

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

#### ผลการวิเคราะห์คุณภาพของอาหาร

วิเคราะห์ปริมาณ โปรตีน ไขมัน เส้นใย ความชื้น และเถ้าตามวิธีของ AOAC (1980) แล้วนำผลรวมมาคำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรตได้ผลตามตารางที่ 4 อาหารมี โปรตีนประมาณ 47.12-49.43% ปริมาณไขมัน 11.73-12.72% ปริมาณเส้นใย 2.56-2.89% ปริมาณความชื้น 10.3-13.6% ปริมาณเถ้า 7.24-8.02% ปริมาณคาร์โบไฮเดรต 16.53-19.05%

#### ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารกึ่งอุตสาหกรรม

สูตรอาหาร	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	เส้นใย (%)	ความชื้น (%)	เถ้า (%)	คาร์โบไฮเดรต (%)
M	49.10±0.77	12.41±0.19	2.74±0.34	11.27±0.53	7.24±1.66	17.24±3.49
P	49.43±1.08	11.73±0.27	2.81±0.18	10.37±0.28	7.53±0.57	18.13±2.38
N	47.12±1.52	12.17±0.21	2.68±0.11	13.60±0.12	7.59±1.26	16.84±3.22
S	48.44±1.20	12.45±0.05	2.56±0.23	12.07±0.48	7.95±1.95	16.53±3.91
A	47.55±0.98	12.72±0.13	2.76±0.30	11.44±0.39	8.02±1.54	17.51±3.34
C	48.18±1.01	12.20±0.36	2.89±0.16	10.29±0.60	7.39±0.92	19.05±3.05

#### หมายเหตุ วิเคราะห์อาหารภายหลังการเก็บรักษา 1 เดือน

M คืออาหารสูตรที่เติม Ascorbate-2-monophosphate

S คืออาหารสูตรที่เติม Ascorbate-2-sulfate

P คืออาหารสูตรที่เติม Ascorbate-2-polyphosphate

A คืออาหารสูตรที่เติม L-ascorbic acid

N คืออาหารสูตรที่ไม่เติมวิตามินซี

C คืออาหารสูตรที่เติม Coated ascorbic acid

### ผลการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีในอาหารและเนื้อกึ่ง

พบปริมาณ AA ในอาหารสูตรที่เติม Ascorbate-2-sulfate (S) สูงกว่าปริมาณที่กำหนดไว้เล็กน้อย และอาหารสูตรที่เติม Ascorbate-2-polyphosphate (P) มีปริมาณ AA ต่ำกว่า 200 ppm เล็กน้อย แต่อาหารสูตรที่เติม Ascorbate-2-monophosphate (M), อาหารสูตรที่เติม Coated ascorbic acid (C) และ อาหารสูตรที่เติม L-ascorbic acid (A) มีปริมาณ AA ต่ำกว่า 200 ppm มาก และไม่พบวิตามินซีในอาหารสูตรที่ไม่เติมวิตามินซี (N) (ตารางที่ 5)

ปริมาณวิตามินซีในเนื้อกึ่ง P<sub>20</sub> ให้ผลดังแสดงในตารางที่ 5 กุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่เติม Ascorbate-2-polyphosphate (P) และอาหารสูตรที่เติม Ascorbate-2-monophosphate (M) มีปริมาณ L-ascorbic acid (AA) ไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่มีปริมาณ AA มากกว่ากุ้งซึ่งเลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่เติม Ascorbate-2-sulfate (S), อาหารสูตรที่เติม Coated ascorbic acid (C), อาหารสูตรที่เติม L-ascorbic acid (A) และอาหารสูตรที่ไม่เติมวิตามินซี (N) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) กุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร P มีปริมาณ AA ในเนื้อมากที่สุด รองลงมาคือกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร M, S, C, A และ N ตามลำดับ (รูปที่ 6 ภาคผนวก)

ตารางที่ 5 ปริมาณ Ascorbic acid (AA) ในอาหารและเนื้อกึ่ง P<sub>20</sub> (ppm) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

สูตรอาหาร	ปริมาณ AA ในอาหาร	ปริมาณ AA ในเนื้อกึ่ง
M	124.62 ± 64.80 <sup>bc</sup>	616.71 ± 90.72 <sup>a</sup>
P	180.20 ± 38.42 <sup>ab</sup>	660.38 ± 113.34 <sup>a</sup>
N	non detectable	35.24 ± 2.14 <sup>b</sup>
S	201.12 ± 7.36 <sup>a</sup>	170.52 ± 32.23 <sup>b</sup>
A	58.46 ± 19.41 <sup>c</sup>	41.92 ± 2.97 <sup>b</sup>
C	90.18 ± 31.25 <sup>c</sup>	70.51 ± 6.52 <sup>b</sup>

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรยกกำลังต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

หมายเหตุ วิเคราะห์อาหารภายหลังการเก็บรักษา 1 เดือน

### ผลของวิตามินซีต่อการเจริญเติบโต

ผลของวิตามินซีรูปแบบต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตของลูกกุ้งตั้งแต่ระยะ Zoea I ถึงระยะ Postlarva 20 ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 30 วัน วัดการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำวัยอ่อนเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ P<sub>20</sub> โดยการชั่งน้ำหนักและวัดความยาวแสดงในตารางที่ 6 (รูปที่ 7 ภาคผนวก) กุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่เติม Ascorbate-2-polyphosphate (P) มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 10.78 มิลลิกรัม ซึ่งมากกว่ากุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) และไม่พบความแตกต่างของน้ำหนักเฉลี่ยในกลุ่มกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่เติม Ascorbate-2-monophosphate (M), อาหารสูตรที่เติม Ascorbate-2-sulfate (S), อาหารสูตรที่เติม Coated ascorbic acid (C), อาหารสูตรที่เติม L-ascorbic acid (A) และอาหารสูตรที่ไม่เติมวิตามินซี (N) สำหรับความยาวเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 13.17 มิลลิเมตรพบในกลุ่มกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร P ส่วนกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร A และ C มีความยาวเฉลี่ยน้อยกว่ากุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร M และ S อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

ตารางที่ 6 น้ำหนักเฉลี่ยและความยาวเฉลี่ยของกุ้ง P<sub>20</sub> เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

สูตรอาหาร	น้ำหนักเฉลี่ย (มก)	ความยาวเฉลี่ย (มม)
M	8.30 ± 1.8 <sup>b</sup>	12.28 ± 1.08 <sup>b</sup>
P	10.78 ± 3.0 <sup>a</sup>	13.17 ± 1.68 <sup>a</sup>
N	5.99 ± 0.9 <sup>b</sup>	11.29 ± 1.15 <sup>c</sup>
S	8.17 ± 1.0 <sup>b</sup>	12.20 ± 1.07 <sup>b</sup>
A	5.87 ± 1.5 <sup>b</sup>	11.33 ± 1.45 <sup>c</sup>
C	6.29 ± 1.4 <sup>b</sup>	11.29 ± 1.09 <sup>c</sup>

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรยกกำลังต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

หมายเหตุ ชั่งน้ำหนักกุ้งครั้งละ 10 ตัว

### ผลของวิตามินซีต่อการรอด

เมื่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำวัยอ่อนระยะ Zoea, ระยะ Mysis จนถึงระยะ Postlarva 1-20 ด้วยอาหารทั้ง 6 สูตร อัตราการรอดทั้ง 3 ระยะได้ผลดังแสดงในตารางที่ 7 (รูปที่ 8 ภาคผนวก) อัตราการรอดของ Zoea ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่เติม Ascorbate-2-monophosphate (M), อาหารสูตรที่เติม Ascorbate-2-polyphosphate (P) และอาหารสูตรที่เติม Ascorbate-2-sulfate (S) สูงกว่า Zoea ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่เติม L-ascorbic acid (A) และอาหารสูตรที่เติม Coated ascorbic acid (C) อย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) ระยะ Mysis พบอัตราการรอดใกล้เคียงกันในกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร P, S และ C ซึ่งมากกว่าอัตราการรอดของกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร M และ A ในระยะ Postlarva กุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร P มีอัตราการรอดดีที่สุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) กับกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร M, S, C และ A ตามลำดับแต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของอัตราการรอดในกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร C และ A ส่วนกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ไม่เติมวิตามินซี (N) มีอัตราการรอดต่ำสุดทุกระยะและแตกต่างจากกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ )

ตารางที่ 7 อัตราการรอดเฉลี่ย (%) ของกุ้งวัยอ่อนทั้ง 3 ระยะซึ่งเลี้ยงด้วยอาหารที่ใส่วิตามินซีรูปแบบต่างกัน 6 สูตร

สูตรอาหาร	อัตราการรอดของกุ้งวัยอ่อน 3 ระยะ		
	Zoea	Mysis	Postlarva
M	89.0 ± 4.10 <sup>a</sup>	36.4 ± 2.17 <sup>ab</sup>	52.0 ± 5.82 <sup>b</sup>
P	88.0 ± 5.13 <sup>a</sup>	48.8 ± 4.82 <sup>a</sup>	62.4 ± 3.28 <sup>a</sup>
N	49.7 ± 5.27 <sup>c</sup>	15.0 ± 4.47 <sup>b</sup>	25.2 ± 4.14 <sup>c</sup>
S	85.8 ± 5.39 <sup>a</sup>	48.8 ± 7.75 <sup>a</sup>	45.6 ± 3.84 <sup>c</sup>
A	61.8 ± 6.58 <sup>b</sup>	29.2 ± 6.87 <sup>ab</sup>	33.6 ± 5.18 <sup>d</sup>
C	61.0 ± 5.21 <sup>b</sup>	42.2 ± 4.86 <sup>a</sup>	34.0 ± 4.90 <sup>d</sup>

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรยกกำลังต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

### ความทนทานต่อสภาวะเครียดของกุ้ง P<sub>20</sub> ที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน

การทดสอบความทนทานต่อสภาวะเครียดของกุ้ง P<sub>20</sub> โดยเปลี่ยนแปลงความเค็มจาก 30 ppt เป็น 0 ppt เมื่อสิ้นสุดการทดลอง กระทำโดยการสูมตัวอย่างขวดละ 10 ตัว นำมาใส่ในน้ำจืดและนับจำนวนตัวที่ตายทุกๆ 10 นาทีจนกระทั่งตายหมด เปรียบเทียบการตายสะสมของลูกกุ้งแสดงในตารางที่ 8 และรูปที่ 5

พบการตายของกุ้งตั้งแต่ 10 นาทีแรกของการทดสอบและภายใน 1 ชั่วโมง กุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ไม่เติมวิตามินซี (N) จะมีเปอร์เซ็นต์การตายสะสมมากที่สุดคือ 94 % รองลงมาคือกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่เติม Coated ascorbic acid (C=76%), อาหารสูตรที่เติม L-ascorbic acid (A=70%), อาหารสูตรที่เติม Ascorbate-2-monophosphate (M=70%), อาหารสูตรที่เติม Ascorbate-2-polyphosphate (P=54%) และอาหารสูตรที่เติม Ascorbate-2-sulfate (S=52%) การตายสะสมภายหลังชั่วโมงแรกจะลดลง พบการตายทั้งหมดของกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร N ภายใน 80 นาทีหลังจากนั้นกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร M, S และ A จะตายทั้งหมดภายในนาที่ที่ 90 ส่วนกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร C และ P ตายหมดภายในนาที่ที่ 100 และ 130 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย probit analysis เพื่อหาช่วงเวลาที่เกิดการตาย 50% (LT<sub>50</sub>) ของกุ้ง จากการทดสอบความทนทานต่อสภาวะเครียดในน้ำจืดสนิทของกุ้ง P<sub>20</sub> พบว่า LT<sub>50</sub> ของกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร M เท่ากับ 50.86 นาที, สูตร P เท่ากับ 52.04 นาที, สูตร N เท่ากับ 30.36 นาที, สูตร S เท่ากับ 47.95 นาที, สูตร A เท่ากับ 42.21 นาที และสูตร C เท่ากับ 44.57 นาที (ตารางที่ 9)

### ผลคุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยง

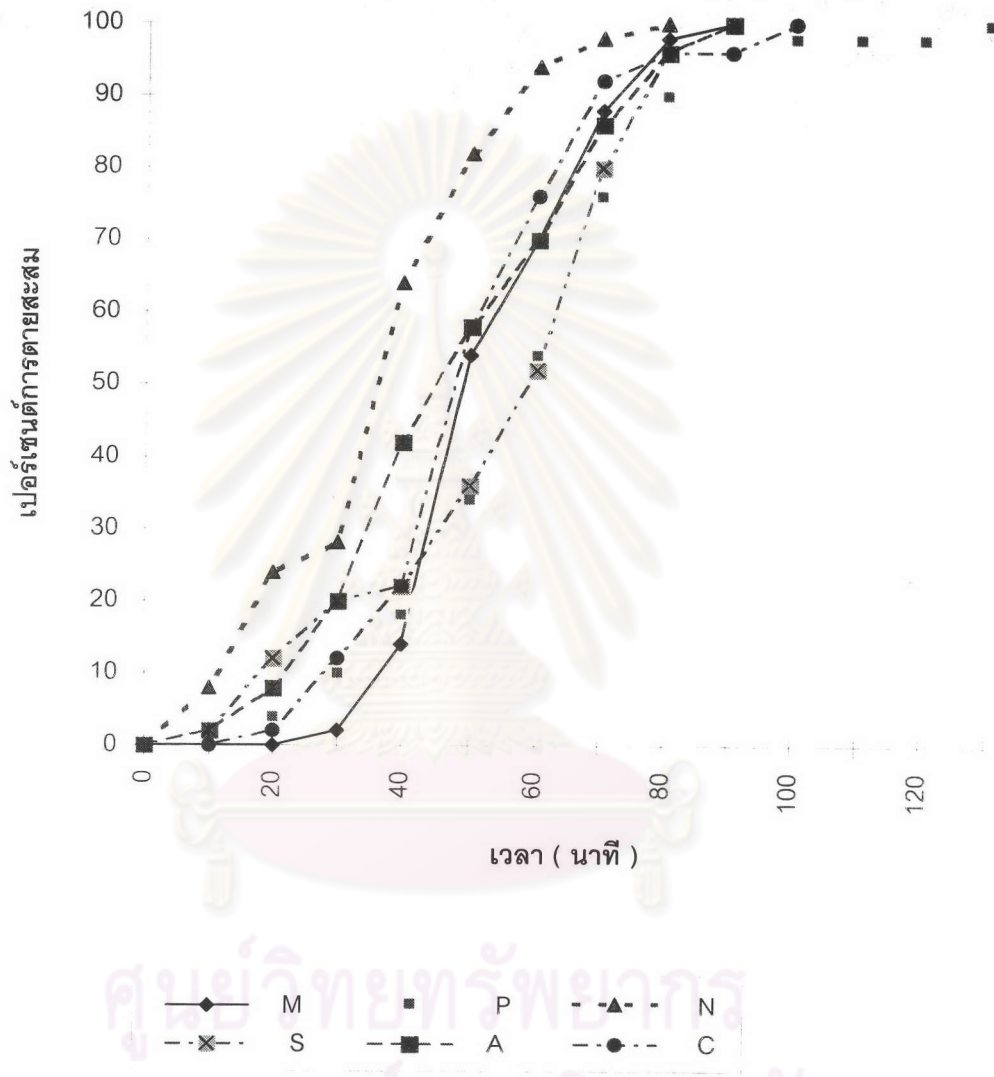
เก็บข้อมูลโดยการสูมวัดอุณหภูมิ (Temperature), ความเค็ม (Salinity), ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO), ความเป็นกรดด่าง (pH), ปริมาณแอมโมเนีย (NH<sub>3</sub>-N) และไนเตรท (NO<sub>3</sub>-N) ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 10 คุณภาพน้ำของแต่ละกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกันและอยู่ในช่วงปกติตลอดระยะเวลาการทดลองคืออุณหภูมิอยู่ในช่วง 26-30 องศาเซลเซียส ความเค็มเท่ากับ 30 ppt ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ 6.0-7.7 (mg/l) ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 7.4-7.7 ปริมาณแอมโมเนียมีค่าน้อยมากอยู่ระหว่าง 0-0.1 (mg/l) และปริมาณไนเตรท 0-50 (mg/l)

ตารางที่ 8 เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของกุ้ง  $P_{20}$  เมื่อทดสอบที่ความเค็ม 0 ppt (น้ำจืด) ภายหลังจากทดลอง

เวลา (นาที)	เปอร์เซ็นต์การตายสะสม					
	M	P	N	S	A	C
0	0	0	0	0	0	0
10	0	2	8	2	2	0
20	0	4	24	12	8	2
30	2	10	28	20	20	12
40	14	18	64	22	42	22
50	54	34	82	36	58	58
60	70	54	94	52	70	76
70	88	76	98	80	86	92
80	98	90	100	96	96	96
90	100	96		100	100	96
100		98				100
110		98				
120		98				
130		100				

ตารางที่ 9 ช่วงเวลาที่เกิดการตาย 50 % ( $LT_{50}$ ) ของกุ้ง  $P_{20}$  เมื่อทดสอบที่ความเค็ม 0 ppt (น้ำจืด) ภายหลังจากทดลอง

สูตรอาหาร	$LT_{50}$ (นาที)
M	50.86
P	52.04
N	30.36
S	47.95
A	42.21
C	44.57



รูปที่ 5 เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของกุ้ง P<sub>20</sub> เมื่อทดสอบที่ความเค็ม 0 ppt (น้ำจืด) ภายหลังการทดลอง

ตารางที่ 10 คุณภาพน้ำโดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งกุลาดำวัยอ่อน

สูตรอาหาร	ระยะ	คุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง					
		TEMP (°C)	SAL (ppt)	DO (mg/l)	pH	NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	NO <sub>3</sub> -N (mg/l)
อาหารที่เติม Ascorbate-2- monophosphate (M)	Z <sub>1</sub> -Z <sub>3</sub>	28.0 (27-30)	30	6.65 (6.0-7.3)	7.7	0.1	10
	M <sub>1</sub> -M <sub>3</sub>	27.8 (27-29)	30	7.40 (7.3-7.5)	7.7	0	10
	P1-P10	27.7 (26-29)	30	6.30 (6.0-6.6)	7.7	0.1	10
	P11-P20	27.6 (26-30)	30	6.75 (6.2-7.3)	7.7	0.025	25
อาหารที่เติม Ascorbate-2- polyphosphate (P)	Z <sub>1</sub> -Z <sub>3</sub>	28.0 (27-30)	30	6.80 (6.4-7.2)	7.7	0.1	10
	M <sub>1</sub> -M <sub>3</sub>	27.8 (27-29)	30	7.10 (6.9-7.3)	7.7	0	10
	P1-P10	27.7 (26-29)	30	6.90 (6.2-7.6)	7.7	0.1	10
	P11-P20	27.6 (26-30)	30	7.45 (7.2-7.7)	7.7	0.025	25
อาหารที่ไม่เติม วิตามินซี (N)	Z <sub>1</sub> -Z <sub>3</sub>	28.0 (27-30)	30	6.65 (6.0-7.3)	7.7	0.1	10
	M <sub>1</sub> -M <sub>3</sub>	27.8 (27-29)	30	6.65 (6.0-7.3)	7.7	0	10
	P1-P10	27.7 (26-29)	30	6.70 (6.3-7.1)	7.7	0.1	10
	P11-P20	27.6 (26-30)	30	6.45 (6.2-6.7)	7.7	0.025	25
อาหารที่เติม Assorbate-2- sulfate (S)	Z <sub>1</sub> -Z <sub>3</sub>	28.0 (27-30)	30	6.75 (6.2-7.3)	7.7	0.1	10
	M <sub>1</sub> -M <sub>3</sub>	27.8 (27-29)	30	6.50 (6.2-6.8)	7.4	0	10
	P1-P10	27.7 (26-29)	30	7.00 (6.4-7.6)	7.7	0.1	10
	P11-P20	27.6 (26-30)	30	6.70 (6.1-7.3)	7.7	0.025	25
อาหารที่เติม L-ascorbic acid (A)	Z <sub>1</sub> -Z <sub>3</sub>	28.0 (27-30)	30	6.80 (6.2-7.4)	7.7	0.1	10
	M <sub>1</sub> -M <sub>3</sub>	27.8 (27-29)	30	6.55 (6.1-7.0)	7.7	0	10
	P1-P10	27.7 (26-29)	30	6.85 (6.4-7.3)	7.7	0.1	10
	P11-P20	27.6 (26-30)	30	6.95 (6.4-7.5)	7.7	0.025	25
อาหารที่เติม Coated ascorbic acid (C)	Z <sub>1</sub> -Z <sub>3</sub>	28.0 (27-30)	30	6.60 (6.2-7.0)	7.7	0.1	10
	M <sub>1</sub> -M <sub>3</sub>	27.8 (27-29)	30	6.75 (6.3-7.2)	7.4	0	10
	P1-P10	27.7 (26-29)	30	7.05 (6.7-7.4)	7.7	0.1	10
	P11-P20	27.6 (26-30)	30	6.50 (6.0-7.0)	7.7	0.025	25

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในวงเล็บหมายถึงค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด