecellatus*) ในเลือดป่น ข้าวโพดป่น เมล็ดฝ้าย ข้าวฟ่าง เนื้อและกรดดูกป่น ปลาเมนฮาเดนป่น (Menhaden meal) รำข้าว กากถั่วเหลือง พบว่า ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนของวัตถุดิบอาหารสัตว์ทุกชนิดอยู่ในช่วง 74-100 % มีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนสูงที่สุดในอาหารสัตว์ที่มีองค์ประกอบโปรตีนสูง (> 60%) และมีปริมาณไฟเบอร์ต่ำ (<2%) มีประสิทธิภาพการย่อยพลังงานค่อนข้างต่ำในวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นสัตว์ (54-60%) แต่มีประสิทธิภาพการย่อยพลังงานในวัตถุดิบอาหารที่เป็นพืชต่ำกว่า (12-52%) โดยปลา Red drumมีประสิทธิภาพการย่อยปลาป่นโปรตีนและพลังงานในปลาป่น เท่ากับ 76.79%, 95.87% และ 60.14 %

Sullivan และ Reigh, 1995 ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบอาหารสัตว์ของปลา hybrid striped bass (*Morone saxatilis* female x *M. Chrysops male*) ประกอบด้วยปลาเมนฮาเดนป่น (menhaden meal) เนื้อและกระดูกป่น เลือดป่น และวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นพืช พบว่าปลา hybrid striped bass ย่อยโปรตีนในวัตถุดิบอาหารสัตว์ทุกชนิดอยู่ในช่วง 71-93 % ย่อยปลาป่น โปรตีนและพลังงานในปลาป่นได้ 83.74%, 88.23 %และ 86.56 %

Rachmansyah *et al*, 2003 ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบอาหารสัตว์ของปลา Humpback grouper (*Cromileptes altivelis*) สามารถย่อยหัวกุ้งป่น โปรตีนและพลังงานในหัวกุ้งป่นได้เท่ากับ 58.5%และ 78 63.6% นอกจากนี้สรุปว่าปลา Humpback grouper สามารถย่อยโปรตีนจากพืชและสัตว์ได้ดี ขณะที่การย่อยวัตถุดิบอาหารสัตว์และพลังงานของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นสัตว์และมีโปรตีนสูงได้ดีกว่าวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นพืชและมีคาร์โบไฮเดรตสูง

Grunstone และ Leelarasamee, 2002 ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยไขมันและกรดไขมันในปลา Australia shortfin eel (*Anguilla australis*) พบว่า แหล่งไขมันไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนและพลังงานของปลา Australia shortfin eel ประสิทธิภาพการย่อยไขมันต่ำสุดใน linseed oil และสูงสุดในcod liver oil ประสิทธิภาพการย่อยกรดไขมันอิ่มตัวใน cod liver oil ลดลงเมื่อกรดไขมันมีความยาว chain มากขึ้น

วีระพงศ์ 2537 อ้างถึง Windell *et al*, 1978 รายงานว่าขี้ปลาที่ละลายในน้ำภายใน 1 ชั่วโมง ทำให้สูญเสียโปรตีน 12% และ ไขมัน 4 % หรือเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน 10 % เพิ่มประสิทธิภาพการย่อยไขมัน 3.7 % นอกจากนี้ ขี้ปลาที่อยู่ในน้ำเป็นเวลา 16 ชั่วโมง จะเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน 10% เพิ่มประสิทธิภาพการย่อยไขมัน 8.2%

Windell *et al*, 1978 รายงานว่า ประสิทธิภาพการย่อยอาหาร การย่อยโปรตีนและการย่อยไขมันจะเพิ่มขึ้นเมื่อขี้ปลาจมอยู่ในน้ำนาน 4 ชั่วโมง ค่าประสิทธิภาพการย่อยจะเปลี่ยนแปลงมากในชั่วโมงแรก หลังจากนั้นในชั่วโมงที่ 4-16 ชั่วโมงจะไม่เปลี่ยนแปลง Satoh *et al*, 1992 รายงานว่าประสิทธิภาพการย่อยอาหาร การย่อยโปรตีน และการย่อยไขมัน จะไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อขี้ปลาอยู่ในน้ำ 3-15 ชั่วโมง Hajen *et al*, 1993. รายงานว่าสารอาหารในขี้ปลาที่สูญเสียไปในน้ำของปลา chinook salmon เกิดขึ้นระหว่าง 6-18 ชั่วโมง เมื่ออยู่ในน้ำเค็ม

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลอง

1. เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมี

1.1 เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมีในการเลี้ยงปลาและทำระบบกรอง เช่น เครื่องปั่นอาหาร ปั๊มน้ำ ถังไฟเบอร์ 100 ลิตร ท่อพีวีซี สวิง หัวทราย สายอากาศ ไบโอบอล ถังพักน้ำ แท่งแก้ว ยาเหลือง ฟอร์มาลิน และ วัตถุดิบอาหารสัตว์ (อาหารสด) ได้แก่ ปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้ง เคย และ อาร์ทีเมียตัวเต็มวัย

1.2 เครื่องมือ วิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร

เครื่องมือ	บริษัทผู้ผลิต
ตู้เย็นอุณหภูมิต่ำ	
ตู้อบแห้ง	
เครื่องทำความเย็น	
เครื่องวิเคราะห์ไนโตรเจน	Kjeltec System 1002,Tecator, Sweden
ชุดวิเคราะห์ไขมัน (Soxhlet)	
เตาเผา	
Freeze Dryer	
หลอดย่อยสลายตัวอย่าง	
ชุดย่อยสลายตัวอย่าง	
Gas Chromatography (GC)	Hewlett Packard รุ่น HP 5890 series II
เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง (Analytical balance)	A&D, Japan
Bio-mixer	Nissei, Japan
Hot air oven	Yamato, Japan
เครื่องปั่นแยกสารแบบควบคุมอุณหภูมิ	Tomy Seiko, Japan
เครื่องระเหยสาร	Buchi, Switzerland
คอลัมน์กรดไขมัน (FAME WAX)	restek, USA.

1.3 สารเคมีวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร

ชื่อสารเคมี	บริษัทผู้ผลิต
ปิโตเลียม อีเทอร์	Labscan, England
กรดไฮโดรคลอริค	BDH,England
โซเดียมไฮดรอกไซด์	Merck, Germany
อะซิโตน	Merck, Germany
Kjeltab	FOSS ,Sweden

เมทธิลเรด	Merck, Germany
โบรโมกรีซอลกรีน	Merck, Germany
โซเดียมคาร์บอเนต	Merck, Germany
กรดบอริค	Merck, Germany
เมทธานอล AR Grade	BDH, England
คลอโรฟอร์ม, AR Grade	BDH, England
n-เฮกเซน, AR Grade	Merck, Germany
กรดซัลฟุริค, AR Grade	Merck, Germany
Butylated Hydroxytoluene (BHT), AR Grade	Sigma, USA.
โปแตสเซียม คลอไรด์, AR Grade	Merck, Germany
โซเดียม คลอไรด์, AR Grade	Merck, Germany
โปแตสเซียมไบคาร์บอเนต, AR Grade	Fluka, Switzerland
โซเดียมซัลเฟต (anhydrous) AR Grade	Merck, Germany
สารมาตรฐานกรดไขมัน PUFA No. 3 แบบผสม	Supelco, USA.
สารมาตรฐานเปรียบเทียบ (Reference material)	
Menhaden oil	Supelco, USA
แก๊สฮีเลียม	TIG
แก๊สไฮโดรเจน	TIG
แก๊สออกซิเจน	TIG
แก๊สไนโตรเจน	TIG

1.4 อุปกรณ์วิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร เช่น โหลดูดความชื้น ถ้วยกระเบื้อง ขวดใส่สารเคมี Thimble กระดาษกรอง ปากคีบ หลอดวิเคราะห์ไนโตรเจน ดรอปเปอร์ กรวยแก้ว ช้อนตักสาร กระดาษฟอล์ย แท่งแก้ว ฟลาสก์ ไปเปต บิวเร็ต กระบอกตวง แท่งแก้ว หลอดทดลอง บีกเกอร์ ขวด vial และ Separated funnel เป็นต้น

2. วิธีดำเนินการทดลอง

2.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 5×3 completely randomized design ประกอบด้วย อาหารสด 5 ชนิดได้แก่ ปลาข้างเหลือง หอยลายสด อาร์ทีเมีย กุ้ง และ เคย โดยทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

2.2 การเตรียมปลา

นำปลาการ์ตูนส้มขาว *(Amphiprion ocellaris)* ขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 4.54 กรัม ความยาวเฉลี่ย 5.20 ซ.ม. จากหน่วยวิจัยการเพาะเลี้ยงและจากธรรมชาติมาใส่ในถังพักใส่ยาเหลือง 1 พีพีเอ็ม

5 วัน ก่อนนำไปใส่ถังทดลองจำนวน 10 ตัว/ถัง ให้ปลาปรับตัวเข้ากับอาหารและสภาพแวดล้อมเป็นเวลา 2 สัปดาห์

2.3 การเตรียมการทดลอง

นำถังไฟเบอร์ขนาด 45 ×60× 45 ซ.ม. จำนวน 15 ใบวางเรียงกัน 2 แถว ต่อระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิดสำหรับทดลอง ซึ่งประกอบด้วยถังพักน้ำและกล่องใส่ไบโอบอล ในถังพักน้ำมีปั๊มน้ำจำนวน 2 ตัว สำหรับสูบน้ำเข้าสู่ถังไฟเบอร์ทดลองและเข้าสู่กล่องไบโอบอล บริเวณใต้ถังไฟเบอร์ท่อสำหรับหมุนเวียนน้ำไหลกลับจากถังไฟเบอร์สู่ถังพักน้ำ หลังจากนั้นรอให้ระบบกรองทำงานอย่างสมบูรณ์ก่อนเริ่มการทดลอง

ภาพที่ 3.1 แสดงถังไฟเบอร์ที่ใช้สำหรับการทดลอง

2.4 การเตรียมอาหาร

อาหารที่ใช้ในการทดลองเป็นอาหารสดที่นิยมนำมาเลี้ยงปลาทะเลสวยงาม ได้แก่ ปลาข้างเหลือง หอยลาย อาร์ทีเมียตัวเต็มวัย กุ้งและ เคย โดยวิธีการเตรียมอาหารชนิดต่างๆดังนี้

1. ปลาข้างเหลือง นำปลามาหั่นเป็นชิ้น บดด้วยเครื่องบดอาหารก่อนให้ปลากิน
2. หอยลาย เฉพาะส่วนเนื้อหอยที่ตัดระบบทางเดินอาหารออก บดด้วยเครื่องบดอาหารก่อนให้ปลากิน
3. กุ้งทะเล นำกุ้งทะเลขนาดเล็กหลายชนิด เช่น กุ้งขาว กุ้งปล้อง แกะหัวและหางออกทิ้ง บดด้วยเครื่องบดอาหารก่อนให้ปลากิน
4. เคย นำเคยสดจากทะเล มาเก็บไว้ใน อุณหภูมิต่ำกว่า- 0°C บดด้วยเครื่องบดอาหารก่อนให้ปลากิน
5. อาร์ทีเมียตัวเต็มวัย นำอาร์ทีเมียมาเลี้ยงด้วยสาหร่ายเตตร้าเซลมิสในถังไฟเบอร์ก่อนให้ปลากิน

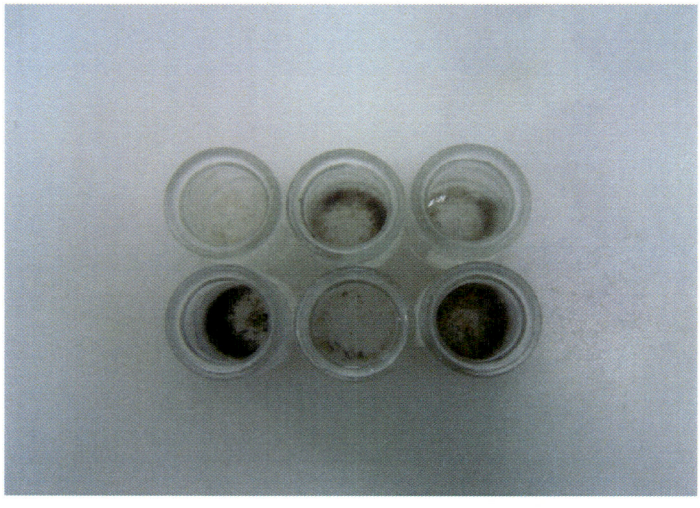
นำอาหารทุกชนิดที่ใช้ในการทดลองมาวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ไขมัน ไฟเบอร์ เถ้า และคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำ(NFE) (AOAC,1990)

2.5 การให้อาหารปลาการ์ตูนส้มขาว

ให้ปลาการ์ตูนส้มขาวกินอาหารไม่จำกัดอัตราการกินและให้กินวันละ 2 ครั้งเวลา 09.00 น. และ 14.00 น

2.6 การเก็บตัวอย่างขี้ปลาวิเคราะห์

เก็บขี้ปลาหลังจากให้ปลาการ์ตูนส้มขาวส้มขาวกินอาหารแล้ว 3 ช.ม. และ 24 ช.ม. โดยวิธีการกาลักน้ำ (Siphon) และโดยวิธีใช้สายยางขนาดเล็กดูดขึ้นจากน้ำโดยไม่ทำให้ตัวอย่างแตกสลาย โดยไม่เก็บตัวอย่างขี้ปลา 2 สัปดาห์หลังจากที่ปลาการ์ตูนส้มขาวส้มขาวกินอาหาร นำตัวอย่างขี้ปลาไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตัวอย่างขี้ปลาที่กินอาหารชนิดเดียวกันนำมารวมกันในถุงพลาสติกปิดปากถุงให้แน่นเก็บในโหลดูดความชื้น เพื่อทำการวิเคราะห์



ภาพที่ 3.2 แสดงตัวอย่างขี้ปลาพร้อมที่จะนำไปอบแห้งและวิเคราะห์สารอาหาร

2.7 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ไขมัน ไฟเบอร์ เถ้าและ คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (NFE) ในตัวอย่างอาหารและขี้ปลา (ดัดแปลงAOAC,1990) วิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างอาหาร (ดัดแปลง bligh and dyer, 1959)

2.7.1 การหาปริมาณโปรตีน

ขั้นตอนการย่อย

- ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 0.5-1.0 กรัม ใส่ในหลอดย่อย
- ใส่Kjeltab 2 เม็ด (K2SO4: CuSO4) ใส่ลูกแก้ว 2-3 เม็ด เพื่อป้องกันการเดือดรุนแรง
- เติม กรดซัลฟุริคเข้มข้น ประมาณ 15 มิลลิลิตร
- ตั้งหลอดย่อยบนStand ปิดฝาครอบหลอด สวม Exhaust Manifold ลงที่ส่วนบนของหลอดย่อย เปิดสวิทช์ของ Exhaust
- ใส่ Stand พร้อมหลอดและ Exhaust ลงในเครื่องย่อยที่ตั้งอุณหภูมิไว้ที่420 °C
- ตั้งอัตราการไหลของอากาศของ Exhaust Manifold เต็มที่ ย่อยเป็นเวลา 5 นาที จากนั้น

ลดอัตราการดูดอากาศลงเพื่อให้ไอกรดไหลวนเวียนอยู่ในระบบ ย่อยต่อจนกระทั่งได้สารละลายใส ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

ขั้นตอนการกลั่น

- เปิดก๊อกน้ำหล่อเย็นที่เครื่องกลั่น เปิดสวิทช์เครื่องกลั่น
- ใส่หลอดเปล่าในตำแหน่งรอรับด่าง โยกคันโยกโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงมา2-3 ครั้งให้แน่ใจว่าไม่มีฟอง อากาศหลงเหลืออยู่ในท่อโซเดียมไฮดรอกไซด์
- อุ่นเครื่องโดยใช้ ฟลาสก์เปล่ารองรับและใส่หลอดที่มีน้ำกลั่นอยู่ประมาณครึ่งหลอด โดยเปิดให้ไอน้ำกลั่นเป็นเวลาประมาณ 5 นาที
- ปิดวาล์วไอน้ำ นำหลอดและฟลาสก์ออกจากเครื่องกลั่น
- หยด อินดิเคเตอร์(โบรโมกรีซอล กรีน+เมทธิลเรด) จำนวน 3 หยดลงฟลาสที่มี กรดบอริค 4% ปริมาตร 25 ม.ล. นำไปตั้งที่ตำแหน่งและเลื่อนฐานขึ้น ให้ปลายแท่งแก้วจุ่มอยู่ในสารละลาย
- นำหลอดย่อยที่เตรียมไว้มาเติมน้ำกลั่น 60 มิลลิลิตร นำไปวางไว้ในตำแหน่งวาง ปิดหน้าต่างป้องกันลงมา
- โยกคันโยกโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงมา เปิด Steam ตั้งเวลาที่ใช้ในการกลั่นและตรวจดูปริมาตรในฟลาสก์รองรับให้ได้ปริมาตร 150 มิลลิลิตร
- เมื่อกลั่นเสร็จแล้ว ปิด Steam เลื่อนหน้าต่างป้องกันขึ้น ถอดหลอดย่อยออกและนำฟลาส มาไตเตรทกับ กรดไฮโดรคลอริค จนได้สารละลายสีส้มแดง (จุดยุติ)

$$\%N = \frac{14.01 \times \text{ความเข้มข้นHCL} \times \text{ปริมาตรกรดHCL ไตเตรทตัวอย่าง} \times \text{ปริมาตรHCL ไตเตรทBlank}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง(กรัม)} \times 10}$$

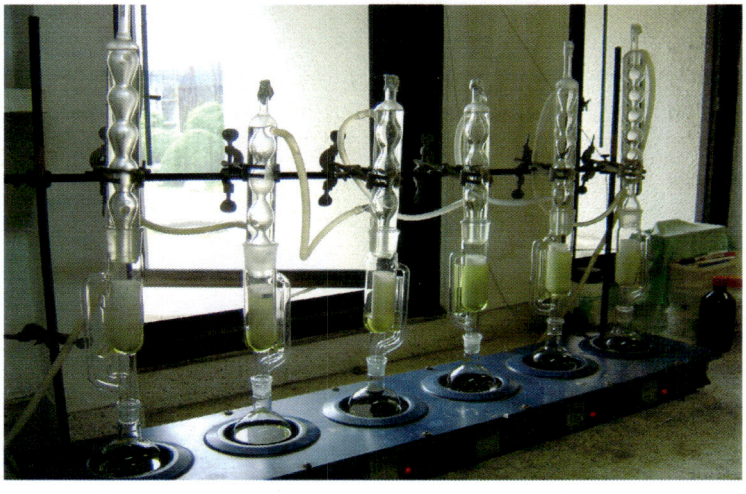
$$\%P = \%N \times 6.25$$

2.7.2 การหาปริมาณไขมัน

- อบฟลาสก์ก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร ที่ 110 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นในโหลดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก นำไปอบอีกและชั่งน้ำหนักจนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่
- ชั่งตัวอย่างประมาณ 1 กรัม (น้ำหนักแน่นอน) ใส่ลงในกระดาษกรอง พับกระดาษกรอง ใส่ในThimbleและใส่ Thimble ลงในExtrction Tube
- ใส่ Petroleum Ether ในฟลาสก์ก้นกลม 200 ม.ล. นำไปใส่ในเตาหลุม เปิดสวิทช์ไฟตั้งอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 40-60 °C และ เปิดก๊อกน้ำหล่อเย็น
- สกัดตัวอย่างเป็นเวลา 36 ชั่วโมงหรือจนกระทั่งตัวอย่างใส นำเอาฟลาสก์ก้นกลมที่บรรจุ Petroleum Ether ออกมาระเหยให้แห้งด้วยเครื่อง Evaporator และนำไปอบที่ 110 °C เป็นระยะเวลา ครึ่งชั่วโมง ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นในโหลดูดโดวามชื้น
- ชั่งน้ำหนักฟลาสก์และไขมัน น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นคือน้ำหนักไขมัน

$$\%\text{ไขมัน} = \frac{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

ภาพที่ 3.3 แสดงเครื่องกลั่นไนโตรเจนเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน



ภาพที่ 3.4 แสดงเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

2.7.3 การหาปริมาณไฟเบอร์

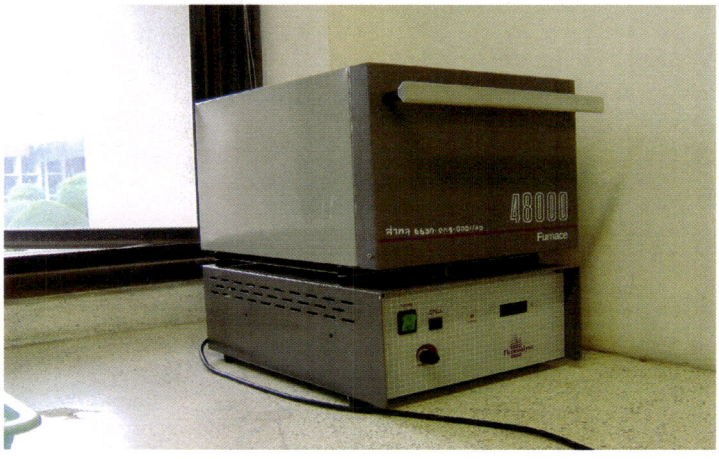
- นำตัวอย่างที่สัดไขมันออกแล้วมาชั่งน้ำหนักประมาณ 2 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ 1000 ม.ล.
- เติม กรดซัลฟุริค 1.25 % ลงในบีกเกอร์ 200 มล.นำไปต้มให้เดือด 30 นาที
- กรองสารละลายร้องโดยใช้ผ้ากรองแพลงก์ตอนขนาด 100 ไมครอน ล้างส่วนที่เหลือด้วยน้ำร้อน
- เทตัวอย่างคืนสู่บีกเกอร์ เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.25% 200 มล. นำไปต้มให้เดือด 30 นาที
- กรองสารละลายร้อนโดยใช้ผ้ากรองแพลงก์ตอนขนาด 100 ไมครอน และล้างส่วนที่เหลือด้วยน้ำร้อนและอะซิโตน
- เทส่วนที่เหลือลงในถ้วย crusible ที่ผ่านการชั่งน้ำหนักแล้ว
- นำไปอบแห้งในตู้อบอุณหภูมิ 110 อาศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
- นำตัวอย่างไปทำให้แห้งในโหลดูดความชื้นและ ชั่งน้ำหนัก
- นำตัวอย่างไปเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 500 อาศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ชั่งหาน้ำหนักเถ้า

$$\% \text{ ไฟเบอร์} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ- น้ำหนักเถ้า})}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}} \times 100$$

2.7.4 การหาปริมาณเถ้า

- อบถ้วยกระเบื้องที่สะอาดอุณหภูมิ 180 °C ชั่งน้ำหนัก จนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่
- ชั่งตัวอย่างประมาณ 1 กรัม(น้ำหนักแน่นอน) ใส่ในถ้วยกระเบื้องที่อบแล้ว นำไปเผาที่อุณหภูมิ 500 °C 12 ชั่วโมง
- ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นในโหลดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นคือน้ำหนักเถ้า

$$\% \text{ เถ้า} = \frac{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$



ภาพที่ 3.5 แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

2.7.5 การหาปริมาณคาร์โบไฮเดรต (NFE)

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตได้มาจากการนำค่าเปอร์เซ็นต์สารอาหารต่างๆไปลบออกจาก 100 ซึ่งจะได้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นค่าประมาณ

%คาร์โบไฮเดรต(NFE) = 100- %โปรตีน -%ไขมัน- ไฟเบอร์- %เถ้า

2.7.6 การวิเคราะห์กรดไขมัน (ดัดแปลง Brigh&Dryer, 1959)

1. การเตรียมสารละลายมาตรฐาน(Internal standard)

ชั่งน้ำหนักสาร Heneicosanoic acid (C21:0) 0.01 กรัม นำมาละลายในเฮกเซน ปรับปริมาตรให้เท่ากับ 100 มิลลิลิตร เก็บไว้ในอุณหภูมิต่ากว่า 0°C เติมลงในทุกตัวอย่างในขั้นตอนการทำ Methylation

2 การเตรียม สารละลายมาตรฐาน(External standard)

นำสารละลายมาตรฐานที่ทราบน้ำหนักทั้งหมดมาละลายด้วยเฮกเซน นำมารวมกันในขวดVolumetric flask ปรับปริมาตรเป็น 10 มิลลิลิตร นำไปฉีดด้วยเครื่องแกสโครมาโตกราฟฟี่เพื่อหาปริมาตรและเวลาของสารมาตรฐานแต่ละตัว ด้วย สภาวะที่ใช้วิเคราะห์ ดังนี้

เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ (Hewlett Packard 5890 series II)

คอลัมน์	Famewax ขนาด 30 m. x 0.25 mm. x 0.25 μm. (length x diameter x film thickness)
แก๊สเคลื่อนที่	แก๊สฮีเลียม อัตราการไหล 1.3 มล/นาที
อุณหภูมิเตาอบ	120 °C 0.5 min
	120° C ⟶ 195° C (5 min, 18° C/min)
	195° C ⟶ 205° C (7 min, 3° C/min)
	205° C ⟶ 220° C (10 min, 8° C/min)
อุณหภูมิช่องฉีดสาร	250° C
อุณหภูมิเครื่องตรวจวัด	250° C
เครื่องตรวจวัด	ชนิด Flame Ionizertion Detecter (FID)
ชนิดการฉีด	split 10:1
ปริมาตรที่ฉีด	1 μl

3 การสกัดตัวอย่าง

- ชั่งน้ำหนักตัวอย่างสด 0.50 กรัม ใส่หลอดเซนทิฟิวจ์แก้วขนาด 50 มิลลิลิตร ใส่เมธทานอล ปริมาตร 20 มิลลิลิตรที่ผสมด้วย BHT (Butylated Hydroxytoluene) 0.1 พีพีเอ็ม และสกัดด้วยเครื่อง Bio-mixer เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นนำไปแยกส่วนโดยใช้เครื่องปั่นแยกสารแบบควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 20 °C เป็นเวลา 5 นาที เก็บส่วนบนไว้ใน Separated funnel
- นำส่วนล่างมาเติมคลอโรฟอร์มปริมาตร 10 มิลลิลิตรที่ผสม BHT 0.1 พีพีเอ็ม สกัดและปั่นแยกส่วนเช่นเดียวกับขั้นตอนแรก เก็บสารละลายส่วนบนรวมกัน
- นำส่วนล่างมาสกัดต่อด้วยเมทานอล 10 มิลลิลิตร และคลอโรฟอร์ม 20 มิลลิลิตร สกัดและปั่นแยกส่วนเช่นเดียวกับขั้นตอนแรก เก็บสารละลายส่วนบนทั้งหมดรวมกัน
- เติม 0.88% โปตัสเซียมคลอไรด์ ¼ ของสิ่งสกัด เติม เมทานอล+น้ำ (1:1) เขย่าตั้งให้แยกชั้น เก็บส่วนล่างใส่ในขวดระเหยสารที่อบและชั่งน้ำหนักไว้แล้ว นำไประเหยสารและเป่าแห้งด้วยแก๊สไนโตรเจน จากนั้นนำสารที่ได้ไปชั่งน้ำหนักไขมัน

4. ขั้นตอนการทำ Methylation

- เติม 2 % กรดซัลฟูริคในเมทานอลปริมาตร 10 มิลลิลิตร ลงในสารที่ระเหยแห้ง
- เติม Internal standard 1 มิลลิลิตร นำไปใส่ ตู้อบที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ตั้งทิ้งให้เย็น
- เติม 5%โซเดียมคลอไรด์ปริมาตร 5 ม.ล. และ เติมเฮกเซนปริมาตร 5 ม.ล. เขย่าและเก็บชั้นเฮกเซน ทำซ้ำอีกครั้งและเก็บชั้นเฮกเซนรวมกัน
- เติม 2% โปตัสเซียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต 40 มิลลิลิตร เขย่าล้าง จากนั้นเก็บชั้นเฮกเซน (ส่วนบน) กรองผ่านโซเดียมซัลเฟตปราศจากน้ำ นำสารที่ได้ระเหยและเป่าแห้งด้วยแก๊สไนโตรเจน
- เติมเฮกเซน 1 มิลลิลิตร นำไปวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณกรดไขมันด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ ต่อไป

5 การวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณกรดไขมัน

การศึกษาหาชนิดและปริมาณกรดไขมันในวัตถุดิบอาหารสัตว์นี้วิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของกรดไขมันจำนวน 17 ชนิด ได้แก่

C14:0	Myristic acid
C16:0	Palmitic acid
C16:1n-7	Palmitoleic acid
C18:0	Stearic acid

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

C18:1n-9	Oleic acid
C18:1n-7	Cis-vaccenic acid
C18:2n-6	Linoleic acid
C18:3n-3	Linolenic acid
C18:4n-3	Stearidonic acid
C20:1n-9	Eicosenic acid
C20:4n-6	Arachidonic acid
C20:4n-3	Eiocosatetraenoic acid
C20:5n-3	Eiocosapentaenoic acid (EPA)
C22:5n-3	Docosapentaenoic acid (DPA)
C22:6n-3	Docosahexaenoic acid (DHA)

6. การแยกและการตรวจวัด

สำหรับการวิเคราะห์หาชนิดของกรดไขมันใช้การเปรียบเทียบเวลาที่พีคของสารตัวอย่างถูกชะออกจากคอลัมน์เทียบกับเวลาของสารมาตรฐาน ส่วนการหาปริมาณของกรดไขมันทำโดยใช้การเปรียบเทียบพื้นที่ใต้พีคของตัวอย่างกับพื้นที่ทั้งหมดที่ฉีดเข้าไป โดยการคำนวณดังนี้

% กรดไขมันที่ต้องการทราบ=100 ×พื้นที่ใต้พีกของกรดไขมัน / A

A = พื้นที่กรดไขมันทั้งหมด -(พื้นที่เฮกเซน+พื้นที่BHT+ พื้นที่ internal)

7. การควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์กรดไขมัน

ได้ทำการทดสอบปริมาตรที่เหมาะสมในการฉีดสาร โดยเตรียมสารมาตรฐาน และนำไปฉีดเข้าเครื่องด้วยปริมาตรที่แตกต่างกันตั้งแต่ปริมาตร 0.5-2.5 µl จากนั้นนำไปเขียนกราฟระหว่างปริมาตรที่ฉีดกับความเข้มข้นของสาร จะพบว่ากราฟเป็นเส้นตรงในช่วงปริมาตรที่ฉีด 0.5-1.5 µl หลังจากนั้นกราฟเริ่มไม่เป็นเส้นตรง แสดงว่าปริมาตรที่เหมาะสมในการฉีดอยู่ในช่วง 0.5-1.5 µl

8. การควบคุมคุณภาพข้อมูล (Data Control)

ทำการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของกรดไขมันของสารมาตรฐานเปรียบเทียบ (Reference material) PUFA No.3 จาก Menhaden oil ตามขบวนการที่วิเคราะห์สารตัวอย่าง ได้ผลดังแสดงในตาราง 3.1

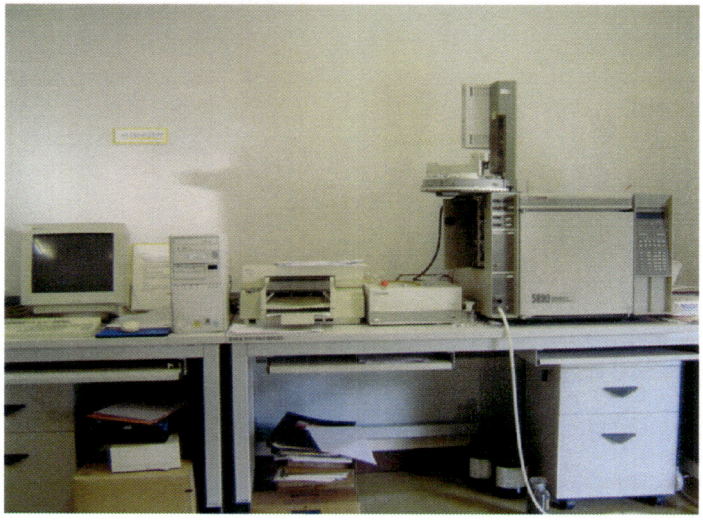
639.3772
ก 328 ก
ค.5
248964

ตารางที่ 3.1 การควบคุมคุณภาพข้อมูลของกรดไขมันจาก Menhaden oil (n=3)

ชนิดกรดไขมัน	Area Percent (%) สารมาตรฐานเปรียบเทียบ	Area Percent (%) จากการวิเคราะห์	% recovery
Myristic acid, C14:0	8.2	7.71	94.02
Palmitic acid , C16:0	15.4	15.53	100.84
Stearic acid, C18:0	2.8	2.96	105.71
Oleic acid, C18:1	6.8	7.19	105.73
Linalenic acid, C18:3n3	1.2	0.40	33.33
Stearidonic acid, C18:4n3	3.8	3.71	97.63
Eicosapentaenoic acid, C20:5n3	15.9	15.7	98.74
Docosapentaenoic acid, C22:5n3	2.3	2.21	96.09
Docosahexaenoic acid, C22:6n3	10.7	10.87	101.59
Tetracosenoic acid, C24:1	0.7	0.38	54.29

9. การทำ % recovery ของกรดไขมัน

นำตัวอย่าง 0.5 กรัม เติมสารละลายมาตรฐานกรดไขมัน cis –5,8,11,14,17-Eicosapentaenic acid ความเข้มข้น 1000 ppm. 1 มล. จากนั้นนำมาวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันตามวิธีที่วิเคราะห์ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์ได้ % recovery =89.19 % (n=3)



ภาพที่ 3.6 แสดงเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟที่ใช้ในการวิเคราะห์หากรดไขมัน

2.8 วิธีคำนวณประสิทธิภาพการย่อยอาหาร ประสิทธิภาพการย่อยสารอาหารตามวิธีของCho and Slinger,1979 ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพการย่อยอาหาร(\%)} = 100 - 100 \times \frac{\text{\% สารบ่งชี้ในอาหาร}}{\text{\% สารชี้บ่งในมูล}}$$

$$\text{ประสิทธิภาพการย่อยสารอาหาร(\%)} = 100 - 100 \times \frac{\text{\%สารชี้บ่งในอาหาร}}{\text{\%สารชี้บ่งในมูล}} \times \frac{\text{\% สารอาหารในมูล}}{\text{\% สารอาหารในอาหาร}}$$

2.9 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (ANOVA)ของข้อมูลประสิทธิภาพการย่อยอาหาร ประสิทธิภาพการย่อยสารอาหารด้วยโปรแกรม SPSS for windows version 10.0 (ศิริชัย, 2543) และหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ $P \leq 0.05$ ตามวิธี Duncan multiple range test

บทที่ 4

ผลการทดลอง

1. ประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบอาหารสัตว์ (อาหารสด)

จากผลการทดลองพบว่าปลาการ์ตูนส้มขาวมีประสิทธิภาพการย่อยปลาข้างเหลืองมากที่สุด เท่ากับ 96.77% ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) จากอาหารสดอีก 4 ชนิด ปลาการ์ตูนส้มขาวมีประสิทธิภาพการย่อยหอยลายมากกว่ากุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และ อาร์ทีเมียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P\leq0.05$) เท่ากับ 89.29 %มีประสิทธิภาพการย่อยกุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) มากกว่าเคย และ อาร์ทีเมียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P\leq0.05$)เท่ากับ 67.57% มีประสิทธิภาพมีประสิทธิภาพการย่อยเคยมากกว่าอาร์ทีเมียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P\leq0.05$) เท่ากับ 26.88% และมีประสิทธิภาพการย่อยอาร์ทีเมียน้อยที่สุด เท่ากับ 21.28 % ตามลำดับ(ตารางที่ 4.1 ภาพที่ 4.1)

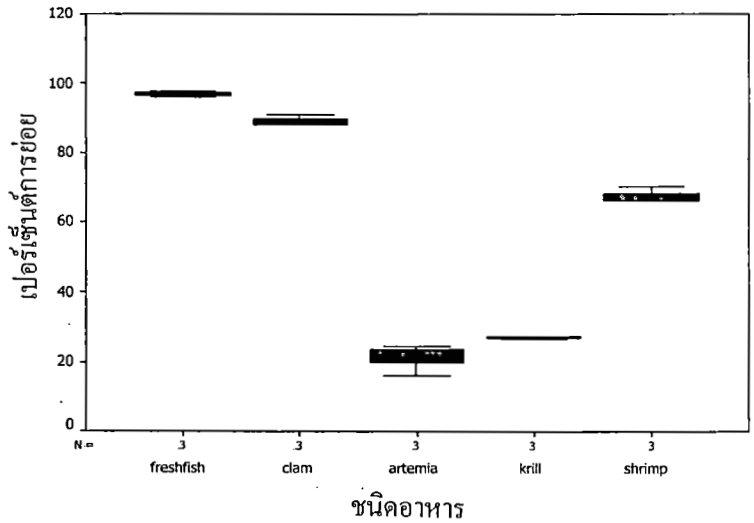
ปลาการ์ตูนส้มขาวสามรถย่อยโปรตีนจากอาหารสดทั้ง 5 ชนิดได้ดีและมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) โดยปลาการ์ตูนส้มขาวสามารถย่อยโปรตีนจากปลาข้างเหลืองและหอยลายได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P\leq0.05$) เท่ากับ 99.52 %และ 99.16% ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างจากการการย่อยโปรตีนจากกุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และอาร์ทีเมีย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P\leq0.05$) ปลาการ์ตูนส้มขาวสามารถย่อยโปรตีนจากกุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) มากกว่าเคย และอาร์ทีเมีย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P\leq0.05$) เท่ากับ 95.43 % สามารถย่อยโปรตีนจากเคยมากกว่าอาร์ทีเมียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P\leq0.05$) เท่ากับ 91.12 % และ87.21 % ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1 ภาพที่ 4.2)

ปลาการ์ตูนส้มขาวมีประสิทธิภาพการย่อยไขมันจากอาหารสดทั้ง 5 ชนิดได้ดีและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)โดยปลาการ์ตูนส้มขาวสามารถย่อยไขมันจากปลาข้างเหลืองและหอยลายได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P\leq0.05$) เท่ากับ 99.99 % และ 99.97% ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างกับการย่อยไขมันจากกุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และอาร์ทีเมีย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P\leq0.05$) โดยปลาการ์ตูนส้มขาวสามารถย่อยไขมันจากกุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) มากกว่า เคย และอาร์ทีเมีย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P\leq0.05$) เท่ากับ 99.94 % สามารถย่อยไขมันจากเคยมากกว่าอาร์ทีเมียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P\leq0.05$) เท่ากับ 99.89% และ 99.82 % ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1 ภาพที่ 4.3)

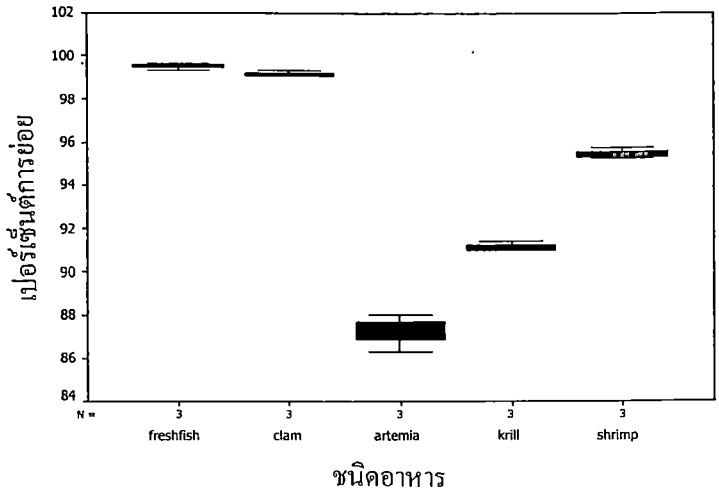
ตารางที่ 4.1 แสดงประสิทธิภาพการย่อย ปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว, กุ้งปล้อง) เคย และ อาร์ทีเมีย

ประสิทธิภาพ(%) / วัตถุดิบอาหารสัตว์	การย่อยวัตถุดิบอาหารสัตว์	การย่อยโปรตีน	การย่อยไขมัน
ปลาข้างเหลือง	96.77 ± 0.49 [a]	99.52±0.09[a]	99.99±.00[a]
หอยลาย	89.29±0.98[b]	99.16±.08[a]	99.97±.00[a]
กุ้งทะเล(กุ้งขาว , กุ้งปล้อง)	67.57±1.33[c]	95.43±0.16[b]	99.94±0.00[b]
เคย	26.88±0.29[d]	91.12±0.14[c]	99.89±0.00[c]
อาร์ทีเมีย	21.28±2.52[e]	87.21±0.50[d]	99.82±0.01[d]

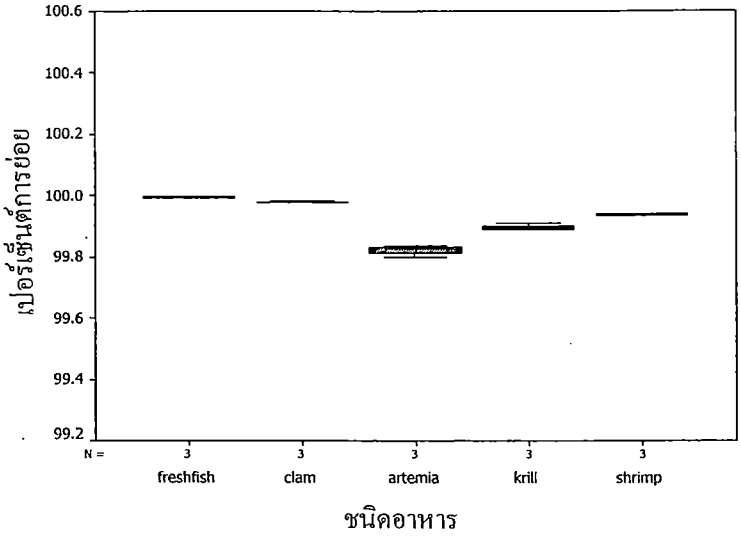
หมายเหตุ ตัวเลขหลังเครื่องหมาย ± หมายถึง standard error



ภาพที่ 4.1 แสดงประสิทธิภาพการย่อยปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว, กุ้งปล้อง) เคย และอาร์ทีเมียของปลาการ์ตูนส้มขาว (*A. ocellaris*)



ภาพที่ 4.2 แสดงประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนในปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว, กุ้งปล้อง) เคยและ อาร์ทีเมีย ของปลาการ์ตูนส้มขาว(*A. ocellaris*)



ภาพที่ 4.3 แสดงประสิทธิภาพการย่อยไขมันในปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว, กุ้งปล้อง) เคยและอาร์ทีเมีย ของปลาการ์ตูนส้มขาว (*A. ocellaris*)

2. องค์ประกอบคุณค่าทางอาหาร

อาหารสดทั้ง 5 ชนิด มีปริมาณคุณค่าทางอาหารแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ปลาข้างเหลืองมีปริมาณโปรตีนมากที่สุดเท่ากับ 84.80 % และอาร์ทีเมียมีปริมาณโปรตีนน้อยที่สุดเท่ากับ 57.35 % ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2)

ปริมาณไขมันในปลาข้างเหลือง หอยลาย อาร์ทีเมีย และ เคยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติแต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)กับปริมาณไขมันในกุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) โดยปริมาณไขมันในปลาข้างเหลืองมีมากที่สุดเท่ากับ 7.04 % และไขมันในกุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง)น้อยที่สุดเท่ากับ 3.85 % ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2)

ปริมาณไฟเบอร์ เถ้าและ และ คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำ(NFE) ในอาหารสดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยในเคยมีปริมาณไฟเบอร์มากที่สุดเท่ากับ 3.41% และ ในอาร์ทีเมียมีปริมาณเถ้าและปริมาณ คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำ(NFE)มากที่สุดเท่ากับ 19.18% และ 15.57 % ส่วนปลาข้างเหลืองมีปริมาณไฟเบอร์ ปริมาณเถ้าและปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำ(NFE)น้อยที่สุดเท่ากับ 0.08 % 6.19%และ 1.89% ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติจากปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำ(NFE)ในเคยเท่ากับ 1.84 % ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2)

อาหารสดทั้ง 5 ชนิดมีชนิดและปริมาณกรดไขมันที่จำเป็นสำหรับสัตว์น้ำ n-3 PUFA เคย มีปริมาณกรดไขมัน n-3 PUFA มากที่สุดเท่ากับ 26.94 % รองลงมา ได้แก่ กุ้งทะเล(กุ้งขาว กุ้งปล้อง) หอยลาย ปลาข้างเหลือง มีปริมาณกรดไขมัน n-3 PUFA เท่ากับ 26.15 %, 17.60 %, 16.68 % และ อาร์ทีเมียตัวเต็มวัยมีปริมาณกรดไขมัน n-3 PUFAน้อยที่สุดเท่ากับ 3.83 % ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณโปรตีน ไขมัน ไฟเบอร์ เถ้า และ คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำ(NFE) ในปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว,กุ้งปล้อง) เคยและ อาร์ทีเมีย

ชนิดตัวอย่าง	โปรตีน	ไขมัน	ไฟเบอร์	เถ้า	NFE
ปลาข้างเหลือง	84.80 ± 0.47^{a}	7.04 ± 0.00^{a}	0.08 ± 0.01^{a}	6.19±0.33a	1.89 ± 0.26^{a}
หอยลาย	59.94 ± 0.06^{d}	5.48 ± 0.00^{a}	0.25 ± 0.02^{b}	8.47±0.09b	8.47 ± 0.16^{c}
กุ้งทะเล (กุ้งขาว, กุ้งปล้อง)	72.50 ± 0.15^{b}	3.85 ± 0.00^{b}	2.79 ± 0.11^{d}	14.54 ± 0.35^{c}	6.33 ± 0.35^{b}
เคย	70.24 ± 0.16^{c}	6.81 ± 0.95^{a}	3.41 ± 0.02^{e}	18.33 ± 0.18^{d}	1.84 ± 0.49^{a}
อาร์ทีเมีย	57.35 ± 0.40^{e}	6.51 ± 0.52^{a}	1.76 ± 0.01^{c}	19.18 ± 0.18^{e}	15.57 ± 0.51^{d}

หมายเหตุ ตัวเลขหลังเครื่องหมาย ± หมายถึง standard error

ตารางที่ 4.3 แสดงชนิดและปริมาณกรดไขมันของปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว, กุ้งปล้อง) เคย และ อาร์ทีเมีย

ชนิดกรดไขมัน	ปลาข้างเหลือง	หอยลาย	กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง)	เคย	อาร์ทีเมีย
C14:0	3.86±0.41	3.74± 0.14	1.69±0.36	2.99±0.14	1.52±0.20
C16:0	29.38±0.58	25.51±0.33	15.29±0.81	23.31±0.24	15.30±0.40
C16:1n7	6.49±0.40	6.98±0.22	3.35±0.32	10.13±0.33	4.64±0.10
C16:2n4	0.30±0.10	-	0.97±0.26	-	-
C16:2n4	0.06±0.00	0.39±0.10	-	-	0.14±0.10
C18:1n9	-	8.45±0.37	13.54±0.41	9.58±0.39	5.42±0.48
C18:1n7	5.55±0.20	3.66±0.44	5.51±0.20	5.51±0.3	15.44±0.60
C18:2n6	-	3.53±0.52	3.667±0.10	4.36±0.30	8.43±0.14
C18:3n4	-	0.88±0.00	1.77±0.14	1.47±0.14	18.43±0.64
C18:3n3	1.24±0.14	0.37±0.17	0.13±0.10	0.22±0.14	-
C18:4n3	0.68±0.14	0.37±0.00	0.91±0.10	-	0.13±0.00
C20:1n9	0.72±0.10	1.15±0.26	0.69±0.17	0.69±0.10	12.49±0.52
C20:4n6	-	0.81±0.35	-	0.40±0.24	0.33±0.14
C20:4n3	0.17±0.00	0.49±0.10	0.13±0.10	0.37±0.00	0.13±0.00
C20:5n3	6.14±0.37	5.15±0.14	10.11±0.66	8.44±0.00	1.36±0.65
C22:5n3	0.34±0.10	0.33±0.10	0.23±0.00	0.34±0.32	-
C22:6n3	8.29±0.49	10.89±0.35	14.54±0.95	17.57±0.28	1.81±0.22
n-3 PUFA	16.68	17.60	26.15	26.94	3.43

หมายเหตุ ตัวเลขหลังเครื่องหมาย ± หมายถึง standard error

บทที่ 5

สรุปผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบอาหารสัตว์ (อาหารสด)

จากผลการทดลองพบว่าปลาการ์ตูนส้มขาว (*A. ocellaris*) มีประสิทธิภาพการย่อยอาหารสดที่เป็นแหล่งอาหารจากสัตว์แต่ละชนิดแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ($P \leq 0.05$) (ตารางที่4.1) ปลาการ์ตูนส้มขาวมีประสิทธิภาพการย่อยปลาข้างเหลืองมากที่สุดเท่ากับ 96.77% รองลงมาได้แก่ หอยลาย กุ้งทะเล(กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย (Acetes) และ อาร์ทีเมีย เท่ากับ 89.29 % 67.57% 26.88% และ 21.28 % ตามลำดับ(ตารางที่ 4.1 ภาพที่ 4.1) ซึ่งอาหารสดแต่ละชนิดที่ใช้ในการทดลองมีคุณค่าทางอาหารต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 2-3) ปลาข้างเหลืองมีปริมาณโปรตีน และไขมันมากที่สุด อาร์ทีเมียมีปริมาณโปรตีนน้อยที่สุด กุ้งทะเลมีปริมาณไขมันน้อยที่สุด ปริมาณโปรตีนในอาหารสดที่ใช้ในการทดลองอยู่ในช่วง 57.35-84.80 % ปริมาณไขมันในอาหารสดที่ใช้ในการทดลองอยู่ในช่วง 3.85-7.04 % ปริมาณโปรตีนและไขมันของปลาข้างเหลือง (*Caranx leptolepis*) และ ในเคยที่ใช้ในการทดลองนี้สูงกว่าในปลาป่น(Peruvian fish meal) มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 68.3 % ปริมาณไขมันเท่ากับ 5.9% และในเคย (Acetes) มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 68.6 % ปริมาณไขมันเท่ากับ 3.9% (Catacutan *et al*, 2003)

ประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละชนิดแตกต่างกันขึ้นกับปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อประสิทธิภาพการย่อยอาหารของปลาได้แก่ กรรมวิธีการผลิตวัตถุดิบอาหารสัตว์ (Chong *et al*, 1982; Johnson and Parsons, 1997; Bureau *et al*, 1999) ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการย่อยอาหาร (Morale *et al*, 1999) ชนิดของสัตว์ วิธีการให้อาหาร(McGoogan and Reigh, 1996, Stone *et al*, 2000) องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ เช่น ปริมาณไฟเบอร์ แป้ง และเถ้า (Falge *et al*, 1978; Spannhof and Plantikow, 1983; Hilton *et al*, 1983; Steffens, 1983; De silva *et al*, 1990; Sullivan and Reigh, 1995 ; Catacutan *et al*, 2003; Kitamikado *et al*, 1964, Takeuchi *et al*, 1979) ปริมาณไขมันในอาหาร(Buddington *et al*, 1997 ; Sullivan และ Reigh, 1995) สภาวะแวดล้อม เช่น สภาพน้ำ อัตราการหมุนเวียนน้ำ ระยะเวลาที่ขี้ปลาอยู่ในน้ำ องค์ประกอบขี้ปลา ลักษณะขี้ปลา ขนาดอาหาร ความถี่ในการให้อาหาร การถูกรบกวนโดยกระแสน้ำ แบคทีเรียที่สะสมอยู่ในขี้ปลา เป็นต้น (Allan, 1999;De silver และ Perera, 1983; NRC, 1993; Spyridakis, *et al*, 1989) สุขภาพปลา วิธีการเก็บตัวอย่างวิเคราะห์ (Allan *et al*, 1999; Smith, 1979) Smith และ Lovell, 1971; Smith และ Lovell, 1973; Windell *et al*, 1978; Henken *et al*, 1985)

ประสิทธิภาพการย่อยปลาข้างเหลืองและหอยลายของปลาการ์ตูนส้มขาว (*A. ocellaris*) เท่ากับ 96.77% และ 89.29% สูงกว่าวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่นๆ เนื่องจากปลาข้างเหลืองและหอยลายที่ใช้ในการทดลองเป็นวัตถุดิบอาหารที่มีคุณภาพสูง ปริมาณไฟเบอร์และปริมาณเถ้าต่ำเป็น

องค์ประกอบต่ำเท่ากับ 0.08% และ 0.25 % ตามลำดับ (ตารางที่1) ซึ่งจากการทดลองพบว่าปลาข้างเหลืองและหอยลายมีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 84.80 % และ 59.94 % ซึ่งสูงกว่าปริมาณโปรตีนในปลา hearingที่มีโปรตีน 86-92 % ปลา menhadenและ ปลา anchovy มีโปรตีนประมาณ 75 % (Anderson *et al*, 1993) จากการทดลองปลาการ์ตูนส้มขาวมีประสิทธิภาพการย่อยปลาข้างเหลืองสูงกว่าปลาชนิดอื่นๆที่พบมีรายงานวิจัย ได้แก่ ปลา Humback grouper มีประสิทธิภาพการย่อยปลาป่นและปลาซาร์ดีนป่น 59.1%- 87.2 % (Laining *et al*, 2003) ปลาปอมปาดัวส์ที่มีประสิทธิภาพการย่อยปลาป่นจากการทดลองในห้องปฏิบัติการเท่ากับ 78.15% และจากการทดลองกับตัวสัตว์ เท่ากับ 67.22 % (Chong *et al*, 2002) ปลา red drum มีประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบอาหารที่เป็นสัตว์อยู่ในช่วง 65-77% (McGoogan and Reigh, 1996) และปลา Hybrid striped bass (*Morone saxatilis* (female) × *M. chrysops* (male)) ที่มีประสิทธิภาพการย่อยปลาป่นเท่ากับ83.74% (Sullivan และ Reigh, 1995) แสดงถึงว่าปลาการ์ตูนส้มขาว (*A. ocellaris*) สามารถใช้ประโยชน์จากปลาข้างเหลืองได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปัจจัยที่มีผลให้ปลาการ์ตูนส้มขาว (*A. ocellaris*) สามารถย่อยปลาข้างเหลืองและหอยลายสูงกว่าวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่นๆคือ องค์ประกอบของไขมัน ไฟเบอร์และเถ้าในวัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน จากผลการทดลองนี้ ปริมาณปริมาณไขมันในปลาข้างเหลืองและหอยลายไม่แตกต่างกันทางสถิติเท่ากับ 7.04 และ 5.48 % ตามลำดับ และปริมาณไฟเบอร์ในปลาข้างเหลืองและหอยลายที่ใช้ในการทดลองนี้มีปริมาณน้อยอยู่ในช่วง 0.08- 0.25% ซึ่งไม่มีผลต่อการประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบอาหารสัตว์ของปลา ส่วนประสิทธิภาพการย่อยกุ้งทะเล(กุ้งขาว,กุ้งปล้อง)และเคยของการ์ตูนส้มขาว (*A. ocellaris*) มีปริมาณน้อยกว่าปลาข้างเหลืองและหอยลายเนื่องจากกุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) และเคย (Acetes)มีปริมาณเถ้าและไฟเบอร์สูงกว่าในปลาข้างเหลืองและหอยลายเท่ากับ 14.54 %, 18.33% และ 2.79%, 3.41 % ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2) ปลาการ์ตูนส้มขาวมีประสิทธิภาพการย่อยอาร์ทีเมียน้อยที่สุดเท่ากับ 21.28 % มีเถ้าและ NFE เป็นองค์ประกอบในปริมาณที่สูงกว่าวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่นเท่ากับ 19.18 % และ 15.57 % ตามลำดับ McGoogan and Reigh, 1996 รายงานว่าปริมาณโปรตีนและไขมันในวัตถุดิบอาหารสัตว์มีผลดีต่อประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบอาหารและการย่อยพลังงาน แต่ประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบอาหารสัตว์ การย่อยพลังงานจะลดลงถ้ามีปริมาณไฟเบอร์และเถ้ามาก ในอาหารที่มีไฟเบอร์เป็นองค์ประกอบสูงมีผลให้ประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบอาหารสัตว์และพลังงานลดลง (Falge *et al*, 1978; spannhof and Plantikow, 1983; Hilton *et al*, 1983; Steffens, 1983;De silva *et al*, 1990)

ปลาการ์ตูนส้มขาว (*A. ocellaris*) มีประสิทธิภาพการย่อยกุ้งทะเล (กุ้งขาว, กุ้งปล้อง)ในการทดลองนี้เท่ากับ 67.57 % สูงกว่าสัตว์น้ำชนิดอื่นๆที่พบมีรายงานวิจัย เช่น ประสิทธิภาพการย่อยกุ้งป่น และ ปูป่นของกุ้ง *P. styliristris* และ ประสิทธิภาพการย่อยกุ้งป่นของกุ้ง *P. vannami* เท่ากับ 58.5 % และ30.43-46.61 % ตามลำดับ (Brunson *et al*, 1997, Lazo *et al*, 1998) นอกจากนี้ Laining *et al*, 2003 รายงานว่าปลา Humback grouper (*Cromileptes altivelis*) มีประสิทธิภาพการ

ย่อยวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้งพืชและสัตว์ได้ดี แต่มีประสิทธิภาพการย่อยกุ้งป่นไม่ดีเนื่องมาจากมีเถ้าเป็นองค์ประกอบสูงถึง 25.1 %

ปลาการ์ตูนส้มขาวมีประสิทธิภาพการย่อยเคย (Acetes)ในการทดลองนี้เท่ากับ 26.88 % ซึ่งต่ำกว่ารายงานการวิจัยอื่นๆ Carter *et al*, 1999 รายงานผลการเปรียบเทียบการใช้เอนไซม์ 2 ชนิด (commercial enzyme และ salmon enzyme) ย่อยโปรตีน พบว่าประสิทธิภาพการย่อยเคย (Acetes)ป่นอยู่ในช่วง 51.36-70.81% Catacutan *et al*, 2003 รายงานประสิทธิภาพการย่อยเคย (Acetes)ของปูดำ (*Scylla serata*) ที่สามารถย่อยเคยได้ดีเท่ากับ 88.3% McGoogan and Reigh, 1996, Stone *et al* (2000) สรุปว่าการที่ประสิทธิภาพการย่อยกุ้งและเคย (Acetes) แตกต่างกันมากนั้นมีผลมาจากสัตว์แต่ละชนิดมีความสามารถในการย่อยอาหารแต่ละชนิดแตกต่างกัน

นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆที่อาจมีผลทำให้ประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบอาหารสัตว์ในปลาการ์ตูนส้มขาว (*A. ocellaris*) สูงกว่ารายงานการวิจัยอื่นๆคือวิธีการและระยะเวลาที่ขี้ปลาอยู่ในน้ำ และแบคทีเรียที่สะสมอยู่ในขี้ปลา และดัชนีชี้วัด ซึ่ง Anderson *et al*, 1995รายงานว่าประสิทธิภาพการย่อยอาหารของปลาแต่ละชนิดแตกต่างกันนั้นเกี่ยวข้องกับชนิดปลาและวิธีเก็บขี้ปลา ซึ่งในการทดลองนี้ใช้วิธีการใช้สายยางขนาดเล็กดูดขี้ปลาออกมาใส่ภาชนะโดยให้ขี้ปลาแตกหักน้อยที่สุด และเก็บตัวอย่างหลังจากให้อาหาร 3 , 6 , 24 ชั่วโมง และใช้ไฟเบอร์เป็นดัชนีชี้วัด ซึ่ง Morale *et al*, 1999 ทดลองเปรียบเทียบการใช้ดัชนีชี้วัด 3 ชนิด ได้แก่ crude fiber, acid-insoluble ash และ chromic oxide ในการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยอาหารของปลา Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) รายงานว่าการใช้ crude fiber เป็นดัชนีชี้วัด มีประสิทธิภาพการย่อยอาหารใกล้เคียงกับการใช้ chromic oxide และสรุปว่าการใช้ crude fiber เป็นดัชนีชี้วัดในการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยอาหารของปลา Rainbow trout มีความเหมาะสม แต่อย่างไรก็ตามต้องคำนึงถึงชนิดของไฟเบอร์ด้วย โดยปลา Rainbow trout มีประสิทธิภาพการย่อยปลาป่นที่ใช้ crude fiberเป็นดัชนีชี้วัด เท่ากับ64.02 % แต่อย่างไรก็ตาม Allan *et al*, 1999 รายงานว่าขี้ปลาของลูกปลา Silver perch (*Bidyanus bidyanus*) ที่อยู่ในน้ำนาน 12 ชั่วโมง หรือ 18 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบไม่แตกต่างกันแต่ประสิทธิภาพการย่อยสูงกว่าขี้ปลาที่อยู่ในน้ำ 2 ชั่วโมง หรือ 6 ชั่วโมง การที่ขี้ปลาอยู่ในน้ำจะมีการสูญเสียสารอาหารจากการซึมออกมา ทำให้การคำนวณการย่อยอาหารมีค่าสูงกว่าค่าจริง (Smith, 1979) นอกจากนี้ Smith และ Lovell, 1971; Smith และ Lovell, 1973; Windell *et al*, 1978; Henken *et al*, 1985 รายงานว่าวิธีการเก็บขี้ปลาจากในน้ำทำให้ค่าประสิทธิภาพการย่อยสูงกว่าวิธีที่ได้จากตัวปลาโดยตรง

2. ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน

ปลาการ์ตูนส้มขาวสามารถย่อยโปรตีนจากอาหารสดทั้ง 5 ชนิดได้ดีและมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ปลาการ์ตูนส้มขาวสามารถย่อยโปรตีนในอาหารสดที่ใช้ในการทดลองอยู่ในช่วง 87.21 %- 99.52 % (ตารางที่ 4.1, ภาพที่ 4.2) ปลาการ์ตูนสามารถย่อยโปรตีนในปลาข้างเหลืองและหอยลายได้มากที่สุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติ($P \leq 0.05$) ถึงแม้ว่าปลาการ์ตูนย่อยอาร์ทีเมียได้น้อยที่สุดแต่ยังนับว่ามีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนสูง เนื่องจากปลาข้างเหลืองและหอยลายมีปริมาณโปรตีนสูงและมีปริมาณไฟเบอร์และเถ้าเป็นองค์ประกอบน้อย ปลา Red drum จะมีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนในวัตถุดิบอาหารสัตว์ดีถ้าวัตถุดิบอาหารสัตว์นั้นมีปริมาณโปรตีนสูง (>60%) และมีปริมาณไฟเบอร์ต่ำ(<2%) (McGoogan and Reigh, 1996) ปริมาณเถ้าและไฟเบอร์ในอาหารมีผลต่อประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน Falge *et al*, 1978 รายงานว่าประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนลดลงในปลาบางชนิดที่ให้กินอาหารที่มีไฟเบอร์สูงสาเหตุเนื่องมาจากไฟเบอร์ลดการทำงานของเอนไซม์ย่อยโปรตีน และ ทำให้อาหารอยู่ในกระเพาะอาหารน้อยลง มีผลให้การย่อยและการดูดซึมอาหารไม่สมบูรณ์ (Jobling, 1981; Steftens, 1989) นอกจากนี้ Kawai และ Ikeda, 1972 พบว่าเมื่อให้ปลาคาร์พกินอาหารที่มีโปรตีนเพิ่มขึ้นและปริมาณเซลลูโลสลดลงจะทำให้เอนไซม์ย่อยโปรตีนได้นานขึ้น จากใช้ผลผลิตเหลือใช้จากอวัยวะสัตว์ปีก (poultry product) ที่มีปริมาณไฟเบอร์เป็นองค์ประกอบ 4-58 % เป็นส่วนประกอบของอาหารสัตว์มีผลให้ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนปลา guilhead seabream (*Sparus aurata*) ลดลง (Robaina *et al*, 1997; Bureau *et al*, 1999; Stone *et al*, 2000) นอกจากนี้ ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนลดลงเมื่อปริมาณเถ้าในวัตถุดิบอาหารสัตว์เพิ่มขึ้น (Watanabe and Pongmaneerat, 1991; Nemgas *et al*, 1995)

ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนในปลาข้างเหลืองของปลาการ์ตูนในการทดลองนี้มีค่าใกล้เคียงกับรายงานการวิจัยในสัตว์น้ำชนิดต่างๆ เช่น ปลา Red drum มีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนในปลาเมนฮาเดน 96 % (McGoogan, 1996) ปลาRainbow trout มีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนปลาเฮอริงได้ 96 % (Chong และ Cowey, 1991) ปูดำ (*Scylla serata*) มีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนในปลาป่นเท่ากับ 94.8% (Catacutan *et al*, 2003) มีประสิทธิภาพการย่อยสูงกว่าปลา Channel catfish มีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนในปลาเมนฮาเดนได้ 85 % (Tucker and Robinson, 1990; Wilson,1991) ปลา Hybrid striped bass มีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนในปลาเมนฮาเดนได้ 88 % (Sullivan และ Reigh, 1995) ปลาคาร์พ มีประสิทธิภาพการย่อยปลาป่นที่ระดับโปรตีน 14 % และ 27 % เท่ากับ 90.2% และ 93.% (EID และ Matty, 1989) ปลา Humback grouper (*Cromileptes altivelis*) ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนในปลาซาร์ดีนป่นเท่ากับ 92.5% ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนในปลาป่นเท่ากับ 82.4% (Laining *et al*, 2003) ปลา Atlantic salmon มีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนในปลาป่นได้เท่ากับ 89.3% (Opstvedt *et al*, 2003) นอกจากนี้ Chong *et al*, 2002 ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนในวัตถุดิบอาหารสัตว์ของปลาปอมปาดัวโดยวิธีทดลอง

กับสัตว์และทดลองในห้องปฏิบัติการ (digestion method) พบว่าวิธีการทดลองกับสัตว์ปลาปอมปา ดัวย่อยย่อยโปรตีนในปลาป่นได้ 91.18% วิธีทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่าปลาปอมป้าดัวย่อย โปรตีนในปลาป่นได้ 76.8-88.0 %

ปลาการ์ตูนส้มขาว (*A. ocellaris*) มีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนในกุ้งทะเล (กุ้งขาว, กุ้งปล้อง) เท่ากับ 95.43 % สูงกว่าประสิทธิภาพการย่อยกุ้งป่นของปลา Humback grouper (*Cromileptes altivelis*) ที่มีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนในหัวกุ้งป่นเท่ากับ 78% (Laining *et al*, 2003) แต่ปลาการ์ตูนส้ม ขาว (*A. ocellaris*) มีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนในเคย (Acetes) ต่ำกว่ากับประสิทธิภาพการย่อยของ ปูดำ (*Scylla serata*)ที่มีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนในเคย (Acetes) เท่ากับ 94.9% (Catacutan *et al*, 2003)

3. ประสิทธิภาพการย่อยไขมัน

ปลาการ์ตูนส้มขาว (*A. ocellaris*) มีประสิทธิภาพการย่อยไขมันในอาหารสดทั้ง 5 ชนิดได้ดี และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P \leq 0.05$) โดยปลาการ์ตูนส้มขาวมีประสิทธิภาพใน การย่อยไขมันในอาหารสดที่ใช้ในการทดลองสูงกว่า 99 % (ตารางที่4.1 ภาพที่ 4.3) Gunasekera *et al*, 2002 ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยไขมันและกรดไขมันในอาหารของปลา Australia shortfin eel (*Anguilla australis*) พบว่าแหล่งไขมันไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนและพลังงานแต่ มีผลต่อประสิทธิภาพการย่อยไขมันโดยมีประสิทธิภาพการย่อยไขมันในน้ำมันตับปลาคอดมากที่สุด เท่ากับ 95.6 % และประสิทธิภาพการย่อยกรดไขมันอิ่มตัวในน้ำมันตับปลาคอดลดลงเมื่อกรดไข มันมีความยาวเพิ่มขึ้น (Gunasekera *et al*, 2002; Austreng *et al*, 1979; RingØ, 1998) ปัจจัยอื่นๆที่มี ผลต่อการย่อยไขมันได้แก่ อุณหภูมิน้ำ ขนาดปลา (Windell *et al*, 1978) ปริมาณไขมันในอาหาร (Strongbakken และ Austreng, 1982; Spyridakis *et al*, 1989; Nandeesha *et al*, 1998; Appleford และ Anderson, 1997) ระยะเวลาปรับตัวเข้ากับอาหาร(Appleford และAnderson, 1997) แหล่งไข มัน (Austreng *et al*, 1979) ซึ่ง Sargent *et al*, 1989 รายงานว่า ปลาสามารถใช้ไขมันเป็นแหล่ง พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ Wood, 1993 รายงานเสริมว่าถ้าปริมาณไขมันใน อาหารมีไม่เพียงพอกับความต้องการโปรตีนจะถูกนำใช้เป็นแหล่งพลังงานก่อนคาร์โบไฮเดรต จาก ผลการทดลองนี้ ปลาการ์ตูนส้มขาว (*A. ocellaris*) มีประสิทธิภาพการย่อยไขมันในอาหารสดทุก ชนิดสูงกว่าในสัตว์น้ำชนิดอื่นๆที่พบรายงานการวิจัย เช่น ปลา Rainbow trout ปลา Atlantic salmon และ ปูดำ (*Scylla serata*) ซึ่ง Cho *et al*, 1982 ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยไขมันในปลา Rainbow trout พบว่าสามารถย่อยไขมันในปลาป่นได้ 97 % Opstvedt *et al*, 2003 ศึกษาประสิทธิภาพการใช้ ประโยชน์จากการทดแทนปลาป่นด้วยพืชอาหารสัตว์ของ Atlantic salmon (*Salmo salar*) พบว่า ปลา Atlantic salmon สามารถย่อยไขมันในปลาป่นได้ 92.7% Catacutan *et al*, 2003 ศึกษาประ

สิทธิภาพการย่อยไขมันในปูดำ (*Scylla serata*) พบว่าปูดำมีประสิทธิภาพการย่อยไขมันในปลาป่น และในเคย (Acetes)เท่ากับ 81.0 % และ87.2% ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

1. ควรเปรียบเทียบประสิทธิภาพการย่อยอาหารในวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีแหล่งจาพืชและจากสัตว์ควบคู่กัน
2. ควรศึกษาประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบอาหารสัตว์ในรูปแบบของอาหารสำเร็จรูปแทนการศึกษาวัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละชนิด
3. ควรศึกษาผลของระดับปริมาณโปรตีนในอาหารต่อประสิทธิภาพการย่อยอาหาร
4. ควรศึกษาประสิทธิภาพการย่อยอาหารในสัตว์น้ำชนิดอื่นๆ เพิ่มเติม
5. ปลาการ์ตูนเป็นปลาที่มีขนาดเล็ก การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยอาหารโดยวิธีในห้องปฏิบัติการเป็นวิธีที่เหมาะสมในการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

อนันต์ ตันสุตะพานิช 2543. ความรู้เกี่ยวกับอาร์ทีเมีย Http://www.fisheries.go.th/cf- chachoengsao/research%201.htm

วีระพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. 2537. อาหารปลา สำนักพิมพ์โอเอส กรุงเทพ ฯ 216 หน้า

สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ 2539 การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ เอกสารเผยแพร่ของศูนย์วิจัย และฝึกอบรม การเลี้ยงสุกรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน 194 หน้า

ศิริชัย พงศ์วิชัย 2543 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 477 หน้า

เวียง เชื้อโพธิ์หัก 2543 โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์น้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ 255 หน้า

Allan, G.L., Rowland, S.J., Parkinson, S., Stone, D.A.J.and jantrarotai, W. 1999. Nutrient digestibility for juvenile silver perch *Bidyanus bidyanus* : development of methods. Aquaculture, 170 : 131-145

Allen, G.R. 1991. *Damselfishes of the world.* Mergus Publishers. Melle. Germany. 271 p.

Allen,G.R. 1980. *The Anemone fishes of the world.* Species, Care and Breeding. Mergus press. Melle. Germany. 104 p.

Anderson, J.S., Lall. S.P., Anderson, D.M., and McNiven, M.A., 1993. Evaluation of protein quality in fish meals by chemical and biological assays. Aquaculture, 115 : 305-325

Anderson, J.S., Lall. S.P., Anderson, D.M., and McNiven, M.A., 1995. Availability of amino acids from various fish meals fed to Atlantic salmon (salma salar). Aquaculture, 138: 291-301

AOAC, 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA, 684 pp.

Appleford, P., Anderson, T.A., 1997. Apparent digestibility of tuna oil for common carp, *Cyprinus carpio* effect of inclusion level and adaption time. Aquaculture, 148: 143-151

Axelrod, H.R. 1989. A most welcome new fishfood from Dupla. Tropical Fish Hobbyist, March. 26-28

Bergot, F. and Breque, J. 1983. Digestibility of starch by rainbow trout: effects of the physical state of starch and of the intake level. Aquaculture, 34: 203-212

Ballestrazzi, R., Lanari, D., Agro, E.D. and Milton,A. 1994. The effect of dietary protein level and source on growth, body composition, total ammonia and reactive phosphate excretion of growing sea bass (*Dicentrachus labrax*). Aquaculture. 127:197-206

Blassiola ,G.C.1991. The New Salowater Aqurium Handbook. Hongkong 134 p.

Bligh, E.G. and Dyer, W.J. 1959. A rapid methods of total lipid extraction and purification. Can. J. Biochem. Physiol., 37: 911-917

Brunson, J.F., Romaire, R., Reigh,R.C., 1997. Apparent digestibility of selected ingredients in diets for white shrimp, *Penaeus setiferus* L. Aquac. Nurt., 3: 9-16

Buddington, R., Krogdahl, A., Bakke-McKellep, A.M. 1997. The intestines of carnivorous fish: structure and function and the relations with diet. Acta Physiol. Scand. 161: 67-80

Bureau, D.P., Harris, A.M. and Cho, C.Y. 1999. Apparent digestibility of rendered animal protein ingredients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 180 : 345-358

Carter, C.G., bransden, M.P., Barneveld, R.J.v. and Clarke,S.M. 1999. Alternative methods for nutrition research on the southern bluefin tuna, *Thunnus maccoyii* : in vitro digestibility. Aquaculture, 179 : 57-70

Catacutan, M.R., Eusebio, P.S. and Teshima, S. 2003. Apparent digestibility of selected feedstuffs by mud crab, *Scylla serrata*. Aquaculture, 216: 253-261

Cho, C.Y., Slinger, S.I., 1979. Apparent digestibility measurement of feedstuffs of feedstuffs for rainbow trout, pp. 239-247. *In* Proceeding of the World Symposium on Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, Hanburg, Germany. Vol. II

Cho, C.Y., Slinger, S.J., Bayley, H.S., 1982. Bioenergetic of salmonid fishes: energy intake, expenditure and productivity. Comp. Biochem. Physiol. 73B, 25-41

Cho, C.Y. and Cowey, C.B., 1991. Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. In R.P. Wilson (Editor), Handbook of Nutrient Requirements of finfish, CRC Press, Boca Raton, FL, 131-143 pp.

Chong, A.S.C., Hashim, R. and Ali, A.B. 2002. Assessment of dry matter and protein Digestibilities of selected raw ingredients by discus fish (*Symphysodon aequifasciata*) using *in vivo* and *in vitro* methods. 8: 229-238

Degani, G., Viola,S. and Yehuda, Y. 1997. Apparent digestibility of protein and carbohydrate in feed ingredients for adult tilapia (*Oreochromis aureus* x *O. niloticus*). Israeli Journal of Aquaculture-Bamideh. 49 (3): 115-123

De silva, S.S., and Perera, M.K. 1983. Digestibility of aquatic macrophyte by the cichid, *Etroplus suratensis* (Bloch) with observations on the relative merits of three indigenous components as markers and daily changes in protein digestibility. J. Fush. Biol. 23: 675-684

De silva, S.S., Shim, K.F., Ong, A.K.,1990. An evalution of the methods used in digestibility estimations of a dietary ingredient and comparisons on external and internal markers, and time of digesta collection in digestibility studies in the fish, *Ooreochromis aureus* (Steindachner). Reprod. Nutri. Dev.,30: 215-226

Dimes, L.E., Garcia-Carreno, F.L. and Haard, N.F. 1994a. Estimation of protein digestibility III. Studies on the digestive enzymes from the pyloric ccca of rainbow trout and salmon. Comp. Biochem. Physiol.,109A, 349-360

Dimes, L.E., Haard, N.F., Dong, F.M., Rasco, B.A., Forster, I.P., Fairgrieve, W.T., Arndt, R., Hardy, R.W., Barrows, F.T. and Higgs, D.A. 1994b. Estimation of protein digestibility II. *In vitro* assay of salmonid feeds. Comp. Biochem. Physiol. 108A., 363-370

Ding, L. 1991. Graa carp, *Ctenopharyngodon idella*. In: R.P. Wilson (editor) . Handbook of nutrient Requirements of finfish. CRC Press, Boca Raton, FL. 89-96

Eid, A.E. and Matty, A.J. 1989. A simple *in vitro* method for measuring protein digestibility. Aquaculture, 79: 111-119

Ellis, S.C. and Reigh, R.C. 1991. Effects of dietary lipid and carbohydrate levels on growth and body conposition on juvenile res drum, *Sciaenops ocellatus*. Aquaculture, 97: 383-394

Fautin, D.G. and Allen, G.R. 1992. Field guide to anemonefishes and their host sea anemones, western Australia Museum. Retrieved January 3, 2004 from http://biodiversity.bio.uno.edu/ebooks/ch34.html

Ferraris, R.P., Catacutan, M.R. and Adan, P.J. 1986. Digestibility in milkfish, Chanos chanos (Forsskal) : effect of protein source, fish size and salinity. Aquaculture, 59: 93-105

Gomes, E.F., Rema, P. and Kaushik, S.J. 1995. Replacement of fish meal by plant proteins in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) : digestibility and growth performance. Aquaculture, 130: 177-186

Grisdale-Helland, B., and Helland, S., 1998. Macronutrient utilization by Atlantic halibut (*Phippoglossus hippoglossus*) : diet digestibility and growth of 1 kg. Fish. Aquaculture, 166: 57-65

Gunasekera, R.M., Leelarasamee, K. and De silva, S.S. 2002. Lipid and Fatty acid digestibility of three oil types in the Australian shortfin eel, Anguilla australis. Aquaculture, 203: 335-347

Hagen, W.E., Higgs,D.A., beames, R.M. and Dosanjh, B.S.. 1993b. Digestibility of various feedstuffs by post-juvenile Chinook salmon (*Oncorhynchus ishawytscha*) in sea water. 2. Measurement of digestibility. Aquaculture. 112: 333-348

Hemre, G.-I., Lie, Ø., Lied, E., Lambertsen,G., 1989. Starch as an energy source in feed for cod (*Gadus morhua*) : digestibility and retention. Aquaculture, 80: 261-270

Hemre, G.-I., ., Lie, Ø., Lambertsen,G., 1990. Digestibility of different carbohydrate sources in cod (*Gadus morhua*), and its relation to glucose content in blood and urine. Fiskeridir. Skr. Ser. Ernær. III, 3-9

Hemre, G.I., Karlsen, Ø , Jensen, A.M. and Rosenlund, G. 2003. Digestibility of dry matter, protein, starch and lipid by cod, *Gadus morhua* : comparison of sampling methods. Aquaculture, 225 : 225-232

Henkken, A.M. Kleingeld, D.W. and Tijssen,P.A.T. 1985. The effect of feeding level on apparent digestibility of dietary dry matter, crude pritein and gross energy in the African catfish (*Clarius gariepinus*). Aquaculture. 51:1-11

Hilton, J.W., Atkinson, J.L. and Slinger, S.J.1983. Effects of increased dietary fiber on the growth of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Can. J. Fish. Aquatic Sci., 40: 81-85

Hossain , M.A., Nahar, N. and Kamarl, M. 1997. Nutrient digestibility coefficeints of some plant and snimal proteins for Rohu (*Labeo rohita*). Aquaculture. 151: 37-45

Jobling,M. 1981 Dietary digestibility and the influence of food components on gastric evacuation in plaice, *Pleuronectes platessa* L. J. Fish. Biol., 19: 29-36

Johnson, M.L. and Parsons, C.M. 1997. Effects of raw material source, ash, content, and assay length on protein efficiency ratio and net protein ratio values for animal protein meals. Poult. Sci. 76: 1722-1727

Laining, A., Rachmansyah, Ahmad, T. and Williams, K. 2003. Apparent digestibility of selected feed ingredients for humpback grouper, Cromileptes altivelis. Aquaculture, 218: 529-538

Law, A.T.1986. Digestibility of law cost ingredients in pelleted feed by grass carp (*Ctenopharyngodon idella* C. et V.) Aquaculture, 51: 97-105

Lazo, J.P., Romaire, R.P. and Reigh, R.C. 1998. Evalution of Three In vitro Enzymes for Estimating Protein Digestibility in the Pacific White Shrimp *Penaeus vannamei.* Journal of the world aquaculture society. 29 (4) December: 441-450

Lovell, T. 1987 Nutrition and feeding of fish. Van Nostrand Reinhold. New York. 260 p.

McGoogan, B.B. and Reigh, R.C., 1994. Apparent digestibility coefficients for common feed ingredients in diets for red drum, *Sciaenops ocellatus*. Book of absrtact, World Aquaculture' 94, p. 296

McGoogan, B.B., and Reigh, R.C. 1996. Apparent digestibility of selected ingredients in red drum (*Sciaenpos ocellatus*) diets. Aquaculture. 141:233-244.

Mertlich,R.1989.Basic goldfish breeds, eye types. *Tropical fish hobbyist.* 37(5):10-27

Morales, A.E., Cardenete, G., Sanz, A. and de la Higuera, M. 1999. Re-evalution of crude fiber and acid-insoluble ash as inert markers, alternative to chromic oxide, in digestibility studies with rainbow trout (*Oncorhynhus mykiss*) . Aquaculture, 179: 71-79

Murray, M.W., Andrewa, W. and Deloach, H.L. 1977. Effects of dietary lipids, dietary protein and environmental temperature on growth, feed conversion an body composition of channel catfish. J. Nutr., 107: 272-280

Mutafa , M.D. and Nakagawa, H. 1995. A review: Dietary benefits of algae as an additive in fish feed. Israeli Journal of Aquaculture-Bamideh. 47 (3-4):155-162

Naeem Abrahim. 2004. Effect of vitamin C on growth and survival of the False Crown Anemonefish. Special problem in Aquatic Science, Burapha University. 66 p.

Nelson, J.S. 1994. *Fishes of the world.* 3 rd ed. John&Sons, Inc. New York.

Nengas, I., Alexis, M.N., Davies, S.J., Petichakis, G., 1995. Investigation to determine digestibility coefficientss of various raw materials in diets for gilthead sea bream, *Sparus auratus,* L. Aquacult. Res. 26: 185-194

Opstvedt, J., Aksness, A., Hope, B. and Pike, I.H. 2003. Efficiency of feed utilization in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed diets with increasing substitutuin of meal with vegetable proteins. Aquaculture, 221 : 365-379

Reigh. R.C. and Ellis, S.C., 1992. Effects of dietary soybean and fish-protein ratios on growth and body composition of red drum (*Sciaenops ocellatus*) fed isonitrogenous diets. Aquaculture, 104: 279-292

RingØ, E.1998. The effect of linoleic acid (18:2 n-6) on lipid and protein digestibility and growth in Aretic charr, *Salvelinus alpinus*. Physiol. Ecol. Jpn., Spec. 1: 473-482

Rychly, J. and Spannhof, L., 1979. Nitrogen balance in trout. I. Digestibility of diets containing varying levels of protein and carbohydrate. Aquaculture, 16: 39-46

Sargent, J. Henderson, R.J. and Tocher,D.R.,1989. The lipids. In : J.E. Halver(Editor), Fish nutrition. 2 nd. Edn., Academic Press, New York, NY, 153-218 pp.

Satoh,,S., 1991. Common carp, Cyprinus carpio. In R.P. wilson (Editor), Handbook of Nutrient Requirements of Finfish. CRC Press, Boca Raton,FL, 55-67 pp.

Schmitz, O., Greuel, E. and Pfeffer, E., 1984. Digestibility of crude protein and organic matter of potential sources of dietary protein for eels (*Anguilla anguilla* L.). Aquaculture, 41:21-30

Smith,R.R., 1979. Methods for determination of digestibility and metabolisable energy of feedstuffs for finfish. From Proc. World Symp. On finfish Nutrition and fishfeed Technology, Vol. II, Hamburg 20-23 June, 1978. Heenemann Verlagsgessellschaft, Berlin, 453-459 pp.

Smith, R.R. 1989a. Nutritional energetics. In: J.E. Halver (editor), Fish Nutrition, 2 nd edition. Academic Press, New York, NY. 1-29 p.

Smith, B.W. and Lovell, R.T. 1973. Determination of apparent protein digestibility in feeds for channel catfish, Trans. Am. Fish. Soc., 102: 831-835

Song,T. Feeding and nutrition. Chapter 3 *in* Li, S, and Mathais, J. Edition. 1994. Freshwater fish culture in China principles and practice. Developments in aquaculture and fisheries science Vol. 28. Elsevier. Amsterdum. 443 p.

Spannhof, L. and Plantikow, H., 1983. Stufies on carbohydrate digestion in rainbow trout. Aquaculture,30: 95-108

Spyridakis, P., Metailler, R., Gabaudan, J. and Riaza, A. 1989. Studies on nutrient digestibility in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). 1. Methodological aspects concerning faeces collection. Aquaculture, 77: 61-70

Stone, D.A.J., Allan, G.L., Parkinson, S. and Rowland, S.J. 2000. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus* III. Digestibility and growth using meat meal products. Aquaculture, 18:311-326

Sugiura, S.H., Dong, F.M., Rathbone, C.K. and Hardy, R.W. Apparent protein digestibility and Mineral availabilities in various feed ingredients for salmonid feeds. Aquaculture, 159 : 177-202

Sullivan, J.A. and Reigh, R.C. 1995. Apparent digestibility of selected feedstuffs in diets for hybrid striped bass (*Morone saxatilis* female *x Morone chrysops* male). Aquaculture, 138: 313-322

Tarr, H. L. A. and Biely, J. 1972 . Effect of processing on the nutritional value of fish meal and related products. In : Effect of processing on the Nutritional Value of feeds. National Academy of Sciences , Washington, DC., 252-281 pp.

Tuan, N,A., 1986. Effects of dietary protein levels on growth and reproduction of Nile Tilapia (*Oreochromis noliticus,* Linnaeus). M.sc. thesis. NO. AE.86-30. Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand

Tucker, C.S. and Robinson, E.H.1990. Channel Catfish Farming Handbook. Van Nostrand Reinhold, New York, NY. 454 pp.

Ufodike, E.B.C. and Matty, A.J.1983. Growth responses and nutrient digestibility in mirror carp (*Cyprinus carpio*) fed different levels of cassava and rice. Aquaculture, 31: 41-50

Vandenberg, G.W. and De La Noüe, J. 2001. Apparent digestibility comparison in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) assessed using three methods of faeces collection and three digestibility markers. Aquaculture Nutrition, 7 : 237-245

Volkart, B. 1991. Live Food. Freshwater and marine magazine. 14(2) : 22-24

Watanabe, T., and Pongmaneerat, J., 1991. Quality evalution of some animal protein sources for rainbow trout *Oncothynchus mykiss*. Nippon Suisan Gakkaishi. 57:495- 501

Wikerson, J.D., 1998. Clownfishes. A guide to their Captive Care, Breeding and Natural History. Microcosm, Shelburn, Vermont, U.S.A. 240 p.

Wilson, R.P.,1991. Channel catfish, Ictalurus punctatus. In R.P. Wilson (Editor). Handbook of Nutrient Requirements of Finfish, CRC Press, Boca Raton, FL, 35-53 pp.

Windell, J.T., Folz, J.W. and Sarokon, J.A. 1978. Methods of fecal collcetion and nutrient leaching in digestibility studies. Prog. Fish. Cult., 40: 51-55

ภาคผนวก

ตารางที่ 1 แสดงตารางวิเคราะห์ข้อมูลคุณค่าอาหารและประสิทธิภาพการย่อยอาหารทางสถิติ (ANOVA) ในปลาช้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และอาร์ทีเมีย

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
PROTEIN	Between Groups	1439.060	4	359.765	1378.811	.000
	Within Groups	2.609	10	.261		
	Total	1441.669	14			
LIPID	Between Groups	20.736	4	5.184	7.384	.005
	Within Groups	7.021	10	.702		
	Total	27.757	14			
FIBER	Between Groups	26.764	4	6.691	825.483	.005
	Within Groups	8.106E-02	10	8.106E-03		
	Total	26.845	14			
ASH	Between Groups	405.818	4	101.455	544.064	.000
	Within Groups	1.865	10	.186		
	Total	407.683	14			
NFE	Between Groups	1283.178	4	320.794	706.499	.000
	Within Groups	4.541	10	.454		
	Total	1287.719	14			
DGMATTER	Between Groups	14589.62	4	3647.405	644.934	.005
	Within Groups	56.555	10	5.655		
	Total	14646.18	14			
DGPRO	Between Groups	336.860	4	84.215	447.805	.000
	Within Groups	1.881	10	.188		
	Total	338.741	14			
DGLIPID	Between Groups	5.741E-02	4	1.435E-02	136.115	.000
	Within Groups	1.054E-03	10	1.054E-04		
	Total	5.846E-02	14			

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณโปรตีน ในปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และ อาร์ทีเมีย โดยวิธี Duncan multiple range test

PROTEIN

Duncan [a]

FEED	N	Subset for alpha = .05				
		1	2	3	4	5
artemia	3	57.4200				
clam	3		59.9367			
krill	3			70.2379		
shrimp	3				72.4967	
freshfish	3					84.8016
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณไขมัน ในปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และ อาร์ทีเมีย โดยวิธี Duncan multiple range test

LIPID

Duncan [a]

FEED	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
shrimp	3	3.8413	
clam	3		5.4830
artemia	3		6.5130
krill	3		6.8142
freshfish	3		7.0383
Sig.		1.000	.060

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณไฟเบอร์ ในข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และอาร์ทีเมีย โดยวิธี Duncan multiple range test

FIBER

Duncan [a]

FEED	N	Subset for alpha = .05				
		1	2	3	4	5
freshfish	3	8.153E-02				
clam	3		.2540			
artemia	3			1.3154		
shrimp	3				2.7943	
krill	3					3.4167
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณเถ้า ในข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และอาร์ทีเมีย โดยวิธี Duncan multiple range test

ASH

Duncan[a]

FEED	N	Subset for alpha = .05				
		1	2	3	4	5
freshfish	3	6.1901				
clam	3		8.4750			
shrimp	3			14.5410		
krill	3				18.3343	
artemia	3					19.1793
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณ NFE ในข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และอาร์ทีเมีย โดยวิธี Duncan multiple range test

NFE

Duncan [a]

FEED	N	Subset for alpha = .05			
		1	3	3	4
krill	3	1.8416			
freshfish	3	1.8885			
shrimp	3		6.3267		
artemia	3			15.5723	
clam	3				25.8513
Sig.		.934	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการย่อยปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และอาร์ทีเมีย โดยวิธี Duncan multiple range test

DGMATTER

Duncan[a]

FEED	N	Subset for alpha = .05				
		1	2	3	4	5
artemia	3	21.2849				
krill	3		26.8681			
shrimp	3			67.5728		
clam	3				89.2924	
freshfish	3					96.7678
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนในปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และ อาร์ทีเมีย โดยวิธี Duncan multiple range test

DGPRO

Duncan [a]

FEED	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
artemia	3	87.2118			
krill	3		91.1245		
shrimp	3			95.4321	
clam	3				99.1629
freshfish	3				99.5164
Sig.		1.000	1.000	1.000	.342

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการย่อยไขมันในปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และ อาร์ทีเมีย โดยวิธี Duncan multiple range test

DGLIPID

Duncan [a]

FEED	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	2	4
artemia	3	99.8216			
krill	3		99.8957		
shrimp	3			99.9366	
clam	3				99.9778
freshfish	3				99.9934
Sig.		1.000	1.000	1.000	.092

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ 10 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และ อาร์ทีเมีย

ชื่อตัวอย่าง	น้ำหนักตัวอย่างแห้ง	กรด-แบลงค์	% ไนโตรเจน	% โปรตีน
อาร์ทีเมีย	0.5914	35.4250	9.3042	58.1515
อาร์ทีเมีย	0.5373	35.4250	9.0847	56.7794
อาร์ทีเมีย	0.7735	45.5250	9.1420	57.1376
อาร์ทีเมีย	0.6578	37.1250	8.7665	54.7904
อาร์ทีเมีย	0.5654	38.7250	8.9201	55.7506
หอยลาย	0.7343	44.9250	9.5031	59.3946
หอยลาย	0.9606	59.2250	9.5767	59.8542
หอยลาย	0.6324	39.1250	9.6098	60.0613
หอยลาย	0.6471	39.9250	9.5835	59.8971
หอยลาย	0.6981	51.3250	9.5751	59.8447
กุ้งทะเล	0.7652	56.9250	11.5553	72.2205
กุ้งทะเล	0.6708	50.1250	11.6068	72.5427
กุ้งทะเล	0.7916	35.4250	11.4642	71.6515
กุ้งทะเล	0.7051	52.8250	11.6370	72.7312
กุ้งทะเล	0.7052	63.3250	11.7265	73.2907
ปลา	0.8370	73.9250	13.7189	85.7429
ปลา	0.8999	80.4250	13.8819	86.7619
ปลา	0.7361	44.9250	13.5103	84.4394
ปลา	0.6965	80.4250	13.4756	84.2224
ปลา	0.7071	80.4250	13.3614	83.5090
เคย	0.7766	56.9250	11.2256	70.1603
เคย	0.8862	63.3250	11.3096	70.6852
เคย	0.5532	38.7250	11.1541	69.7130
เคย	0.6430	46.7250	11.2873	70.5457
เคย	0.5897	42.5250	11.2012	70.0076

ตารางที่ 11 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในขี้ปลาการ์ตูน(*A. ocellaris*)ที่กินปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และ อาร์ทีเมีย

ชื่อตัวอย่าง	น้ำหนักตัวอย่างแห้ง	กรด-แบลงค์	% ไนโตรเจน	% โปรตีน
อาร์ทีเมีย	0.3179	2.3250	0.9525	5.9531
อาร์ทีเมีย	0.2794	1.8250	0.8507	5.3168
อาร์ทีเมีย	0.3946	2.9250	0.9654	6.0337
หอยลาย	0.2188	1.2250	0.7292	4.5573
หอยลาย	0.2694	1.5250	0.7372	4.6077
หอยลาย	0.2885	1.5250	0.7787	4.8670
กุ้งทะเล	0.3014	3.8250	1.6528	10.3301
กุ้งทะเล	0.2207	2.7250	1.6080	10.0503
กุ้งทะเล	0.2634	3.3250	1.6440	10.2752
ปลา	0.2634	3.3250	1.9111	11.9447
ปลา	0.2246	3.4250	1.9860	12.4127
ปลา	0.2694	4.2250	2.1212	13.2578
เคย	0.2715	2.9250	1.4031	8.7694
เคย	0.2591	2.6250	1.3195	8.2466
เคย	0.4589	4.8250	1.3693	8.5584

ตารางที่ 12 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณไขมันในปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และ อาร์ทีเมีย

ชื่อตัวอย่าง	น้ำหนักภาชนะ	น้ำหนักตัวอย่าง	น้ำหนักภาชนะและตัวอย่างแห้ง	น้ำหนัก ไขมัน	% ไขมัน
กุ้งทะเล	107.3456	1.0807	107.3872	0.0416	3.8494
กุ้งทะเล	98.3975	0.8110	98.4286	0.0311	3.8348
กุ้งทะเล	109.8337	0.9163	109.8689	0.0352	3.8415
ปลา	106.2859	0.8473	106.3454	0.0595	7.0223
ปลา	96.8049	0.9262	96.8702	0.0653	7.0503
ปลา	105.0176	1.3246	105.1109	0.0933	7.0436
หอยลาย	105.9674	0.8028	106.0125	0.0451	5.6178
หอยลาย	104.6414	1.1121	104.7019	0.0605	5.4402
หอยลาย	106.2359	1.2574	106.3037	0.0678	5.3921
อาร์ทีเมีย	98.3329	0.9772	98.3930	0.0601	6.1502
อาร์ทีเมีย	107.3006	1.3320	107.4009	0.1003	7.5300
อาร์ทีเมีย	107.3456	0.5461	107.3776	0.0320	5.8597
เคย	96.7211	1.7255	96.8686	0.1475	8.5482
เคย	106.7015	0.7897	106.7432	0.0417	5.2805
เคย	104.8487	1.1672	104.9259	0.0772	6.6141

ตารางที่ 13 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณไขมันในขี้ปลาการ์ตูน(*A. ocellaris*)ที่กินปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และ อาร์ทีเมีย

ชื่อตัวอย่าง	น้ำหนัก ภาชนะ	น้ำหนัก ตัวอย่าง	น้ำหนัก ภาชนะ และตัวอย่างแห้ง	น้ำหนัก ไขมัน	% ไขมัน
ปลาข้างเหลือง	106.2872	0.9262	106.3008	0.0136	1.4684
ปลาข้างเหลือง	105.0182	0.8473	105.0303	0.0121	1.4281
ปลาข้างเหลือง	105.0182	0.9873	105.0325	0.0143	1.4484
หอยลาย	101.4037	0.8028	101.4151	0.0114	1.4200
หอยลาย	107.3456	2.7558	107.3706	0.0250	0.9072
หอยลาย	107.3456	2.9558	107.3800	0.0344	1.1638
อาร์ทีเมีย	99.2215	0.9722	99.2317	0.0102	1.0492
อาร์ทีเมีย	104.7223	1.3321	104.7344	0.0121	0.9083
อาร์ทีเมีย	104.7120	1.2364	104.7216	0.0096	0.7764
เคย	96.8066	0.8997	96.8184	0.0118	1.3115
เคย	105.9520	1.7255	105.9634	0.0113	0.6607
เคย	105.9520	1.7255	105.9641	0.0121	0.9874
กุ้งทะเล	104.6710	1.0887	104.6799	0.0089	0.8175
กุ้งทะเล	106.7041	0.8110	106.7097	0.0056	0.6905
กุ้งทะเล	106.7041	1.2110	106.7132	0.0091	0.7514

ตารางที่ 14 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณไฟเบอร์ในปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และ อาร์ทีเมีย

ชื่อตัวอย่าง	น้ำหนักภาชนะ	น้ำหนักตัวอย่าง	ภาชนะและตัวอย่างแห้ง	ภาชนะและเถ้า	น้ำหนักไฟเบอร์	% ไฟเบอร์
ปลาข้างเหลือง	17.6523	1.0646	17.6531	17.6524	0.0007	0.0658
ปลาข้างเหลือง	29.7489	1.0637	29.7509	29.7501	0.0008	0.0752
ปลาข้างเหลือง	28.5666	2.1151	28.5693	28.5671	0.0022	0.1040
หอยลาย	19.5850	2.0420	19.5896	19.5853	0.0043	0.2106
หอยลาย	26.4181	2.0807	26.4258	26.4200	0.0058	0.2788
หอยลาย	20.4330	2.0559	20.4394	20.4338	0.0056	0.2724
อาร์ทีเมีย	19.5856	0.9125	19.5998	19.5878	0.0120	1.3151
อาร์ทีเมีย	20.4340	1.2312	20.4527	20.4368	0.0159	1.2914
อาร์ทีเมีย	20.4034	1.3212	20.4527	20.4250	0.0177	1.3397
เคย	26.2939	2.0337	26.3702	26.3000	0.0702	3.4518
เคย	19.1996	2.0564	19.2718	19.2023	0.0695	3.3797
เคย	21.8532	2.5126	21.9410	21.8551	0.0859	3.4188
กุ้งทะเล	16.3359	1.8214	16.3879	16.3355	0.0524	2.8769
กุ้งทะเล	15.9603	0.9086	15.9841	15.9607	0.0234	2.5754
กุ้งทะเล	20.5065	1.6447	20.5552	20.5070	0.0482	2.9306

ตารางที่ 15 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณไฟเบอร์ในขี้ปลาการ์ตูน(*A. ocellaris*)ที่กินปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และ อาร์ทีเมีย

ชื่อตัวอย่าง	น้ำหนักภาชนะ	น้ำหนักตัวอย่าง	ภาชนะและตัวอย่างแห้ง	ภาชนะและเถ้า	น้ำหนักไฟเบอร์	% ไฟเบอร์
เคย	21.1599	0.8539	21.2017	21.1612	0.0405	4.7429
เคย	23.0709	1.5770	23.1466	23.0735	0.0731	4.6354
เคย	23.0710	1.5070	22.1466	22.0767	0.0699	4.6384
อาร์ทีเมีย	27.8350	1.9764	27.8674	27.8369	0.0305	1.5432
อาร์ทีเมีย	22.7389	1.9300	22.7766	22.7430	0.0336	1.7409
อาร์ทีเมีย	22.9651	1.3321	23.9813	23.9581	0.0232	1.7416
ปลา	22.0111	0.7879	22.0364	22.0147	0.0217	2.7542
ปลา	17.6526	0.8609	17.6755	17.6554	0.0201	2.3348
ปลา	17.6520	0.8096	17.6755	17.6549	0.0206	2.5445
หอยลาย	19.5101	0.7573	19.5318	19.5136	0.0182	2.4033
หอยลาย	22.0289	0.7753	19.5318	19.5136	0.0182	2.3475
หอยลาย	17.6520	0.7253	19.5318	19.5146	0.0172	2.3714
กุ้งทะเล	22.0289	1.0392	22.1375	22.0370	0.1005	9.6709
กุ้งทะเล	19.4614	0.7802	19.5238	19.4642	0.0596	7.6391
กุ้งทะเล	17.6526	0.7028	19.5238	19.4629	0.0609	8.6653

ตารางที่ 16 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณเถ้าในปลาข้างเหลือง หอยลาย กุ้งทะเล (กุ้งขาว กุ้งปล้อง) เคย และ อาร์ทีเมีย

ชื่อตัวอย่าง	น้ำหนักภาชนะ	น้ำหนักตัวอย่าง	ภาชนะและเถ้า	น้ำหนักเถ้า	% เถ้า
หอยลาย	16.4859	0.8101	16.5550	0.0691	8.5298
หอยลาย	20.5065	0.6913	20.5660	0.0595	8.6070
หอยลาย	17.6530	0.8434	17.7229	0.0699	8.2879
ปลา	29.7495	1.2591	29.8198	0.0703	5.5834
ปลา	19.5099	1.0967	19.5550	0.0451	4.1123
ปลา	22.7391	1.1381	22.8059	0.0668	5.8694
กุ้งทะเล	21.1594	1.0301	21.3027	0.1433	13.9113
กุ้งทะเล	19.5852	0.9810	19.7335	0.1433	15.1172
กุ้งทะเล	26.4184	0.8571	26.5435	0.1251	14.5957
เคย	20.4339	1.1156	20.6412	0.2073	18.5819
เคย	27.8354	1.0795	28.0295	0.1941	17.9805
เคย	26.2942	1.0732	26.4921	0.1979	18.4402
อาร์ทีเมีย	22.4536	0.6017	22.5710	0.1174	19.5114
อาร์ทีเมีย	17.6255	0.5276	17.7265	0.1010	19.1433
อาร์ทีเมีย	28.5668	0.6017	28.6809	0.1141	18.8845

ตารางที่ 17 แสดงข้อมูลชนิด ปริมาณ ระยะเวลาที่เกิดพีก พื้นที่ใต้พีกและค่าเฉลี่ยของกรดไขมันในปลาข้างเหลือง

ชนิดสาร	RT	RT	Area	Area	%กรดไขมัน (A)	%กรดไขมัน (B)	ค่าเฉลี่ย	SE
C14:0	5.857	5.855	79723	70604	3.98	3.74	3.86	0.41
C16:0	10.258	10.25	593220	549905	29.62	29.14	29.38	0.58
C16:1n7	10.682	10.676	132180	120266	6.60	6.37	6.49	0.40
C16:2n4	11.99	11.989	6049	5543	0.30	0.29	0.30	0.10
C16:3n4	12.744	12.773	1215	1075	0.06	0.06	0.06	0.0
C18:1n7	16.463	16.456	110557	105268	5.52	5.58	5.55	0.20
C18:3n3	18.129	18.126	25056	23022	1.25	1.22	1.24	0.14
C18:4n3	20.161	20.159	13823	12562	0.69	0.67	0.68	0.14
C20:1n9	20.732	20.728	14291	13751	0.71	0.73	0.72	0.10
C20:4n3	23.661	23.673	3357	3151	0.17	0.73	0.17	0.0
C20:5n3	26.786	26.818	121054	117684	6.04	6.24	6.14	0.37
C22:5n3	28.61	28.654	6639	6629	0.33	0.33	0.34	0.10
C22:6n3	29.616	29.667	162735	159708	8.17	8.46	8.29	0.40

ตารางที่ 18 แสดงข้อมูลชนิด ปริมาณ ระยะเวลาที่เกิดพีก พื้นที่ใต้พีกและค่าเฉลี่ยของกรดไขมันในเคย

ชนิดสาร	RT	RT	Area	Area	%กรดไขมัน (A)	%กรดไขมัน (B)	ค่าเฉลี่ย	SE
C14:0	5.822	5.823	26669	26294	3.00	2.97	2.99	0.14
C16:0	10.15	10.149	207500	206096	23.36	23.27	23.31	0.24
C16:1n7	10.63	10.63	90671	89051	10.21	10.06	10.13	0.33
C18:1n9	15.87	15.87	86100	83926	9.69	9.48	9.58	0.39
C18:1n7	16.34	16.337	49567	48252	5.58	5.45	5.51	0.03
C18:2n6	16.62	16.624	39335	38023	4.43	4.29	4.36	0.39
C18:3n4	18.04	18.046	13164	12886	1.48	1.46	1.47	0.14
C18:3n3	18.98	18.987	1822	2045	0.21	0.23	0.22	0.14
C20:4n3	20.09	20.092	3346	3268	0.38	0.37	0.37	0.10
C20:1n9	20.68	20.682	6213	6056	0.70	0.68	0.69	0.24
C20:4n6	21.56	21.562	3162	3934	0.70	0.44	0.40	0.10
C20:4n3	23.61	23.613	2463	2453	0.70	0.68	0.28	0.00
C20:5n3	26.72	26.727	75022	74786	8.44	8.45	8.44	0.00
C22:5n3	28.55	28.548	2388	3646	0.27	0.48	0.34	0.33
C22:6n3	29.58	29.575	156569	155065	17.62	17.51	17.57	0.28

ตารางที่ 19 แสดงข้อมูลชนิด ปริมาณ ระยะเวลาที่เกิดพีก พื้นที่ใต้พีกและค่าเฉลี่ยของกรดไขมันในหอยลาย

ชนิดสาร	RT	RT	Area	Area	%กรดไขมัน (A)	%กรดไขมัน (B)	ค่าเฉลี่ย	SE
C14:0	5.82	5.824	27411	28485	3.76	3.73	3.74	0.14
C16:0	10.13	10.14	186768	194080	25.59	25.43	25.51	0.33
C16:1n7	10.6	10.609	51217	52988	7.02	6.94	6.98	0.22
C16:3n4	12.73	12.736	2903	2956	0.40	0.39	0.39	0.10
C18:1n9	15.84	15.85	60905	65220	8.55	8.55	8.45	0.37
C18:1n7	16.3	16.312	27733	26819	3.80	3.51	3.66	0.44
C18:2n6	16.59	16.606	24378	28386	3.34	3.72	3.53	0.52
C18:3n4	18.03	18.036	6403	6727	0.88	0.88	0.88	0.00
C18:3n3	18.98	18.99	2589	3011	0.35	0.39	0.37	0.17
C18:4n3	20.08	20.091	2724	2855	0.37	0.37	0.37	0.00
C20:1n9	20.68	20.683	8748	8433	1.20	1.10	1.15	0.26
C20:4n6	21.56	21.564	5300	6822	0.73	0.88	0.81	0.35
C20:4n3	23.61	23.622	3487	3782	0.48	0.50	0.49	0.10
C20:5n3	26.68	26.696	37482	39374	5.14	5.16	5.15	0.14
C22:5n3	28.53	28.536	2383	2563	0.35	0.34	0.33	0.10
C22:6n3	29.5	29.512	78868	83785	10.81	10.98	10.89	0.35

ตารางที่ 20 แสดงข้อมูลชนิด ปริมาณ ระยะเวลาที่เกิดพีก พื้นที่ใต้พีกและค่าเฉลี่ยของกรดไขมันในกุ้งทะเล (กุ้งขาว , กุ้งปล้อง)

ชนิดสาร	RT	RT	Area	Area	%กรดไขมัน (A)	%กรดไขมัน (B)	ค่าเฉลี่ย	SE
C14:0	5.831	5.836	15946	21866	1.59	1.78	1.69	0.36
C14:0	10.13	10.151	148317	193624	14.83	15.75	15.29	0.81
C16:1n7	10.606	10.619	32802	42078	3.28	3.42	3.35	0.32
C16:2n4	11.922	11.93	9188	12508	0.92	1.02	0.97	0.26
C18:1n9	15.929	15.965	134213	167862	13.42	13.65	13.54	0.41
C18:1n7	16.373	16.398	54838	68089	5.48	5.54	5.51	0.20
C18:2n6	16.653	16.676	36641	45135	3.66	3.671	3.667	0.20
C18:3n4	18.087	18.107	17622	21974	1.76	1.76	1.77	0.14
C18:3n3	19.032	19.046	1307	1506	0.13	0.12	0.13	0.10
C18:4n3	20.131	20.147	9191	11119	0.92	0.90	0.91	0.10
C20:1n9	20.722	20.73	7147	8299	0.71	0.68	0.69	0.17
C20:4n3	23.646	23.656	2186	2920	0.92	0.24	0.23	0.10
C20:5n3	26.769	26.788	104243	120502	10.42	9.80	10.11	0.66
C22:5n3	28.589	28.599	2359	2820	0.24	0.24	0.23	0.00
C22:6n3	29.59	29.615	151870	170802	15.18	13.89	14.54	0.95

ตารางที่ 21 แสดงข้อมูลชนิด ปริมาณ ระยะเวลาที่เกิดพีก พื้นที่ใต้พีกและค่าเฉลี่ยของกรดไขมันในอาร์ทีเมีย

ชนิดสาร	RT	RT	Area	Area	%กรดไขมัน (A)	%กรดไขมัน (B)	ค่าเฉลี่ย	SE
C14:0	5.817	5.818	14535	15137	1.55	1.48	1.52	0.20
C14:0	10.119	10.123	144879	154887	15.41	15.19	15.30	0.40
C16:1n7	10.599	10.601	43672	47180	4.65	4.63	4.64	0.10
C16:3n4	12.721	12.723	1428	1341	0.15	0.13	0.14	0.10
C18:1n9	15.871	15.885	52521	53621	5.59	5.26	5.42	0.48
C18:1n7	16.416	16.432	142736	159923	15.19	15.69	15.44	0.60
C18:2n6	16.687	16.701	79177	86105	8.42	8.45	8.43	0.14
C18:3n4	18.215	18.235	170499	190812	18.14	18.72	18.43	0.64
C18:4n3	20.135	20.143	1233	1274	0.13	0.12	0.13	0.00
C20:1n9	20.782	20.795	115589	129267	12.30	12.68	12.49	0.52
C20:4n6	21.572	21.576	2935	3472	0.31	0.34	0.33	0.14
C20:4n3	23.6	23.602	1204	1288	0.15	0.13	0.13	0.00
C20:5n3	26.662	26.667	15609	10845	1.66	1.06	1.36	0.65
C22:6n3	29.42	29.423	17320	18102	1.84	1.78	1.81	0.22

ตารางที่ 22 แสดงข้อมูลน้ำหนัก และความยาวของปลาการ์ตูนส้มขาว(*A. ocellaris*) ที่ใช้ในการทดลอง

ถังทดลองที่1		ถังทดลองที่2		ถังทดลองที่3	
น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว
4.287	6.2	8.848	4.8	1.625	4.6
1.239	4.2	10.028	4.8	1.416	4.6
3.774	6	3.803	6	10.206	5.4
2.252		5.599	6.7	1.002	4
1.442	3.3	3.899	6.2	3.447	5.4
2.107	4.8	2.163	5.2	1.401	4.7
6.495	6.9	1.349	4.8	2.621	5.2
3.376	6.9	4.038	6.1	3.838	6
1.425		3.285	5.5	3.014	5.5
7.041	3.3	2.816	5.5	2.149	6
9.597	6	5.895	6.7	2.149	7
14.315	4.8	4.894	6.5	6.503	7
5.94	6.9	3.283	5.6	2.208	5.2
4.516	6.2	10.834	5.2	9.872	5.2
1.415		2.428	5.1	13.328	4.3
ค่าเฉลี่ย4.61	ค่าเฉลี่ย5.48	ค่าเฉลี่ย4.88	ค่าเฉลี่ย5.55	ค่าเฉลี่ย4.32	ค่าเฉลี่ย5.30

ตารางที่ 22 (ต่อ) แสดงข้อมูลน้ำหนักและความยาวของปลาการ์ตูนส้มขาว(*A. ocellaris*) ที่ใช้ในการทดลอง

ถังทดลองที่4		ถังทดลองที่5		ถังทดลองที่6	
น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว
2.527	5.2	2.165	5	5.667	6.8
2.1	5	10.91	5	4.394	6
7.585		13.952	6.3	3.958	6.5
2.126	5	1.624	4.5	6.024	6.7
8.226	4.6	2.508	5.8	2.849	6.5
7.712	5.1	2.928	5.8	2.02	5
2.278	4.7	2.172	4.9	9.827	5
1.422	5.1	6.776	7.2	11.841	5
8.571	7.5	3.307	5.9	1.493	4.2
9.999		3.994	6	6.8	4.5
3.004	5.2	2.168	5.2	1.29	4.5
2.242	4.9	1.896	5	5.478	6.5
2.543	5.1	1.29	4.2	3.032	5.4
7.449	3.9	6.547	6.9	4.035	6.5
2.038	5	5.734	6.3	2.686	6.5
ค่าเฉลี่ย4.65	ค่าเฉลี่ย5.19	ค่าเฉลี่ย4.53	ค่าเฉลี่ย5.61	ค่าเฉลี่ย4.43	ค่าเฉลี่ย5.69

ตารางที่ 22 (ต่อ) แสดงข้อมูลน้ำหนักและความยาวของปลาการ์ตูนส้มขาว(*A. ocellaris*) ที่ใช้ในการทดลอง

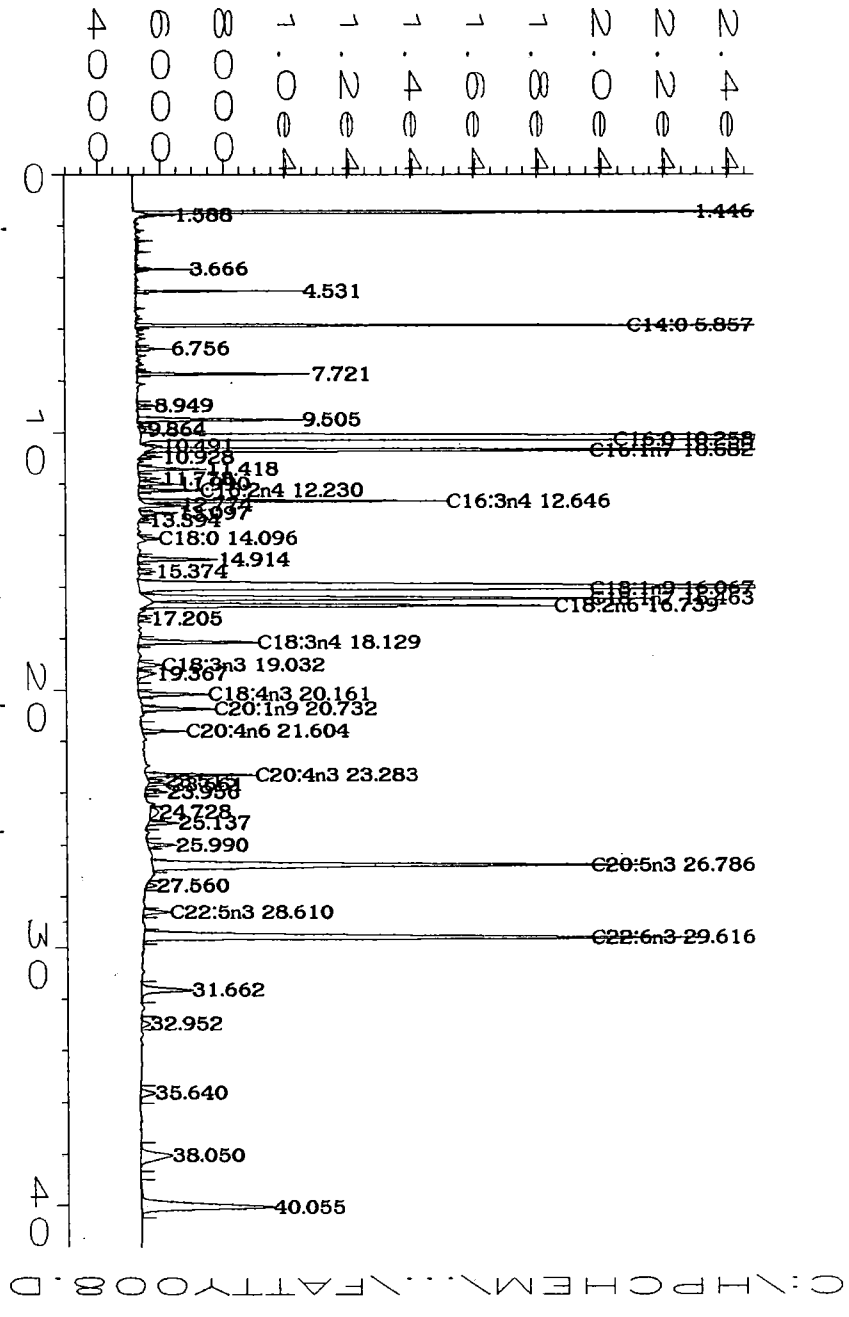
ถังทดลองที่7		ถังทดลองที่8		ถังทดลองที่9	
น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว
2.606	5.3	2.73	5.6	2.056	4.8
6.483		8.514	7.8	10.904	5.6
12.936	5.3	3.848	6	1.664	4.4
13.423	2.7	6.908	5.4	1.357	4.2
4.406	6.2	1.581	4.6	11.687	4.2
12.527	3.2	12.193	5	1.815	4.4
1.479	4.5	5.605	4.6	5.489	6.8
2.874	3.2	1.409	4.6	4.918	4.4
1.45	4.2	9.942	6.8	5.92	6.9
3.128	5.5	2.892	5.4	2.839	5.6
2.998	5.5	3.196	5.4	3.648	5.8
1.159	4.3	5.595	6.7	2.312	5.8
2.947	5.5	2.109	5	2.147	4.2
2.808	5.4	1.475	4.8	1.973	5
3.493	5.4	2.85	5.4	9.258	5.5
ค่าเฉลี่ย4.98	ค่าเฉลี่ย5.047	ค่าเฉลี่ย4.72	ค่าเฉลี่ย5.56	ค่าเฉลี่ย4.53	ค่าเฉลี่ย5.36

ตารางที่ 22 (ต่อ) แสดงข้อมูลน้ำหนักและความยาวของปลาการ์ตูนส้มขาว(*A. ocellaris*) ที่ใช้ในการทดลอง

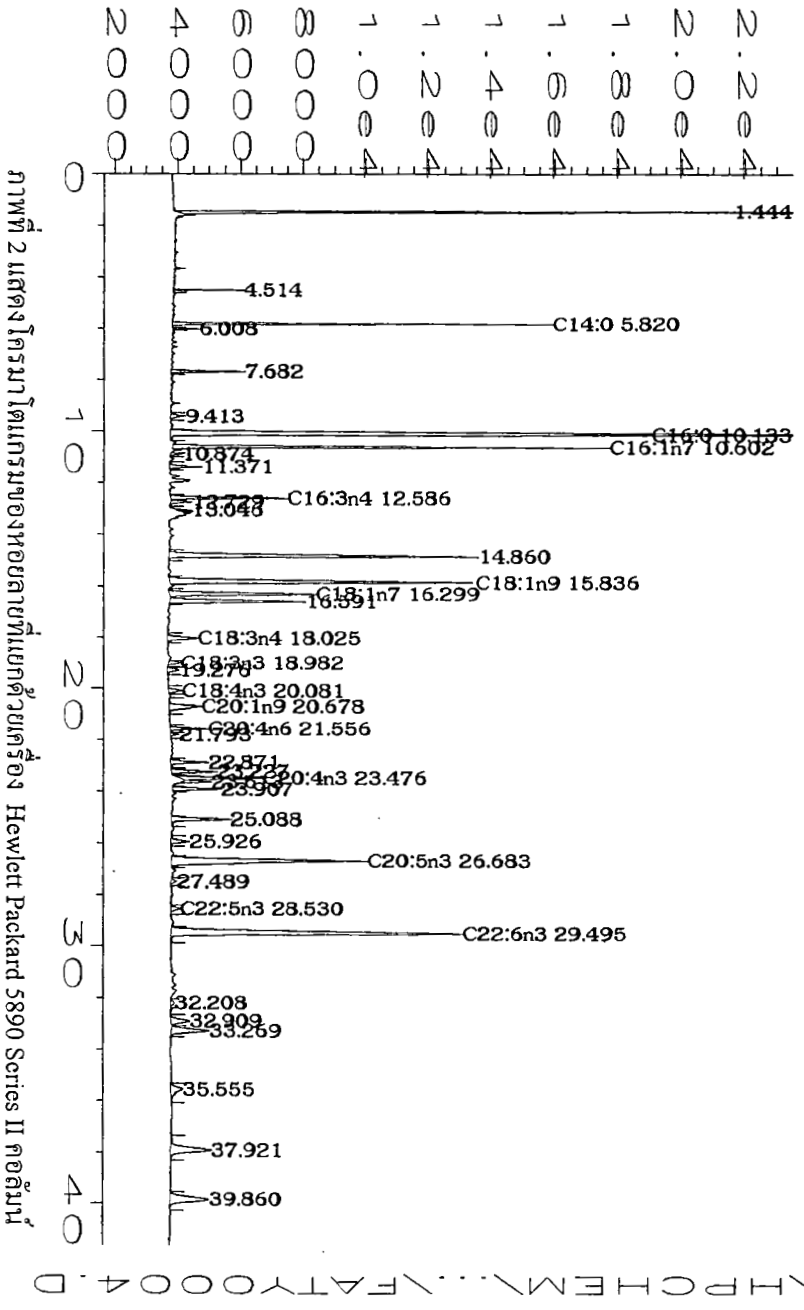
ถังทดลองที่10		ถังทดลองที่11		ถังทดลองที่12	
น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว
1.871	4.8	3.472	5.7	7.232	5.2
4.506	6	5.735	5	1.856	4.7
3.942	6	1.384	4.2	1.354	4.7
6.99	7.1	11.716	5	2.47	5.4
7.485	5.5	1.356	4.3	3.845	4.2
5.421	5.5	2.875	5.5	1.395	4.5
1.982	4.9	3.751	3.4	4.792	4.6
1.112	4.9	7.138	3.4	12.69	5.4
2.054	4.8	1.09	5	3.963	7
5.532	6.7	1.415	4.3	2.002	4.5
2.88	4.8	5.797	6.7	3.028	5.6
3.858	6	1.095	3.8	2.608	5
2.56	5.2	1.142	4.2	7.026	6.4
5.495	6.5	0.793	3.8	8.39	4.4
11.388	3.4	14.532	3.2	2.04	5.6
ค่าเฉลี่ย 4.47	ค่าเฉลี่ย 5.48	ค่าเฉลี่ย4.22	ค่าเฉลี่ย4.58	ค่าเฉลี่ย4.31	ค่าเฉลี่ย5.11

ตารางที่ 22 (ต่อ) แสดงข้อมูลน้ำหนักและความยาวของปลาการ์ตูนส้มขาว(*A. ocellaris*) ที่ใช้ในการทดลอง

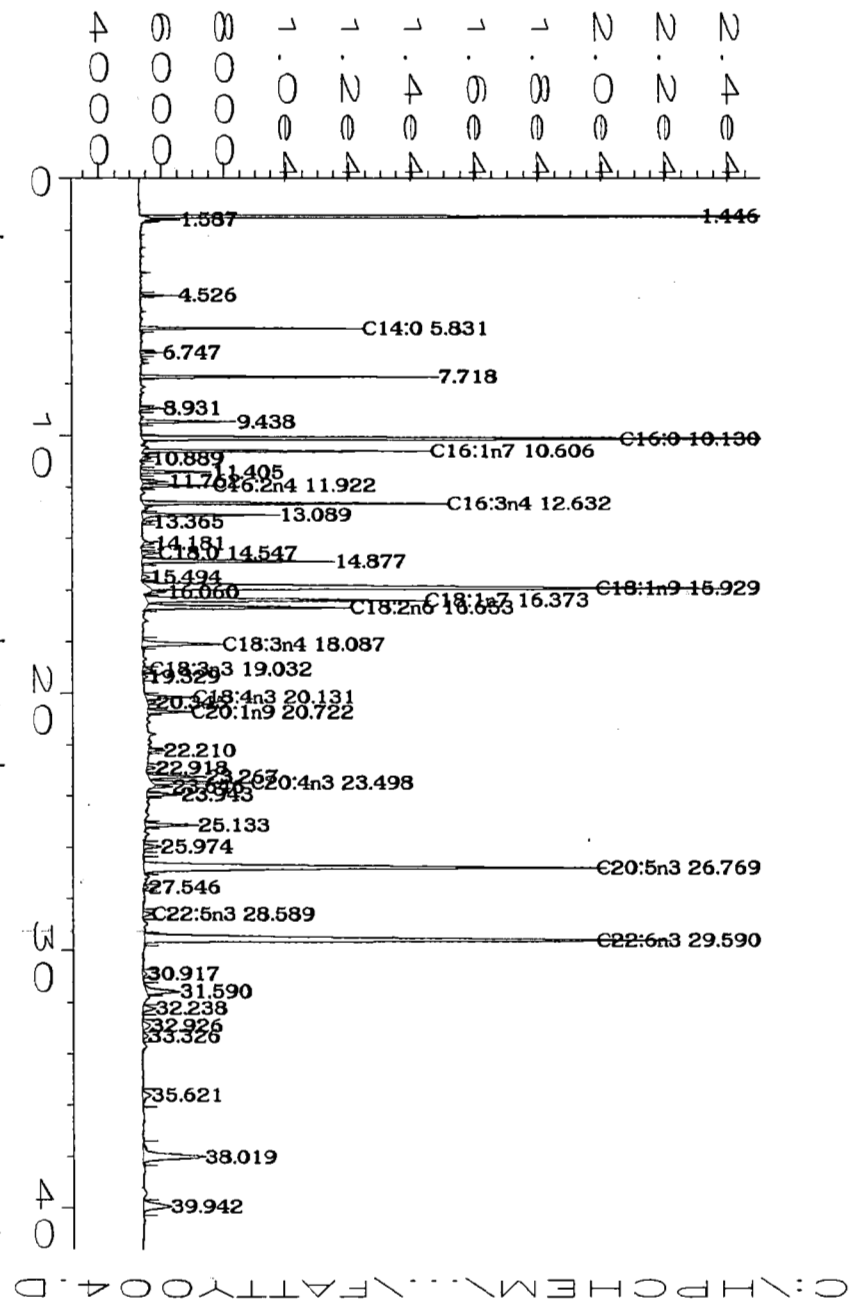
ถังทดลองที่13		ถังทดลองที่14		ถังทดลองที่15	
น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว
1.821	5	1.674	4.7	2.748	5.2
1.864	4.9	0.917	4.7	1.255	4
2.22	3.8	12.95	5.4	1.11	4
2.415	5	1.153	4	9.162	4.4
4.685	4.9	4.841	4.7	10.207	5.2
7.191	3.8	1.726	4.8	7.38	7
2.6	5.2	9.657	4.8	1.887	4.4
1.65	4.9	11.443	4.8	1.871	5
13.65	4.7	1.898	4.6	12.35	3.9
4.099	6.1	5.163	5.7	2.363	5
7.062	6.8	6.214	3.7	1.214	4
1.245	4.9	1.708	4.8	6.379	3.5
1.614	4.7	1.517	4.5	1.66	4.7
11.758	4.7	2.304	5.1	8.096	3.5
1.534	4.9	4.577	5	1.488	4.3
ค่าเฉลี่ย4.36	ค่าเฉลี่ย4.92	ค่าเฉลี่ย4.52	ค่าเฉลี่ย4.67	ค่าเฉลี่ย4.61	ค่าเฉลี่ย4.47



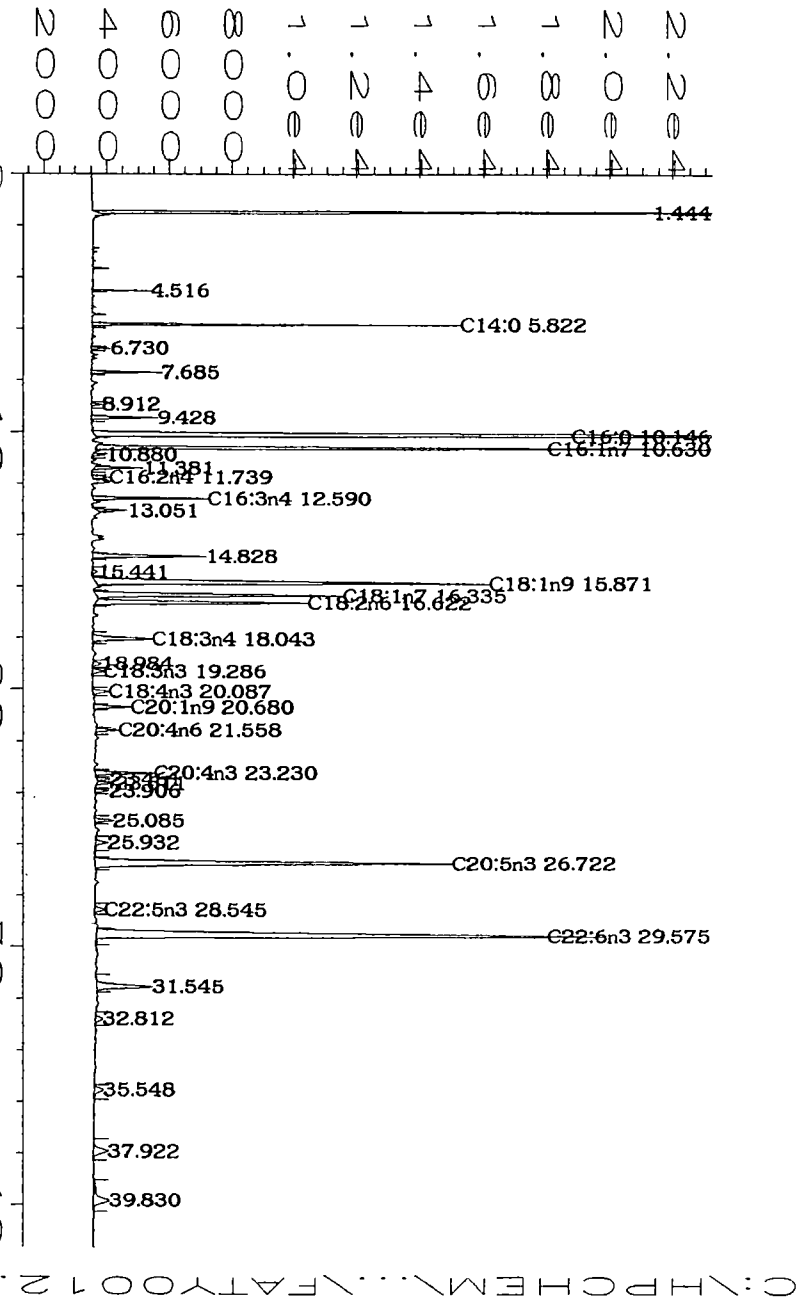
ภาพที่ 1 แสดงโครมาโทแกรมของปลาช่อนเลี้ยงที่แยกด้วยเครื่อง Hewlett Packard 5890 Series II คอลัมน์ Famewax ขนาด 30 m. X 0.25 mm. X 0.25 mm. ตกาอุณหภูมิ 120 °C, 0.5 min. อุณหภูมิ 120 °C ถึง 195 °C (5 min., 18 °C/min.) อุณหภูมิ 195 °C ถึง 205 °C (7min, 3 C/min. อุณหภูมิ 205 °C ถึง 220 °C (10 min., 8 °C/ min.) อุณหภูมิของตัวตรวจ 250 °C อุณหภูมิเครื่องตรวจวัด 250 °C ชนิดการฉีด split 10:1 ปริมาตรฉีด 1 µl



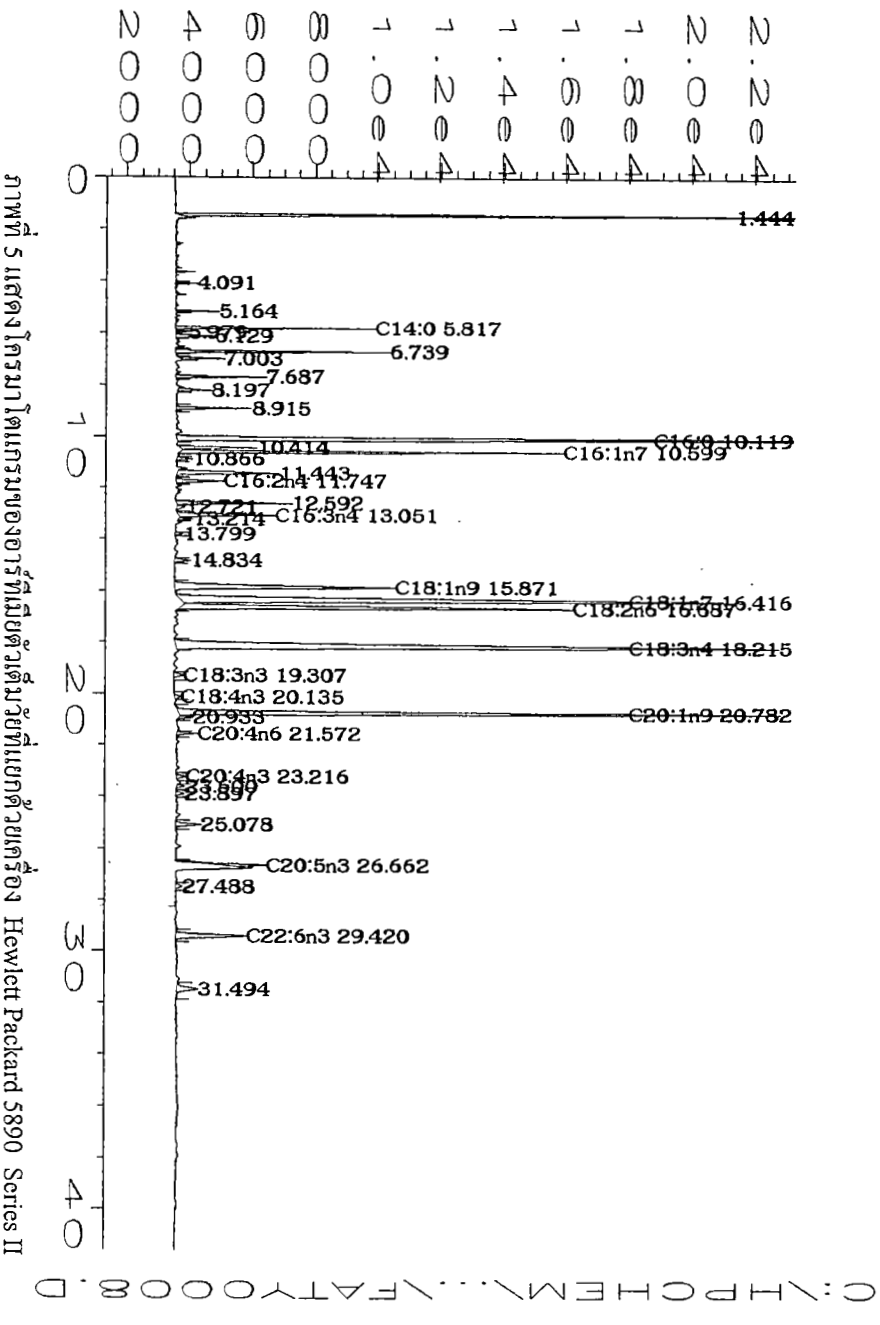
ภาพที่ 2 แสดงโครมาโตแกรมของหอยลายที่แยกด้วยเครื่อง Hewlett Packard 5890 Series II คอลัมน์ Famewax ขนาด 30 m. X 0.25 mm. X 0.25 mm. สภาวะอุณหภูมิ 120 °C, 0.5 min. อุณหภูมิ 120 °C ถึง 195 °C (5 min., 18 °C/min.) อุณหภูมิ 195 °C ถึง 205 °C (7min, 3 °C/min. อุณหภูมิ 205 °C ถึง 220 °C (10 min., 8 °C/ min.) อุณหภูมิช่องฉีดสาร 250 °C อุณหภูมิเครื่องตรวจวัด 250 °C ชนิดการฉีด split 10:1 ปริมาตรฉีด 1 µl



ภาพที่ 3 แสดงโครมาโตแกรมของกรดไขมันที่แยกด้วยเครื่อง Hewlett Packard 5890 Series II คอลัมน์ Famewax ขนาด 30 m. X 0.25 mm. X 0.25 mm. ศึกษาอุณหภูมิ 120 °C, 0.5 min. อุณหภูมิ 120 °C ถึง 195 °C (5 min., 18 °C/min.) อุณหภูมิ 195 °C ถึง 205 °C (7min, 3 °C/min. อุณหภูมิ 205 °C ถึง 220 °C (10 min., 8 °C/ min.) อุณหภูมิช่องฉีดสาร 250 °C อุณหภูมิเครื่องตรวจวัด 250 °C ชนิดการฉีด split 10:1 ปริมาตรฉีด 1 µl



ภาพที่ 4 แสดงโครมาโตแกรมของเคย ที่แยกด้วยเครื่อง Hewlett Packard 5890 Series II คอลัมน์ Famewax ขนาด 30 m. X 0.25 mm. X 0.25 mm. สภาวะอุณหภูมิ 120 °C,0.5 min. อุณหภูมิ 120 °C ถึง 195 °C (5 min., 18 °C/min.) อุณหภูมิ 195 °C ถึง 205 °C (7min, 3 °C/min.อุณหภูมิ 205 °C ถึง 220 °C (10 min., 8 °C/ min.) อุณหภูมิช่องฉีดสาร 250 °C อุณหภูมิเครื่องตรวจวัด 250 °C ชนิดการฉีด split 10:1 ปริมาตรฉีด 1 µl



ภาพที่ 5 แสดงโครมาโตแกรมของการ์ดีเมธิลเอสเตอร์ด้วยเครื่อง Hewlett Packard 5890 Series II

คอลัมน์ Famewax ขนาด 30 m. X 0.25 mm. X 0.25 mm. สภาวะอุณหภูมิ 120 °C, 0.5 min.

อุณหภูมิ 120 °C ถึง 195 °C (5 min., 18 °C/min.) อุณหภูมิ 195 °C ถึง 205 °C (7min, 3 °C/min.

อุณหภูมิ 205 °C ถึง 220 °C (10 min., 8 °C/ min.) อุณหภูมิช่องฉีดสาร 250 °C อุณหภูมิเครื่อง

ตรวจวัด 250 °C ชนิดการฉีด split 10:1 ปริมาตรฉีด 1 µl