# บทที่ 3

# การทดลอง

## 3.1 วัสดุอาหาร

ปลาป่น จากบริษัทป.เจริญพันธุ์ จำกัด (โปรตีน 65.53 % ไขมัน 5.16 % ความชื้น 8.66 % )

ปลาหมึกป่น จากบริษัทป.เจริญพันธุ์ จำกัด (โปรตีน 62.99 % ไขมัน 4.27 % ความชื้น 12.17 % )

หัวกุ้งป่น จากบริษัทป.เจริญพันธุ์ จำกัด (โปรตีน 32.94 % ไขมัน 0.71 % ความชื้น 8.01 % )

กากถั่วเหลือง จากบริษัทป.เจริญพันธุ์ จำกัด (โปรตีน 40.33 % ไขมัน 4.05 % ความชื้น 10.25 % )

รำละเอียด จากบริษัทป.เจริญพันธุ์ จำกัด (โปรตีน 0.24 % ไขมัน 0.24 % ความชื้น 10.25 % )

ปลายข้าว จากร้านวัฒนาพานิช (โปรตีน 7.29 % ไขมัน 0.45 % ความชื้น 11.93 % )

น้ำมันถั่วเหลืองตราองุ่น

น้ำมันปลา จากบริษัทสหสิทธิ์อิมปอร์ตแอนด์เอ็กปอร์ต

soybean lecithin จากบริษัทสหสิทธิ์อิมปอร์ตแอนด์เอ็กปอร์ต

cholesterol จากบริษัทสหสิทธิ์อิมปอร์ตแอนด์เอ็กปอร์ต

dicalcium phosphate จากบริษัทแอ็ดทีพกรุ๊ป จำกัด

vitamin mix จากบริษัทโรวิไทย จำกัด

vitamin C จากบริษัทโรวิไทย จำกัด

3.2 สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร

| | |
|---|---|
| sulfuric acid | A.R. |
| boric acid | A.R. |
| methyl red | A.R. |
| methylene blue | A.R |
| sodium hydroxide | A.R. |
| Kjeltab ($K_2SO_4$:Se ในอัตราส่วน 1000:1) | (บริษัท สิทธิพรแอสโซซิเอส จำกัด) |
| potassium hydrogenphthalate | A.R. |
| petroleum ether | A.R. |

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์วิตามินซี

| | |
|---|---|
| oxalic acid | A.R. |
| 2-6-dichorophenolindophenol sodium salt (dihydrate) | A.R. |
| ascorbic acid | A.R. |

สารเคมีที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้ง

สารเคมีสำหรับทดสอบคุณภาพน้ำ (Testkit Aquameark 11102) จากบริษัท อิมแพคเอนเตอร์ไพรส์

3.3 อุปกรณ์ในการผลิตและวิเคราะห์คุณภาพอาหาร

| | |
|---|---|
| extruder | (BRABENDER OHG DUISBURG, 20N) |
| pellet mill | (California Pellet Mill Co., NH-396165) |
| เครื่องลวกน้ำ เป็น batch blancher ที่ประกอบด้วย ท่อให้น้ำ ถาดวางอาหาร และ ฝาครอบ โดยใช้ exhaust box ใน Food Processing Lab. | |
| เครื่องชั่ง top loading | (Sartorius, B3100S) |
| เครื่องชั่ง analytical | (Sartorius, A200S) |
| เครื่องร่อน ตะแกรงขนาด 50 mesh | |

เครื่องผสม (Kenwood, A9070)

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

ตู้อบแบบมีลมเป่าผ่าน อุณหภูมิห้อง-250 °C (Binder, E53)

ตู้อบแบบมีลมร้อนเป่าผ่าน อุณหภูมิ 60-200 °C (Kan Seng Lee Machinery, HA-20)

ชุดย่อย-กลั่นโปรตีน (Kjeldaltherm และ Vapodest 1, Gerhardt, KT85)

ชุดสกัดไขมัน (Gerhardt Soxtherm Automatic, S-166)

ชุดวิเคราะห์เส้นใยซึ่งประกอบด้วย hot plate (Gerhardt, RF16/6) พร้อม round condenser

muffle furnace (Carbolite, MEL11-2)

uv-visible recording spectrophotometer (Shimadzu, UV-240)

อุปกรณ์หาความคงทนในน้ำของอาหาร เป็นกล่องสี่เหลี่ยมทำจากตะแกรงลวดขนาด 16 ช่อง/ตารางเซนติเมตร พร้อมฝาปิดที่ทำจากตะแกรงลวดเช่นเดียวกัน ขนาด กว้าง x ยาว x สูง 6.0 x9.0 x 1.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.4 อุปกรณ์เลี้ยงกุ้ง

ถังไฟเบอร์สีดำขนาดบรรจุ 200 ลิตร พร้อมฝาปิดและอุปกรณ์ท่อ air stone พร้อมสายยางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4 เซนติเมตร.

Salinometer (YSI model 33. S-C-T-meter)

เครื่องชั่งแบบทศนิยม 1 ตำแหน่ง (Sartorius, PT 1200)

อุปกรณ์อื่น เช่น สวิง ถังน้ำ แปรงขัด

3.5 ศึกษาผลการใช้สารเชื่อมในอาหารกุ้งกุลาดำ

ในการทดลองนี้ใช้สูตรอาหารกุ้งซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้ (41)

| ส่วนประกอบ | ปริมาณ (%) |
|---|---|
| ปลาป่น | 27.5 |
| ปลาหมึกป่น | 10.0 |
| หัวกุ้งป่น | 10.0 |
| กากถั่วเหลือง | 20.0 |
| รำละเอียด | 25.0 |
| น้ำมันถั่วเหลือง | 3.0 |
| วิตามิน-เกลือแร่ | 2.0 (ดูภาคผนวก ข.1) |
| แป้งแปรสภาพ (modified starch) | 2.5 |

แป้งแปรสภาพที่ใช้คือ cross-linking and stabilized hydroxypropylated starch ( TTL-X 78 ® ) และใช้กรรมวิธีผลิตต่อไปนี้

กรรมวิธีผลิต

อาหารกุ้งกุลาดำที่ผลิตโดยใช้ extruder มีกรรมวิธีผลิตโดยเริ่มจากการนำวัตถุดิบอาหารมาบดด้วย pin mill ให้มีขนาดเล็กจากนั้นนำไปร่อนด้วยเครื่องร่อน โดยใช้ตะแกรงขนาด 50 mesh เพื่อคัดขนาด ชั่งวัตถุดิบอาหารแห้งตามสูตรข้างบน นำไปผสมให้เข้ากันในเครื่องผสมนาน 4 นาที เติมน้ำมันแล้วผสมอีก 4 นาที เติมน้ำแล้วผสมอีก 5 นาที ได้วัตถุดิบอาหารผสม แล้วนำวัตถุดิบอาหารผสมนี้ไปอัดเม็ดด้วย extruder จะได้อาหารที่อัดเป็นแท่งกลมยาวออกมา นำอาหารนี้ไปอบแห้งที่ 60 °C นาน 8 ชั่วโมง (ความชื้น $\leq$ 10 %) แล้วนำมาลดความยาวของเม็ดอาหารโดยใช้ลูกกลิ้งไม้บดเบา ๆ และบรรจุถุงปิดผนึก

กำหนดภาวะการผลิตดังนี้

อุณหภูมิ barrel 35-40 °C

ขนาดสกรู 1:1

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแม่แบบ 2 mm. ( คงที่ทุกการทดลอง )

อุณหภูมิอบแห้ง 60 °C

ความชื้นของอาหารก่อนเข้า extruder 44 %

แปรปริมาณสารเชื่อม เป็น 2 ระดับคือ 0 และ 2.5 % โดยที่ 0 % เพิ่มปริมาณกากถั่วเหลืองจาก 20 เป็น 22.5 % วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (42) ทดลอง 2 ซ้ำ ประเมินผลโดยวัดความคงตัวในน้ำของอาหาร ซึ่งดัดแปลงจากวิธีของ Hastings (43) ที่ 4 ชั่วโมง

3.6 ศึกษาภาวะในการผลิตอาหารกุ้งกุลาดำต่อความคงตัวในน้ำ

ใช้สูตรอาหารจาก 3.5 และวิธีการผลิตข้างต้น โดยศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

3.6.1 ศึกษาอัตราป้อนกับชนิดของสกรู

กำหนดภาวะการผลิตดังนี้

อัตราเร็วสกรู 140 รอบ/นาที

อุณหภูมิbarrel 35-45 °C

อุณหภูมิอบแห้ง 60 °C

ความชื้นของอาหารก่อนเข้า extruder 38 %

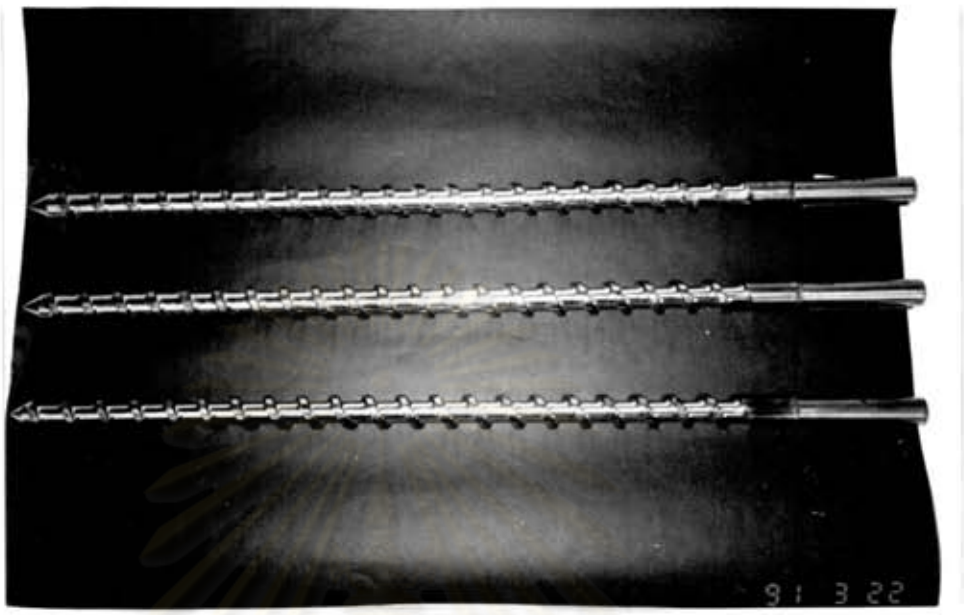
ตัวแปรที่จะศึกษาคือ

3.6.1.1 อัตราป้อน 3 ระดับ คือ 10, 30 และ 50 รอบ/นาที

3.6.1.2 ชนิดของสกรู 3 ระดับ คือ 1:1 2:1 และ 3:1

สกรูชนิด 1:1 หมายถึงสกรูที่มีความสูงของเกลียวสกรูเท่ากันตลอดอัน ส่วนสกรู 2:1 เป็นสกรูที่มีความสูงของเกลียวที่โคนมากกว่าที่ปลายสกรู 2 เท่า และสกรู 3:1 จะคล้ายสกรู 2:1 แต่ความสูงของเกลียวที่โคนมากกว่าที่ปลายสกรู 3 เท่า ตามรูปที่ 2

วางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Symmetric Factorial Experiment ร่วมกับ Duncan's New Multiple Range Test (42) ขนาด $3^2$ ทดลอง 2 ซ้ำ ประเมินผลโดยวัดความคงทนในน้ำของอาหารที่ 4 ชั่วโมง



รูปที่ 1 สกรูขนาด 3:1 2:1 และ 1:1 จากบนลงล่าง ตามลำดับ

3.6.2 ศึกษาปริมาณความชื้นในส่วนผสมอาหารก่อนเข้า extruder กับอุณหภูมิ barrel

กำหนดภาวะการผลิตดังนี้

อัตราเร็วสกรู 140 รอบ/นาที

อัตราป้อนที่เหมาะสมจาก 3.6.1

ขนาดสกรูที่เหมาะสมจาก 3.6.1

อุณหภูมิอบแห้ง 60 °C

ตัวแปรที่จะศึกษาคือ

3.6.2.1 ปริมาณความชื้นในส่วนผสมอาหาร 4 ระดับคือ 31, 34, 38 และ 44 %

3.6.2.2 อุณหภูมิ barrel 4 ระดับ คือ 36-37, 43-44, 51-52 และ 60-61 °C

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Symmetric Factorial Experiment ร่วมกับ Duncan's New Multiple Range Test (42) ขนาด $4^2$ ทดลอง 2 ซ้ำ ประเมินผลโดยวัดความคงทนในน้ำของอาหารที่ 4 ชั่วโมง

3.6.3 ศึกษาอัตราเร็วสกรู ปริมาณความชื้นของอาหารก่อนเข้า extruder และอุณหภูมิอบแห้งอาหารเม็ด

กำหนดภาวะการผลิตดังนี้

อัตราป้อนที่เหมาะสมจาก 3.6.1

ขนาดสกรูที่เหมาะสมจาก 3.6.1

อุณหภูมิ barrel ที่เหมาะสมจาก 3.6.2

ตัวแปรที่จะศึกษาคือ

3.6.3.1 อัตราเร็วสกรู 3 ระดับคือ 60, 100 และ 140 รอบ/นาที

3.6.3.2 ปริมาณความชื้น 3 ระดับคือ 38, 44 และ 50 %

3.6.3.3 อุณหภูมิอบแห้ง 3 ระดับคือ 40, 60 และ 80 °C

วางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Symmetric Factorial Experiment ร่วมกับ Duncan's New Multiple Range Test (42) ขนาด $3^3$ ทดลอง 2 ซ้ำ ประเมินผลโดยวัดค่าความคงทนในน้ำของอาหารที่ 4 ชั่วโมง

3.6.4 ศึกษาวิธีให้ไอน้ำ ระยะเวลาให้ไอน้ำ และปริมาณความชื้นของอาหารผสมก่อนให้ไอน้ำ (หรือก่อนเข้า extruder)

กรรมวิธีผลิตในการทดลองนี้มีดังนี้คือ ชั่งวัตถุดิบที่บดและร่อนแล้วซึ่งมีขนาดเล็กกว่า 50 เมช ตามสูตร นำมาผสมในเครื่องผสมนาน 4 นาที เติมน้ำมันผสมต่ออีก 4 นาที เติมน้ำผสมอีก 5 นาที แล้วแบ่งออกเป็น 2 ส่วน เพื่อนำไปให้ไอน้ำซึ่งมีวิธีการให้ 2 วิธี คือ วิธีที่ 1 เป็นการให้ไอน้ำก่อนเข้าเครื่อง extruder ทำโดยนำอาหารที่ผสมเสร็จเรียบร้อย แล้วไปให้

ไอน้ำ โดยวางอาหารใน exhaust box ซึ่งเป็น batch blancher ที่มีท่อให้ไอน้ำ มีถาดสำหรับวางตัวอย่างอาหารและฝาครอบ แล้วปิดฝาครอบอบจนครบเวลาที่ต้องการ นำอาหารเข้าเครื่อง extruder เพื่ออัดเม็ด เม็ดอาหารที่ได้นำไปอบแห้งจนมีความชื้นเหลืออยู่ $\leq$ 10 % ทิ้งให้เย็นแล้วจึงนำมาลดความยาวและร่อนเศษอาหารออก นำเม็ดอาหารที่ได้ไปบรรจุถุงเก็บไว้ ส่วนวิธีที่ 2 เป็นการให้ไอน้ำหลังจากเม็ดอาหารออกจากเครื่อง extruder ทำโดยนำอาหารที่ผสมเสร็จแล้วไปอัดเม็ดด้วยเครื่อง extruder แล้วจึงนำเม็ดอาหารที่ได้ไปให้ไอน้ำจากนั้นนำไปผ่านขั้นตอนเหมือนวิธีที่ 1 คือตั้งแต่อบแห้งจนถึงบรรจุถุง ซึ่งสามารถแสดงเป็นแผนผังรูปที่ 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2 ขั้นตอนการผลิตอาหารกุ้งกุลาดำโดยใช้ extrusion cooker

กำหนดภาวะการผลิตดังนี้

อัตราป้อนที่เหมาะสมจาก 3.6.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

i17194489

ชนิดของสกรูที่เหมาะสมจาก 3.6.1

อุณหภูมิ barrel ที่เหมาะสมจาก 3.6.2

อัตราเร็วสกรูที่เหมาะสมจาก 3.6.3

อุณหภูมิอบแห้งที่เหมาะสมจาก 3.6.3

ตัวแปรที่ศึกษาคือ

3.6.4.1 วิธีให้ไอน้ำ 2 ระดับคือ ให้ก่อนผลิต (วิธีการผลิตที่ 1) และให้หลังผลิต (วิธีการผลิตที่ 2)

3.6.4.2 ระยะเวลาให้ไอน้ำ 3 ระดับ คือ 0, 5 และ 10 นาที

3.6.4.3 ปริมาณความชื้นของอาหารผสม 3 ระดับคือ 32, 37 และ 44 %

วางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Asymmetric Factorial Experiment ร่วมกับ Duncan's New Multiple Range Test (42) ขนาด 3x3x2 ทดลอง 2 ซ้ำ ประเมินผลการทดลองโดยวัดค่าความคงทนในน้ำของอาหารที่ 4 ชั่วโมง

3.7 <u>ศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการผลิตโดยเครื่อง extruder</u>

กำหนดสภาวะการผลิตดังนี้

อัตราการป้อนที่เหมาะสมจาก 3.6.1

ชนิดของสกรูที่เหมาะสมจาก 3.6.1

อุณหภูมิ barrel ที่เหมาะสมจาก 3.6.2

อัตราเร็วสกรูที่เหมาะสมจาก 3.6.3

ปริมาณความชื้นของอาหารผสมที่เหมาะสมจาก 3.6.4

วิธีให้ไอน้ำที่เหมาะสมจาก 3.6.4

ระยะเวลาให้ไอน้ำที่เหมาะสมจาก 3.6.4

อุณหภูมิอบแห้งที่เหมาะสมจาก 3.6.3

แปรสูตรอาหารที่ผลิตเป็น 4 สูตร คือ สูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 โดยอาหารสูตร

1 และ 2 ดัดแปลงจากสูตรอาหารกุ้งกุลาดำที่วันชัย วรเมธีกุล (41) ใช้ทดลอง ส่วนสูตร 3 และ 4 ดัดแปลงจากสูตรอาหารกุ้งกุลาดำที่ผลิตโดยใช้ extruder ซึ่ง Kearns (26) รายงานไว้ ส่วนประกอบของอาหารกุ้งกุลาดำทั้ง 4 สูตร แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของสูตรอาหารที่ 1, 2, 3 และ 4

| ส่วนประกอบ | ปริมาณ (%) | | | |
|---|---|---|---|---|
| สูตรที่ | 1 | 2 | 3 | 4 |
| ปลาป่น | 27.5 | 30.0 | 30.0 | 20.0 |
| ปลาหมึกป่น | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 |
| กากกุ้งป่น | 10.0 | 10.0 | 5.0 | 10.0 |
| แป้งสาลี | - | - | 27.5 | 17.5 |
| กากถั่วเหลือง | 22.5 | 20.0 | 20.0 | 35.0 |
| ปลายข้าว | - | 17.5 | - | - |
| รำละเอียด | 22.5 | 5.0 | - | - |
| 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 |
| dicalcium phosphate | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| premix | 1.67 | 1.67 | 1.67 | 1.67 |
| vitamin C | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 0.33 |

วางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Completely Randomized Design ร่วมกับ Duncan's New Multiple Range Test (42) ขนาด 4 ระดับ ทดลอง 2 ซ้ำ ประเมินผลโดยวัดความคงทนในน้ำของอาหารที่ 4 ชั่วโมง และต้นทุนวัตถุดิบอาหารที่ใช้

3.8 ศึกษาผลของการใช้เครื่อง extruder เปรียบเทียบกับเครื่อง pellet mill ในการผลิตอาหารกุ้ง

3.8.1 การผลิตอาหารกุ้งกุลาดำโดยใช้เครื่อง extruder

อาหารกุ้งกุลาดำที่ผลิตโดยใช้ extruder ในการทดลองนี้ใช้สูตรอาหารที่เหมาะสมจาก 3.7 และใช้วิธีการและภาวะการผลิตเดียวกันกับ 3.7 แต่ใช้การพ่นไขมันลงบนเม็ดอาหารแทนการผสมลงไปตอนช่วงผสมวัตถุดิบ เนื่องจากการเติมไขมันทั้งสองแบบในการทดลองนี้ให้ผลต่อค่าความคงตัวในน้ำไม่แตกต่างกัน

3.8.2 การผลิตอาหารกุ้งกุลาดำโดยใช้เครื่อง pellet mill

อาหารกุ้งที่ผลิตจากเครื่อง pellet mill เพื่อใช้ในการทดลองนี้ใช้สูตรอาหารเดียวกับอาหารที่ผลิตด้วย extruder แต่ในสูตรใช้ wheat gluten เป็นสารเชื่อม จึงต้องปรับสูตรให้มีปริมาณโปรตีนและไขมันเท่ากับสูตรเดิมที่ผลิตโดยใช้ extruder (ภาคผนวก ข.2)

กรรมวิธีการผลิตอาหารกุ้งจากเครื่อง pellet mill มีดังนี้คือ ชั่งวัตถุดิบอาหารแห้งที่บดและร่อนแล้วขนาดเล็กกว่า 50 เมช ตามสูตร ผสมในเครื่องนาน 4 นาที แล้วเติมน้ำปรับความชื้นของอาหารให้เป็น 12 % ผสมอีก 4 นาที เพื่อให้ความชื้นในอาหารสม่ำเสมอ จากนั้นนำอาหารผสมไปอัดเม็ดโดยใช้เครื่อง pellet mill ซึ่งใช้ไอน้ำที่มีอุณหภูมิ 85 °C ความดัน 20 psi ในการปรับสภาพก่อนอัดเม็ด นำเม็ดอาหารที่ได้มาให้ไอน้ำนาน 5 นาที แล้วนำไปอบแห้งจนความชื้นน้อยกว่า 10 % แล้วพ่นน้ำมันลงไปขณะที่เม็ดอาหารยังร้อนอยู่เพื่อที่เม็ดอาหารจะดูดซับน้ำมันได้ดี ทิ้งเม็ดอาหารให้เย็น จึงนำไปร่อนเอาเศษผงออก นำเม็ดอาหารที่ได้มาบรรจุถุง

3.8.3 การวิเคราะห์คุณภาพอาหาร

นำอาหารที่ผลิตโดยใช้เครื่องทั้งสองชนิดและอาหารเชิงการค้าที่ใช้เป็นตัวอย่างควบคุมในการเลี้ยงมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (44) วิตามินซี (45) และความคงตัวในน้ำของอาหาร (ภาคผนวก ก.)

3.8.4 การเตรียมและการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

กุ้งกุลาดำที่ใช้ทดลองซื้อจากบ่อที่ ต.คลองด่าน อ.บางบ่อ จ.สมุทรปราการ ชึ่งเลี้ยงแบบกึ่งพัฒนา (บ่อดิน) จับกุ้งโดยการยกยอกุ้งที่เข้ามากินอาหารในยอ แล้วเอากุ้งใส่ลงในกล่องโฟมขนาด 55 x 55 x 35 เซนติเมตร ที่มีน้ำประมาณ 1/4 ของกล่อง พร้อมถุงน้ำแข็งบรรจุกุ้ง 80 ตัว/กล่อง ให้อากาศด้วยเครื่องปั๊มอากาศ ขนมายังโรงเพาะเลี้ยงของภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เลี้ยงไว้ 2 อาทิตย์ เพื่อให้กุ้งแข็งแรงจึงนำไปทดลองต่อไป

การเลี้ยงกุ้งกุลาดำในการทดลองนี้ใช้ระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิด (recirculating seawater system) ชึ่งประกอบด้วยบ่อกรอง header tank บ่อเลี้ยง และ เครื่องปั๊มน้ำ ระบบนี้เครื่องปั๊มน้ำจะปั๊มน้ำจากบ่อกรองที่ผ่านการกรองจนสะอาดผ่านท่อไปยัง header tank ชึ่งอยู่สูงจากบ่อเลี้ยง 1 เมตร น้ำจะไหลผ่านท่อไปยังบ่อเลี้ยงกุ้งด้วยแรงดึงดูดของโลก โดยปริมาตรน้ำที่ไปยังบ่อเลี้ยงนี้มี PVC ball valve เป็นตัวควบคุม ภายในท่อก่อนที่น้ำเข้าไปยังบ่อเลี้ยงจะมีตาข่ายรูปกรวยลดอัตราเร็วของน้ำ ทำให้น้ำที่ไหลลงบ่อไม่เกิดการไหลวนอย่างรุนแรง ปริมาณน้ำในบ่อเลี้ยงจะควบคุมให้เท่ากับ 150 ลิตร ทุกบ่อ (แผนผังบ่อทดลองเลี้ยงกุ้งแสดงในภาคผนวก ข.3) เปลี่ยนน้ำวันละ 1 ครั้ง โดยเปลี่ยน 50 % ของปริมาณน้ำทั้งหมดในบ่อ น้ำเสียที่ออกมาจากบ่อเลี้ยงจะเข้าไปยังบ่อกรองชึ่งกรองน้ำให้สะอาดด้วย biofilter จึงนำน้ำมาใช้เลี้ยงกุ้งได้ใหม่

การทดลองเริ่มจากการเตรียมบ่อทดลอง โดยเติมน้ำทะเลเข้มข้น 20 ส่วนในพันส่วน ลงบ่อแล้วใส่สายยางให้อากาศที่มี air stone จากนั้นใส่กุ้งลงไปบ่อละ 16 ตัว เป็นบ่อควบคุม 4 บ่อ และบ่อทดสอบ 2 บ่อ/ตัวอย่างอาหาร สำหรับการผลิต 1 ครั้ง โดยทดลองผลิตอาหาร 2 ครั้ง ขนาดกุ้งที่ทดลอง 2-5 กรัม จัดให้กุ้งแต่ละบ่อมีน้ำหนักรวมใกล้เคียงกัน ให้อาหารวันละ 3 เวลาคือ 8.30 น. 12.30 น. และ 16.30 น. ปริมาณอาหารที่ให้ในแต่ละมื้อหรือแต่ละวันดูจากอาหารในบ่อ ถ้ามีอาหารเหลือมากจะลดปริมาณอาหารที่จะให้ลง แต่ถ้าอาหารไม่เหลือเลยก็เพิ่มปริมาณอาหารที่ให้ เพื่อเป็นการปรับปริมาณอาหารให้เพียงพอต่อความต้องการของกุ้ง และลดการเน่าเสียของน้ำด้วย แต่ถ้ากุ้งลอกคราบเพิ่มอาหารให้มากกว่าปกติ แล้วปรับปริมาณอาหารมื้อต่อไปให้เหมาะสม ควบคุมคุณภาพน้ำ เช่น ความเค็มของน้ำ ปริมาณสาร nitrate, nitrite, ammonia อุณหภูมิ และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำให้คงที่ (ดู

ภาคผนวก ข.4) เก็บข้อมูลโดยชั่งน้ำหนักกุ้งทุกตัว ทุก 1 สัปดาห์ รวมระยะเวลาของการทดลอง เลี้ยง 6 สัปดาห์ แล้วนำผลที่ได้ไปหาอัตราการแลกเนื้อ (FCR) จากสูตร

$$FCR = \frac{F}{(W - W_o)(\frac{N + N_o}{2})}$$

F = ปริมาณอาหารที่ให้กุ้งทั้งหมดตลอดการทดลอง (กรัม)

$W_o$ = น้ำหนักกุ้งเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง (กรัม)

W = น้ำหนักกุ้งเฉลี่ยเมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง (กรัม)

$N_o$ = จำนวนกุ้งเมื่อเริ่มการทดลอง (ตัว)

N = จำนวนกุ้งเมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง (ตัว)

นำผลของน้ำหนักกุ้งที่ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบทางสถิติระหว่างอาหารแต่ละชนิดโดยวิธี Analysis of Covariance (46) และวิเคราะห์ผลของอัตราการแลกเนื้อและอัตราการตายของกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารกุ้งแต่ละชนิดโดยวิธี Completely Randomized Design ร่วมกับ Duncan's New Multiple Range Test (42)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย