บทที่ 3

การทดลอง

วัสดุและอุปกรณ์

กุ้งกุลาดำวัยรุ่น

กุ้งกุลาดำวัยรุ่นที่ใช้ในการทดลองเลี้ยงทดสอบอาหารในช่วงแรกได้มาจากนากุ้งแบบพัฒนา อำเภออ่างศิลา จังหวัดชลบุรี ในช่วงที่สองได้จากนากุ้งแบบพัฒนา อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี ขนส่งมายังห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยบรรจุพร้อมน้ำทะเลในถุงพลาสติคขนาดใหญ่ที่มัดก้นถุงทั้งสองข้างอัดกาซออกซิเจน แล้วมัดปากถุงให้แน่น วางถุงบรรจุกุ้งในถังโฟมเพื่อป้องกันการกระเทือน ถ้าอุณหภูมิของอากาศระหว่างการขนส่งสูง จะมีการใส่น้ำแข็งทุบรอบ ๆ ถุงบรรจุกุ้งเพื่อลดอุณหภูมิให้อยู่ที่ 15-20 °C เมื่อขนส่งถึงห้องปฏิบัติการปล่อยกุ้งลงในบ่อ stock ที่บรรจุน้ำทะเลความเค็ม 20 ส่วนในพันส่วน เพื่อปรับสภาพแวดล้อมของกุ้งและให้กุ้งคลายเครียด เป็นเวลา 3 วันก่อนทดลอง

วัสดุอาหาร

ปลาป่น	บริษัท ป.เจริญภัณฑ์จำกัด
ปลาหมึกป่น	บริษัท ป.เจริญภัณฑ์จำกัด
กากกุ้งป่น	บริษัท ป.เจริญภัณฑ์จำกัด
กากถั่วเหลือง	บริษัท ป.เจริญภัณฑ์จำกัด
รำละเอียด	บริษัท ป.เจริญภัณฑ์จำกัด
ปลายข้าว	ร้านขายข้าววัฒนาพานิช
lecithin	บริษัทสหสิทธิ์อิมปอร์ตแอนเอกปอร์ต
cholesterol	บริษัทสหสิทธิ์อิมปอร์ตแอนเอกปอร์ต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

di-calcium phosphate	บริษัทแอกทีฟกรุ๊ฟจำกัด
vitamin premix	บริษัทโรวิไทยจำกัด
vitamin C	บริษัทโรวิไทยจำกัด
น้ำมันปลา	บริษัทสหสิทธิ์อิมปอร์ตแอนเอกปอร์ต
Isolated Soy Protein	บริษัทฟู้ดแอนคอสเมติกจำกัด
lignosulfonate (Borebone ®)	บริษัทดีทแฮมฟาร์มาเค็ม จำกัด
wheat gluten	บริษัทฟู้ดแอนคอสเมติกจำกัด
guar gum	บริษัท Winner Group Enterprise จำกัด

cross-linking tapioca starch (Purity DA ®)
บริษัท National Starch and Chemicals จำกัด

acetylated distarch phosphate (Paselli BC ®)
บริษัท Winner Group Enterprise จำกัด

modified waxy - maize starch (Thin-n-Thik 99 ® starch)
บริษัทเบอรี่ลี่ยุคเกอร์ จำกัด

cross-linking and hydroxypropylated tapioca starch(TTL-X 78 ®)
บริษัท National Starch and Chemicals จำกัด

sodium alginate	บริษัทวิทยาอาหารจำกัด
sodium hexametaphosphate	บริษัทวิทยาอาหารจำกัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร

95% Ethyl alcohol	food grade
Sodium hydroxide	A.R.
Sulphuric acid	A.R.
Boric acid	A.R.
Potassium hydrogenphatalate	A.R.
Methyl red	A.R.
Methylene blue	A.R.

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Petroleum ether A.R.

Kjeltab (K_2SO_4:Se ในอัตราส่วน1000:1)

บริษัทสิทธิพรแอสโซซิเอส จำกัด

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีในอาหาร

Oxalic acid A.R.

L-ascorbic acid A.R.

2,6-dichlorophenol indophenol sodium salt (dihydrate) A.R

สารเคมีที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้ง

Malachite green

Chorox ®

สารเคมีชุดวิเคราะห์คุณภาพน้ำ (Aquamerch 11102)

อุปกรณ์

อุปกรณ์ในการเตรียมอาหารและการวิเคราะห์คุณภาพอาหาร

เครื่องบดแบบ pin mill (Shangtung Chimo Agricultural Machinery Work,FFG-23)

เครื่องร่อนวัตถุดิบอาหารแห้งและตะแกรงร่อน ขนาดรูตะแกรง 50 mesh

เครื่องผสมแบบถังนอน

เครื่องบดอาหารใช้อัดเม็ดอาหารขนาดกำลังมอเตอร์ 1 แรงม้า

ตู้อบแบบลมเป่าผ่าน (Binder รุ่น F 115)

เครื่องชั่งหยาบ (Sartorius PT 1200)

เครื่องชั่งละเอียด (Precisa 200 A)

เครื่อง pellet mill (California Pellet Mill)

หม้อนึ่งไอน้ำแบบไอน้ำพ่นทางด้านบน หรือ Exhaust Box

ชุดย่อย กลั่นโปรตีน (Kjeldatherm ของ Gerhardt รุ่น KT85 และเครื่อง Vapodest I)

ชุดสกัดไขมัน (Gerhardt Soxtherm Automatic รุ่น S-166)

ชุดหาเส้นใย ซึ่งประกอบด้วย hot plate(Gerhardt รุ่น RF 16/6) พร้อม round condensor

Muffle Furnace (Carbolite รุ่น MEL 11-2)

อุปกรณ์หาความชื้น (Sartorius Thermo Control รุ่น VTE 0 1L)

UV-Visible Recording Spectrophotometer (Shimadzu, UV-240)

อุปกรณ์สำหรับเลี้ยงกุ้งวัยรุ่น

ถังไฟเบอร์สีดำพร้อมฝาปิดขนาดบรรจุ 200 ลิตร พร้อมอุปกรณ์ท่อสายอากาศขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.4 เซนติเมตร

Salinometer แบบ hand refractometer (Atago S/Mill 0-100 %

Dissolved Oxegen meter (YSI model 33. S-C-T- meter)

เทอร์โมมิเตอร์ อุณหภูมิ 0-100 °C

เครื่องชั่งแบบทศนิยม 1 ตำแหน่ง (Sartorius PT 1200)

อุปกรณ์ที่ใช้จับกุ้งเช่น สวิง กระชอน ขนาดต่างๆ

อุปกรณ์ที่ใช้ทำความสะอาด เช่น แปรงขัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีทดลอง

3.1 ศึกษาชนิดและปริมาณสารเชื่อมในสูตรอาหารซึ่งผลิตโดยใช้เครื่องบดอาหาร

3.1.1 ผลิตอาหารกุ้งวัยรุ่นโดยใช้สูตรอาหารดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สูตรอาหารกุ้งวัยรุ่นมาตรฐานที่ใช้ในการศึกษาชนิดและปริมาณสารเชื่อม (57)

สารอาหาร	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)
ปลาป่น	27.5
ปลาหมึกป่น	10.0
กากกุ้งป่น	10.0
กากถั่วเหลือง	20.0
รำละเอียด	25.0
น้ำมันข้าวโพด	3.0
vitamin premix	2.0
sodium alginate	1.5
sodium hexametaphosphate	1.0
รวม	100.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

vitamin premix ที่ใช้คือ Rovimix ® No. 329910 มีส่วนประกอบและปริมาณดังต่อไปนี้คือ

ชนิดของวิตามิน	ปริมาณ(ต่อ vitamin premix 1 กิโลกรัม)
Vitamin A	0.75 MIU
Vitamin D_3	0.10 MIU
Vitamin E	10.0 g
Vitamin K_3	2.0 g
Thiamin (B_1)	4.0 g
Riboflavin (B_2)	3.0 g
Pyridoxine (B_6)	6.0 g
Vitamin B_{12}	0.003 g
Nicotinic acid	15.0 g
Pantothenic acid	10.0 g
Folic acid	1.0 g
Biotin	0.1 g
Choline	10.0 g
Iron	1.0 g
Copper	0.2 g
Manganese	2.0 g
Zinc	3.0 g
Cobalt	0.01 g
Iodine	0.02 g
Selenium	0.01 g
Vitamin C	100.0 g
essential factor and carrier added to	1 kg.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.2 กรรมวิธีผลิต บดวัตถุดิบให้เป็นผงละเอียดด้วยเครื่องบดแบบ pin mill ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 50 mesh ด้วยเครื่องเขย่าแบบตะแกรงร่อน จากนั้นชั่งส่วนผสมแห้งทุกชนิด ผสมให้เข้ากันในถังผสมแบบนอนเป็นเวลา 3 นาที แล้วเติมน้ำมันจนครบตามปริมาณที่ต้องการผสมต่ออีกเป็นเวลา 4 นาทีค่อย ๆ เติมน้ำในประมาณ 60 % ของน้ำหนักสูตรทั้งหมดผสมต่ออีก 3 นาที นำอาหารที่ได้ไปผ่านเครื่องบดอาหารขนาดกำลังมอเตอร์ 1 แรงม้าแม่แบบมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.2 มิลลิเมตรจากนั้นอบอาหารที่ผ่านการอัดเม็ดให้แห้งที่ 60 °C โดยใช้ตู้อบแบบมีลมเป่าผ่าน จนอาหารเหลือความชื้นน้อยกว่า 10 % จึงนำอาหารมาลดความยาวด้วยลูกกลิ้งไม้ จากนั้นบรรจุถุงปิดผนึก

3.1.3 ผลิตอาหารกุ้งวัยรุ่นโดยใช้สูตรอาหารในข้อ 3.1.1 ผลิตตามกรรมวิธีในข้อ 3.1.2 โดยแปรชนิดและปริมาณสารเชื่อมที่เลือกใช้ดังต่อไปนี้คือ

- wheat gluten ที่ 3 ระดับ 5, 10 และ 15 %
- lignosulfonate (Borebone ®) ที่ 3 ระดับ 1, 2 และ 3 %
- guar gum ที่ 3 ระดับ 1, 2 และ 3 %
- cross-linking tapioca starch (Purity DA ®) ที่ 3 ระดับ 2.5, 5 และ 7.5 %
- cross-linking and hydroxypropylated tapioca starch (TTL-X78 ®) ที่ 3 ระดับ 2.5, 5 และ 7.5 %
- acetylated distarch phosphate (Paselli BC ®) ที่ 3 ระดับ 2.5, 5 และ 7.5 %
- modified waxy-maize starch (Thin-n-thik 99 starch ®) ที่ 3 ระดับ 2.5, 5 และ 7.5 %
- ส่วนผสมของ Isolated Soy Protein (ISP) กับ α-starch ในอัตราส่วน 10%:0%, 10%:3% และ 7%:3 %

จากสูตรอาหารในตารางที่ 3.1 จะพบว่าปริมาณสารเชื่อมที่ใช้คือ 2.5 % (sodium alginate 1.5 % รวมกับ sodium hexametaphosphate 1 %) ซึ่งสารเชื่อมชนิดนี้และปริมาณในการใช้ระดับนี้เป็นที่นิยมในการผลิตอาหารกุ้งเชิงทดลองจึงให้สูตรนี้เป็นสูตรควบคุม ดังนั้นในการใช้สารเชื่อมชนิดอื่นแทนที่ จะแทนปริมาณสารเชื่อมในสูตร

ควบคุมส่วนนี้ ถ้าสารเชื่อมชนิดใดใช้ในปริมาณมากหรือน้อยกว่า 2.5 % จะใช้วิธีการเพิ่มหรือลดปริมาณรำละเอียดในสูตร โดยไม่คำนึงถึงคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร

หาค่าความคงตัวของอาหารที่ผลิตได้ทุกสูตรในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 20 ส่วนในพันส่วน ที่เวลาแช่ต่าง ๆ กันคือ 0.5, 1, 2, 3, และ 4 ชั่วโมง วิธีการหาดัดแปลงจากวิธีของ Hasting (52) รายละเอียดการหาค่าความคงตัวของอาหารในน้ำแสดงในภาคผนวก ก.6 ในแต่ละชนิดของสารเชื่อมจะวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Completely Randomized Design และเปรียบเทียบผลโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (53) ทดลอง 2 ซ้ำ

3.2 <u>ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุอาหารที่ใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารกุ้งวัยรุ่น</u>

เตรียมวัสดุอาหารโดยนำมาบดแบบแห้งด้วยเครื่อง pin mill ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 50 mesh (วัตถุดิบบางชนิด เช่น รำละเอียด กากถั่วเหลือง ปลาป่น ไม่ต้องผ่านการบดนำมาร่อนได้เลย)

ตรวจสอบองค์ประกอบดังต่อไปนี้

ปริมาณความชื้น ดัดแปลงจากวิธีวิเคราะห์ AOAC-7.007
รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก.1

ปริมาณโปรตีน ดัดแปลงจากวิธีวิเคราะห์ AOAC-7.024
รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก.2

ปริมาณไขมัน ใช้วิธีวิเคราะห์ของ AOAC-7.062
รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก.3

ปริมาณเถ้า ใช้วิธีวิเคราะห์ของ AOAC-7.009
รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก.4

ปริมาณเส้นใย ดัดแปลงจากวิธีวิเคราะห์ AOAC-7.073
รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก.5

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต โดยการคำนวณจากการนำผลรวมขององค์ประกอบอื่น หักออกจาก 100

3.3 ศึกษาผลของการใช้สารเชื่อมในสูตรอาหารต่ออัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอด และอัตราการแลกเนื้อของกุ้งกุลาดำวัยรุ่น

3.3.1 ผลิตอาหารกุ้งวัยรุ่นตามสูตรในตาราง 3.2 ผลิตตามขั้นตอนการผลิตเช่นเดียวกับข้อ 3.1.2 ซึ่งแต่ละสูตรจะใช้สารเชื่อมที่เลือกได้จากข้อ 3.1 โดยพิจารณาจากความสามารถในการยึดเกาะอาหาร ราคา ความยากง่ายในการจัดหา และสมบัติต่างๆ เช่นสามารถเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารพร้อม ๆ กับเป็นสารเชื่อมในการคำนวณสูตรอาหาร นั้นพยายามให้อาหารกุ้งทุกสูตรมีปริมาณโปรตีนและไขมันใกล้เคียงกันคือ โปรตีน 40 % ไขมัน 7 % ทุกสูตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.2 ส่วนประกอบของอาหารกุ้งที่ใช้สารเชื่อมต่างกัน 5 ชนิด

สารอาหาร	สูตร Na (%)	สูตร FF (%)	สูตร ISP (%)	สูตร BB (%)	สูตร DA (%)
ปลาป่น	30.0	10.71	27.5	30.0	30.0
ปลาเป็ด	-	39.29	-	-	-
ปลาหมึกป่น	10.0	7.14	10.0	10.0	10.0
กากกุ้งป่น	10.0	7.14	10.0	10.0	10.0
กากถั่วเหลือง	20.0	14.29	-	20.0	20.0
ปลายข้าว	15.0	10.71	25.0	15.0	15.0
รำอัด	5.0	5.36	10.0	6.5	5.0
น้ำมันปลา	3.0	2.14	3.0	3.0	3.0
lecithin	1.0	0.71	1.0	1.0	1.0
cholesterol	0.5	0.36	0.5	0.5	0.5
di-calcium phosphate	1.0	0.71	1.0	1.0	1.0
vitamin premix	1.67	1.19	1.67	1.67	1.67
vitamin C	0.33	0.25	0.33	0.33	0.33
sodium alginate	1.5	-	-	-	-
sodium hexameta-phosphate	1.0	-	-	-	-
ISP	-	-	10.0	-	-
lignosulfonate	-	-	-	1.0	-
Purity DA ®	-	-	-	-	2.5
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สูตร Na เป็นสูตรควบคุมที่ใช้ soduim alginate 1.5 % เป็นสารเชื่อมร่วมกับ sodium hexametaphosphate 1 %

สูตร FF เป็นสูตรที่ใช้ปลาเป็ดที่บดละเอียดเป็นสารเชื่อมและเป็นแหล่งโปรตีนแทนปลาป่นในสูตร โดยใช้ปลาเป็ดคิดเป็น 39.29 % ของทั้งหมดในสูตร

สูตร ISP เป็นสูตรที่ใช้ ISP 10 % เป็นสารเชื่อมและเป็นแหล่งโปรตีนแทนกากถั่วเหลืองและปลาป่นในสูตร

สูตร BB เป็นสูตรที่ใช้ Borebone ® ซึ่งเป็นสารจำพวก lignosulfonate 1 % เป็นสารเชื่อม

สูตร DA เป็นสูตรที่ใช้ Purity DA ® ซึ่งเป็น cross-linking tapioca starch 2.5 % เป็นสารเชื่อม

3.3.2 วิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารกุ้งที่ผลิตได้ทั้ง 5 สูตรโดยวิเคราะห์องค์ประกอบเช่นเดียวกับข้อ 3.2 หาความคงทนของอาหารในน้ำที่เวลา 0.5, 1, 2, 3 และ 4 ชั่วโมงเช่นเดียวกับข้อ 3.1.3 และปริมาณวิตามินซีที่เหลืออยู่ในอาหาร (54)

3.3.3 การเตรียมกุ้งกุลาดำวัยรุ่นและบ่อเลี้ยงเพื่อใช้เลี้ยงทดสอบอาหาร

ฆ่าเชื้อโรคกุ้งกุลาดำวัยรุ่นที่ผ่านการปรับสภาพแวดล้อมให้กุ้งคลายเครียดแล้วโดยแช่กุ้งในสารละลาย malachite green เข้มข้น 3 ppmเป็นเวลา 10 นาที แล้วนำกุ้งมาแช่ในน้ำทะเล คัดกุ้งที่น้ำหนักใกล้เคียงกันลงในบ่อเลี้ยง อัตราการปล่อย 18 ตัวต่อบ่อจากนั้นสุ่มตัวอย่างกุ้งมาชั่งน้ำหนักและความยาวเหยียด (วัดจากปลายกรีของกุ้งถึงปลายหาง) จำนวน 9 ตัวเพื่อเป็นข้อมูลน้ำหนักและความยาวเฉลี่ยเริ่มต้นของกุ้งกุลาดำวัยรุ่นแต่ละบ่อ

บ่อเลี้ยงและอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ท่อ สายอากาศ ล้างทำความสะอาดฆ่าเชื้อโรคด้วย Chorox ® แล้วล้างน้ำให้สะอาดอีกครั้งจากนั้นนำมาผึ่งแดดเพื่อกำจัดเชื้อราจึงประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เข้าที่เติมน้ำทะเลที่ผ่านการกรองและปรับความเค็มให้พอเหมาะสำหรับกุ้งกุลาดำวัยรุ่นคือ 20 ส่วนในพันส่วน ลงในบ่อให้ได้ปริมาตรน้ำ 150 ลิตร เนื่องจากบ่อเลี้ยงมีระบบการถ่ายเทน้ำ แบบกึ่งปิดจึงจำเป็นต้องมีบ่อกรอง เพื่อให้น้ำที่ใช้เลี้ยงกุ้งหมุนเวียน จากบ่อเลี้ยงลงสู่บ่อกรอง เพื่อผ่านการกรองและให้จุลินทรีย์

ย่อยสลายสารอินทรีย์ต่าง ๆ เป็นการทำความสะอาดน้ำก่อนจะทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำในวันรุ่งขึ้น

3.3.4 การเลี้ยงกุ้งกุลาดำวัยรุ่น

ให้อาหารที่ผลิตได้จากข้อ 3.3.1 ทั้ง 5 สูตรแก่กุ้งกุลาดำวัยรุ่น 2 บ่อต่ออาหาร 1 สูตรปริมาณอาหารที่ให้แต่ละวัน คำนวณจาก 10 % ของน้ำหนักกุ้งทั้งหมดในบ่อ แบ่งให้ 3 เวลาต่อวัน คือ 8.00 น. 12.00 น. และ 17.00 น. การให้อาหารจะโรยให้ทั่วบ่อเพื่อให้เม็ดอาหารกระจายตัว เลี้ยงเป็นเวลา 6 สัปดาห์วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (54) ทดลอง 2 ซ้ำ

เก็บข้อมูลต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาเลี้ยงข้อมูลที่เก็บ ได้แก่ ด้านการเจริญเติบโตของกุ้งทุกสัปดาห์โดยการสุ่มตัวอย่างกุ้งบ่อละ 9 ตัว ชั่งน้ำหนักและวัดความยาวเหยียด ข้อมูลปริมาณการกินอาหารของกุ้งแต่ละวัน โดยจดบันทึกน้ำหนักอาหารที่ให้กุ้งกินแต่ละวัน หักลบกับน้ำหนักอาหารที่กุ้งกินเหลือแต่ละวันซึ่งได้จากการดูดตะกอนเปลี่ยนน้ำกุ้งซึ่งการดูดตะกอนนั้นจะดูดจนปริมาณน้ำในบ่อเลี้ยงเหลืออยู่เท่ากันทุกบ่อคือ 75 ลิตร แล้วจึงเติมน้ำที่ผ่านการทำความสะอาดจากบ่อกรองแล้วให้มีปริมาตรเท่าเดิมคือ 150 ลิตรส่วนเศษตะกอนนั้นต้องแยกเอาเฉพาะเศษอาหารที่เหลือไปอบให้แห้ง และชั่งน้ำหนัก ข้อมูลจำนวนกุ้งที่รอดชีวิต และสุดท้ายเก็บข้อมูลเกี่ยวกับคุณภาพน้ำอันได้แก่ อุณหภูมิน้ำ อุณหภูมิอากาศ ความเค็มของน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความเป็นกรดด่างของน้ำ ปริมาณไนไตร์ท แอมโมเนีย เพื่อควบคุมคุณภาพน้ำที่ใช้เลี้ยงให้สม่ำเสมอตลอดการทดลอง

อัตราแลกเนื้อของกุ้ง (Food Conversion Rate) คำนวนได้จากสูตรที่ Piedad-Pascual และ Catacutan อ้างถึง Deshimaru et al. (18)

$$FCR = \frac{F}{(W-W_{\circ})\left(\frac{N + N_{\circ}}{2}\right)}$$

F = ปริมาณอาหารทั้งหมดที่กุ้งกิน (กรัม)

$W-W_{\circ}$ = น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งสุดท้ายหักด้วยน้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งเริ่มต้น (กรัม)

N และ $N_{\circ}$ = จำนวนกุ้งที่มีอยู่ในบ่อก่อนและหลังการเลี้ยง (กรัม)

วิเคราะห์ข้อมูล วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำหรับการศึกษาด้านการเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโตของกุ้งทดลองที่เกิดจากอิทธิพลร่วมของอาหารแต่ละสูตรใช้วิธีวิเคราะห์ด้วยความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance) ส่วนข้อมูลอัตราการรอด อัตราการแลกเนื้อ ใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วยความแปรปรวน (Analysis of Variance) เปรียบเทียบผลใช้ Duncan's New Multiple Range Test (53)

3.4 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตอาหารด้วยเครื่อง pellet mill

3.4.1 ผลิตอาหารตามสูตรโดยใช้สารเชื่อมชนิดที่ดีที่สุดที่เลือกได้จากข้อ 3.3 ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 สูตรอาหารกุ้งที่ใช้ในศึกษาภาวะในการผลิตอาหารด้วยเครื่อง pellet mill

สารอาหาร	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)
ปลาป่น	30.0
ปลาหมึกป่น	10.0
หัวกุ้งป่น	10.0
กากถั่วเหลือง	20.0
ปลายข้าว	15.0
รำละเอียด	7.5
น้ำมันข้าวโพด	3.0
vitamin premix	2.0
Purity DA ®	2.5
ทั้งหมด	100

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1172092S0

3.4.2 กรรมวิธีผลิต บดวัตถุดิบให้เป็นผงละเอียดด้วยเครื่องบดแบบ pin mill ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 50 mesh ด้วยเครื่องเขย่าแบบตะแกรงร่อน จากนั้นชั่งส่วนผสมแห้งทุกชนิดผสมให้เข้ากันในถังผสมแบบนอนเป็นเวลา 3 นาที แล้วเติมน้ำเพื่อปรับความชื้นจนได้ปริมาณที่ต้องการผสมต่ออีก 7 นาที จากนั้นผ่านส่วนผสมที่ปรับปริมาณความชื้นแล้วเข้าเครื่อง pellet mill ที่ปรับความเร็วสกรูในส่วนปรับสภาพ 243 รอบต่อนาที เปิดไอน้ำเข้าให้อุณหภูมิในส่วนนี้สูง 85 °C หรือมากกว่า ปรับความเร็ว feed ในส่วนป้อนเท่ากับ 60 ในส่วนอัดเม็ดแม่แบบมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.0 มิลลิเมตร หนา 13.5 มิลลิเมตร ปรับใบมีดให้ตัดเม็ดอาหารที่ความยาว 0.50 เซนติเมตร เมื่ออาหารถูกอัดเม็ดออกมาแล้วนำไปผ่านการให้ความร้อนด้วยไอน้ำตามเวลาที่ต้องการ โดยใช้หม้อนึ่งไอน้ำที่พ่นไอน้ำจากส่วนบน จากนั้นอบให้อาหารแห้งที่ 60 °C ด้วยตู้อบแบบลมเป่าผ่านจนอาหารมีความชื้นน้อยกว่า 10 % พ่นน้ำมันลงบนอาหารขณะอาหารยังร้อน ปล่อยให้อาหารเย็น บรรจุถุงปิดผนึก

3.4.3 จากวิธีการผลิตในข้อ 3.4.2 ศึกษาตัวแปรสำหรับภาวะต่าง ๆ ในการผลิตอาหารด้วยเครื่อง pellet mill ดังต่อไปนี้คือ

<u>ปริมาณสารเชื่อม</u> แปรปริมาณ เป็น 3 ระดับ คือ 2.5, 5.0 และ 7.5 %

<u>ปริมาณความชื้นของวัสดุอาหารก่อนเข้าเครื่อง pellet mill</u> แปรเป็น 3 ระดับคือ 10 % (เติมน้ำ 1.2 % ของน้ำหนักสูตร) 15 % (เติมน้ำ 7.5 % ของน้ำหนักสูตร) และ 20 % (เติมน้ำ 10.4 % ของน้ำหนักสูตร)

<u>เวลาในการให้ความร้อนด้วยไอน้ำหลังการอัดเม็ด</u> แปรเป็น 3 ระดับคือ 5, 10 และ 15 นาที

หาค่าความคงตัวของอาหารที่ผลิตได้ทุกสูตรในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 20 ส่วนในพันส่วน แช่อาหารนาน 4 ชั่วโมง วางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Symmetric Factorial Design ขนาด 3^3 ทดลอง 2 ซ้ำ (53)

3.5 ศึกษาคุณภาพของอาหารกุ้งที่ผลิตด้วยเครื่องบดอาหาร อาหารกุ้งที่ผลิตด้วยเครื่อง pellet mill เปรียบเทียบกับอาหารกุ้งเชิงการค้า

3.5.1 ผลิตอาหารกุ้งวัยรุ่นตามสูตรในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ส่วนประกอบของอาหารกุ้งสูตรต่าง ๆ ที่ผลิตด้วยเครื่องบดอาหาร และเครื่อง pellet mill

สารอาหาร	สูตร 1 (%)	สูตร 2 (%)	สูตร 3 (%)	สูตร 4 (%)
ปลาป่น	30.0	30.0	30.0	30.0
ปลาหมึกป่น	10.0	10.0	10.0	10.0
หัวกุ้งป่น	10.0	10.0	10.0	10.0
กากถั่วเหลือง	20.0	20.0	10.0	15.0
ปลายข้าว	15.0	15.0	15.0	15.0
รำละเอียด	5.0	5.0	12.5	10.0
wheat gluten	-	-	5.0	2.5
น้ำมันปลา	3.0	3.0	3.0	3.0
lecithin	1.0	1.0	1.0	1.0
cholesterol	0.5	0.5	0.5	0.5
di-calcium phosphate	1.0	1.0	1.0	1.0
vitamin premix	1.67	1.67	1.67	1.67
vitamin C	0.33	0.33	0.33	0.33
Purity DA ®	2.5	2.5	-	2.5
Total	100.0	100.0	100.0	100.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แต่ละสูตรมีรายละเอียดของส่วนประกอบและวิธีการผลิตดังต่อไปนี้

สูตรที่ 1 เป็นสูตรที่ใช้สารเชื่อม (จากข้อ 3.3) ที่ระดับ 2.5 % ผลิตตามวิธีการผลิตที่เลือกได้จากข้อ 3.4

สูตรที่ 2 เป็นสูตรเดียวกับสูตรที่ 1 แต่ผลิตโดยใช้วิธีการผลิตเช่นเดียวกับข้อ 3.2.2 โดยใช้เครื่องบดอาหารแทนเครื่อง pellet mill

สูตรที่ 3 เป็นสูตรที่ใช้ wheat gluten เป็นสารเชื่อมที่ระดับ 5 % ผลิตเช่นเดียวกับสูตรที่ 1

สูตรที่ 4 เป็นสูตรที่ใช้ wheat gluten ที่ระดับ 2.5 % ร่วมกับ สารเชื่อมชนิด ที่ดีที่สุดที่สรุปได้จากข้อ 3.3 ที่ระดับ 2.5 % ผลิตเช่นเดียวกับสูตรที่ 1

การคำนวณสูตรอาหารพยายามให้อาหารกุ้งทุกสูตรมีปริมาณโปรตีนและไขมันใกล้เคียงกันคือโปรตีน 40 % และไขมัน 7 % ตามลำดับ ผลิตอาหาร 2 ซ้ำ

3.5.2 วิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารกุ้งที่ผลิตได้ทั้ง 4 สูตร โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบกับอาหารกุ้งเชิงการค้า เช่นเดียวกับข้อ 3.3.2

3.5.3 การเตรียมกุ้งกุลาดำวัยรุ่นและบ่อเลี้ยงเพื่อใช้เลี้ยงทดสอบอาหาร เตรียมเช่นเดียวกับข้อ 3.4.3

3.5.4 การเลี้ยงกุ้งกุลาดำวัยรุ่น เลี้ยงเช่นเดียวกับข้อ 3.3.4 เปรียบเทียบกับอาหารกุ้งเชิงการค้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย