

บทที่ 2

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

สถานที่และเวลาทำการทดลอง

สถานที่เตรียมการผลิตปลาหมึกป่น ทำที่ห้องปฏิบัติการของภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยวัตถุดิบที่ใช้นำมาจากสะพานปลากรุงเทพฯ ยานนาวา ส่วนการเตรียมส่วนผสมอาหารอัดเม็ดทำที่ฟาร์มกุ้งก้ามทอง รางสิต และการทดลองเลี้ยงกุ้งทำที่ โรงเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การศึกษาเริ่มต้นตั้งแต่วันที่ 7 สิงหาคม 2528 โดยเริ่มต้นค้นคว้าหาวิธีการผลิตปลาหมึกป่น จากนั้นเตรียมส่วนผสมอาหารเพื่อให้ได้อาหารสำเร็จรูปอัดเม็ดพร้อมกับจัดเตรียมบ่อทดลองและระบบ หมุนเวียนน้ำแบบปิด จัดซื้อลูกกุ้งกุลาดำจาก บริษัท เวิลด์ อควา คัลเจอร์ จำกัด การทดลองเลี้ยง เริ่มขึ้นเมื่อวันที่ 24 พฤษภาคม 2529 ถึงวันที่ 16 สิงหาคม 2529 รวมเวลาทดลองเลี้ยง 12 สัปดาห์

อุปกรณ์ในการทดลอง

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตปลาหมึกป่น

- 1.1 หม้อผึ่งไอน้ำระบบความดัน
- 1.2 โม่หินโหล้ำ
- 1.3 เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอกคู่
- 1.4 เครื่องปั่นโหล้ำ
- 1.5 ตู้อบอาหาร
- 1.6 ตู้เก็บอาหาร ผลิตกันความชื้น

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้ง

- 2.1 บ่อเลี้ยงและบ่อกรอง บ่อที่ใช้ทดลองเลี้ยงกุ้ง เป็นบ่อกลมขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 เมตร ลึก 0.6 เมตร จำนวน 12 บ่อ ส่วนบ่อกรอง เป็นบ่อสี่เหลี่ยมขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง



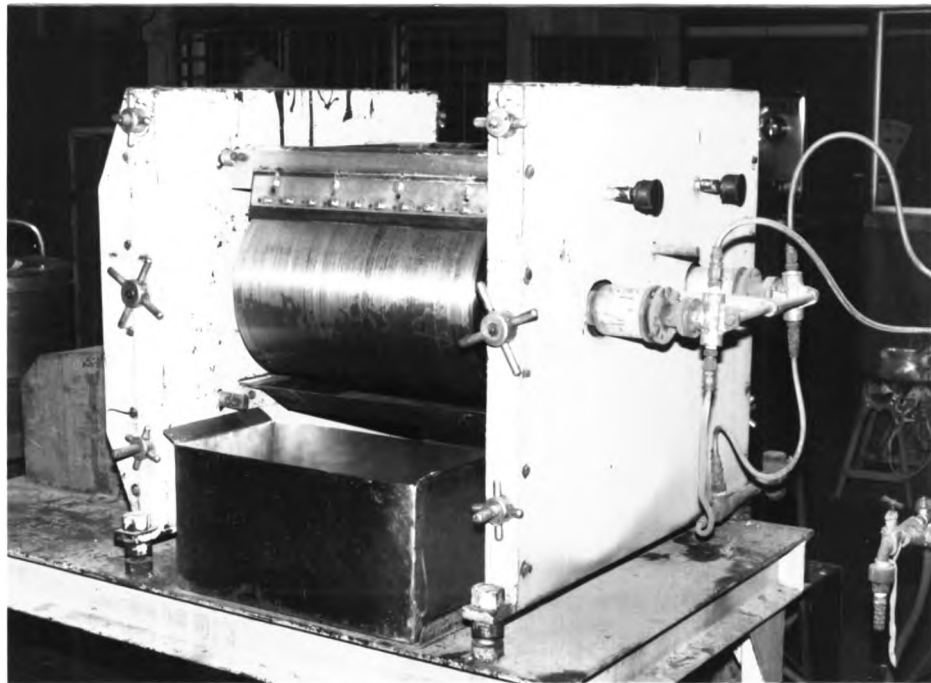
รูปที่ 1 หม้อนึ่งไอน้ำระบบความดัน

012523

10298757



รูปที่ 2 เครื่องมือไฟฟ้า



รูปที่ 3 เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอกคู่

3.3 เมตร ลึก 1.50 เมตร ที่บริเวณกันบ่อคัดเตรียมเป็น sub-sand filter เพื่อใช้ประกอบกับระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด (Closed Recirculating water system)

2.2 ท่อพีวีซี ป้อนน้ำ และท่อกาวสำหรับเชื่อมต่อท่อพีวีซี เพื่อคัดเตรียมระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด

2.3 ป้อนอากาศ และท่อนำอากาศ ใช้สำหรับประกอบเป็นระบบการให้อากาศแก่น้ำในบ่อเลี้ยงและบ่อกรอง

2.4 น้ำทะเล ความเค็มที่ใช้สำหรับการทดลองครั้งนี้คือ 30 ส่วนในพันส่วน

2.5 อาหารกุ้งมี 4 สูตร เป็นอาหารผสมฮัตเม็ตซึ่งมีระดับโปรตีน ประมาณ 35% ทุกสูตร แหล่งโปรตีนที่ใช้คือ ปลาป่น และปลาหมึกป่น

3. อุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้ในโรงเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

3.1 ไม้วัดความยาวกุ้งทดลอง (วัดได้ละเอียด 0.10 เซนติเมตร)

3.2 เครื่องชั่งแบบละเอียด (วัดได้ละเอียด 0.0001 กรัม)

3.3 เทอร์โมมิเตอร์

3.4 เครื่องวัดความเค็ม (salinometer)

3.5 pH paper

3.6 D.O. meter Model 51 B

3.7 สลิ่งสำหรับช้อนกุ้ง

3.8 อุปกรณ์ทำความสะอาดบ่อ (แปรง, ส่ายยาง)

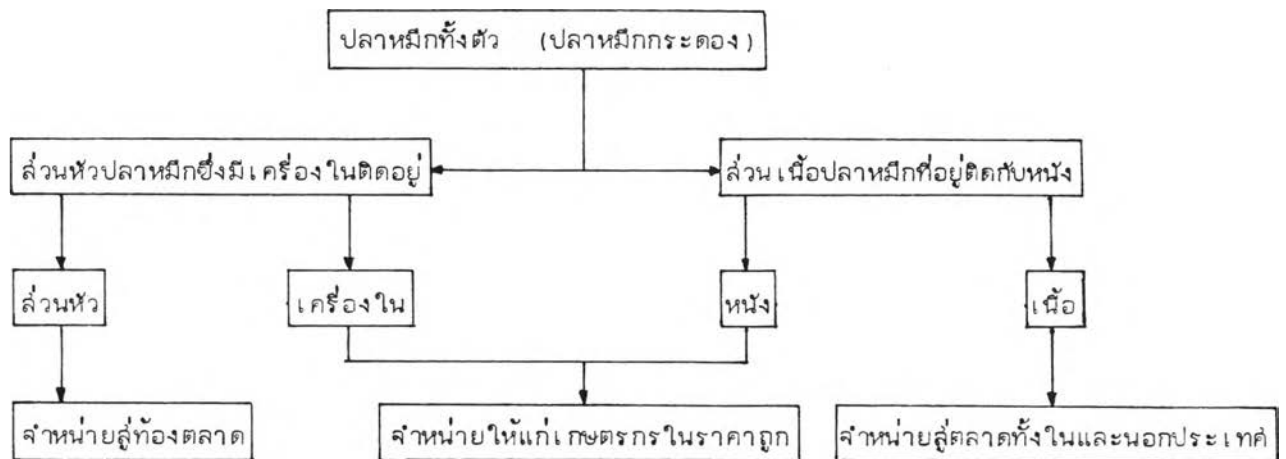
ขั้นตอนการเตรียมอาหารผสมฮัตเม็ต

กรรมวิธีการผลิตปลาหมึกป่น

การคัดเตรียมวัตถุดิบ แหล่งวัตถุดิบได้จากสะพานปลาในเขตต่าง ๆ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปลาหมึกป่นได้แก่ หนังกุ้งหมึก เศษเครื่องใน (รวมถุงหมึก) ล้วนหัวปลาหมึกและปลาหมึกทั้งตัว (ใช้ปลาหมึกกล้วยขนาดเล็ก)

กรรมวิธีแยกส่วนของปลาหมึก

กรรมวิธีการแยกส่วนต่าง ๆ ของปลาหมึก แสดงผังแผนภาพข้างล่างนี้



กรรมวิธีอันการทำแห้ง ตัวแปรที่ศึกษาในขั้นตอนการนี้ด้วยไอน้ำระบบความดัน
ได้แก่

ความดันไอน้ำช่วงที่ศึกษาคือ 25-40 ปอนด์/ตารางนิ้ว

เวลา ช่วงที่ศึกษาคือ 1-3 ชั่วโมง

วิธีติดตามผล - ดูความสามารถในการบดละเอียดได้ของ วัสดุที่ผ่านการนี้แล้ว

การบดละเอียดก่อนการทำแห้ง เป็นขั้นตอนการทำให้เนื้ออาหารละเอียดและเข้า
เป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้น โดยใช้โม่หินโม่ไก่ ถึงขั้นนี้ตัวอย่างพร้อมที่จะทำแห้งได้ จึงเข้าสู่
กรรมวิธีการทำแห้งต่อไป

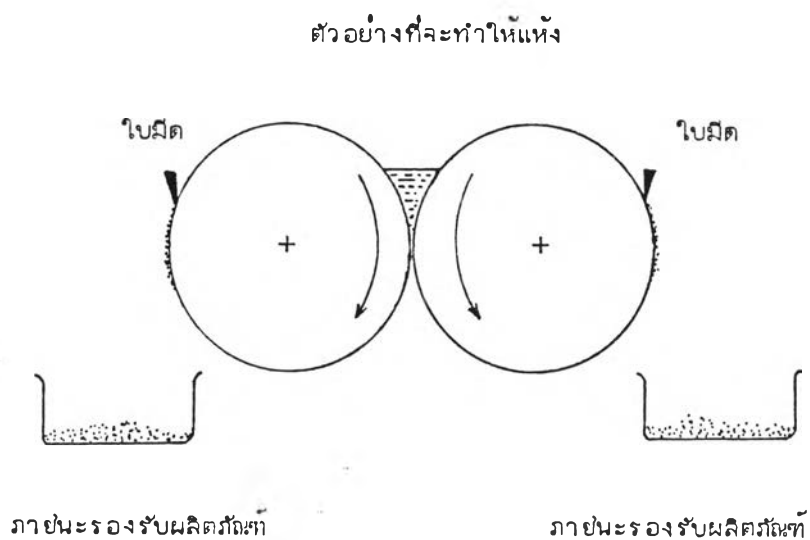
กรรมวิธีการทำแห้ง เลือกใช้เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอกคู่ โดยมีตัวแปร
ที่ศึกษา ได้แก่

ความดันไอน้ำ ช่วงที่ศึกษาคือ 35-50 ปอนด์/ตารางนิ้ว

ความเร็วลูกกลิ้ง ช่วงที่ศึกษาคือ 2-5 รอบ/นาที

ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง กำหนดระยะยกครั้งที่ 0.01 นิ้ว (เนื่องจากเครื่องมือไม่มี
ความสามารถที่จะปรับระยะได้แน่นอน)

วิธีติดตามผล วิเคราะห์หาปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์



รูปที่ 4 ลักษณะเครื่องมือทำให้แห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอกคู่

ส่วนประกอบอื่น ๆ ที่ใช้ผสมอาหาร หาซื้อตามท้องตลาดอันได้แก่ ไร่ข้าว ปลาปน
 α -starch (เป็นส่วยึดอาหารหรือ binder) น้ำมันยั่วโพต วิตามิน และเกลือแร่ อัตราส่วนของ
ส่วนประกอบอาหารทั้ง 4 สูตร แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงอัตราส่วนของส่วนประกอบอาหารทั้ง 4 สูตร

ส่วนประกอบอาหาร (%)	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4
ปลาป่น	54.1	-	-	28.0
ส่วนหัวปลาหมึกป่น	-	-	17.7	8.6
ส่วนเครื่องในปลาหมึกป่น	-	-	18.9	9.1
ส่วนหนังปลาหมึกป่น	-	-	14.9	7.2
ปลาหมึกกล้วยทั้งตัวป่น	-	48.4	-	-
α -starch	19.1	21.5	20.2	19.6
รำละเอียด	19.1	21.5	20.2	19.6
น้ำมันข้าวโพด	6.7	7.5	7.1	6.9
เกลือแร่-วิตามิน	1.0	1.1	1.0	1.0
รวม	100	100	100	100

กรรมวิธีผลิตอาหารผสมอัดเม็ด

หลังจากจัดเตรียมส่วนประกอบอาหารทั้งหมดครบถ้วนตามที่ต้องการแล้ว จึงนำเอาส่วนประกอบอาหาร (ตามตารางที่ 1) มาผสมกัน จากนั้นนำไปเข้าเครื่องอัดเม็ด เมื่อได้อาหารอัดเม็ดแล้วก็นำไปตากแดดประมาณ 5-6 ชั่วโมง หรืออบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 °C นานประมาณ 4 ชั่วโมง จากนั้นบรรจุลงพลาสติกทำการปิดผนึก แล้วนำไปเก็บไว้ในตู้เก็บอาหารชนิดกันความชื้น ซึ่งตั้งอยู่ภายในห้องเย็นอุณหภูมิ -18 °C เป็นการถนอมอาหารไว้ได้นาน ๆ และป้องกันความชื้น

ขั้นตอนการวิเคราะห์คุณภาพของปลาหมึกป่น

ศึกษา Amino Acid Profile โดยส่งตัวอย่างปลาหมึกป่นไปวิเคราะห์ที่ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งเครื่องมือที่ใช้คือ Amino Acid Analyzers Model 835-50

ศึกษาองค์ประกอบสารอาหาร ได้แก่ โปรตีน (crude protein), ไขมัน (fat), คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate), เถ้า (ash), กากอาหาร (crude fiber), ความชื้น (moisture) ซึ่งมีอยู่ในปลาหมึกป่นและปลาป่น (Jacobs, 1958, Pearson, 1970, Osborne and Voogt, 1978)

ขั้นตอนการตัดเตรียมบ่ตดลองและการตัดกึ่งตดลองลงบ่อ

บ่ตดลองสำหรับเลี้ยงกุ้ง มีการตัดเตรียมระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด พร้อมระบบการให้อากาศ ระดับน้ำที่ใช้ลึกประมาณ 50 เซนติเมตร (ดูรายละเอียดจากรูปที่ 5) บริเวณที่ตั้งบ่ตดลองอยู่ในร่มเงาของโรงเพาะเลี้ยง มีการถ่ายเทอากาศดี ระบบระบายน้ำพร้อม รวมทั้งระบบไฟฟ้าสำหรับป้อนแก๊สซิเมนต์, บั๊มให้อากาศ และให้ความสว่างในเวลากลางวัน (หากจำเป็นต่อการศึกษา)

สำหรับบ่อกรอง ใช้ระบบ sub-sand filter ในการกรองน้ำ อีกทั้งมีการเติมน้ำยาปรับสภาพน้ำทะเล ซึ่งมีแบคทีเรียชนิดที่รื้อหน้าทีในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Decomposer Bacteria) การทำความสะอาดบ่อเลี้ยงทำทุกสัปดาห์ เพื่อขจัดพวกสาหร่ายและพวกตะไคร่น้ำที่มีปริมาณมากออกไป ส่วนการถอดถ่ายเศษอาหารที่กุ้งกินไม่หมดนั้นกระทำทุกวัน และมีการเติมน้ำทะเลที่มีสภาพเหมือนน้ำในบ่อเลี้ยงให้มีปริมาณเท่าเดิมตลอดการทดลอง ทั้งนี้ได้มีการตัดเตรียมน้ำทะเลสำรองไว้ล่วงหน้า

ลูกกุ้งกุลาดำที่ใช้ในการทดลอง ได้ตัดซื้อมาเตรียมไว้ซึ่งเป็นกุ้งในระยะวัยอ่อน (P-15) ก่อนนำเข้าสู่บ่ตดลอง ต้องทำการพักเห็นลูกกุ้งก่อน โดยพยายามรักษาระดับอุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรด-ด่างของน้ำทะเลในบ่ตดลองกับในถุงที่นำลูกกุ้งมาให้ใกล้เคียงกันมากที่สุด เพื่อป้องกันการช็อคของลูกกุ้ง

ขั้นตอนต่อมาคือ การศึกษาตลกกุ้งกุลาดำที่มีขนาดใกล้เคียงกันใส่ลงในบ่อทดลอง จำนวนบ่อละ 200 ตัว คิดเป็นอัตราความหนาแน่นแต่ละบ่อ เท่ากับ 175 ตัวต่อตารางเมตร และกั้นน้ำลวกุ้งลงสู่บ่อทดลอง ได้ทำการลุ่มตัวอย่างเพื่อชั่งน้ำหนักและวัดความยาว (ซึ่ง เป็น ความยาวมาตรฐานคือ วัดจากปลายสุดของกริ๊งปลายสุดของหาง) จำนวนบ่อละ 30 ตัว ค่า ความยาวเฉลี่ยลวกุ้งเท่ากับ 1.245 เซนติเมตรและน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 0.001 กรัม

ขั้นตอนการวางแผนการทดลอง

แผนการทดลองที่ใช้คือ Randomized Complete Block Design (เจริญ, 2519, Jerrold, 1974) โดยสูตรอาหารที่ใช้มี 4 สูตร แต่ละสูตรทำการทดลอง 3 ซ้ำ ดังมีรายละเอียดดังนี้คือ

1. อาหารสูตร 1 ทดลองกับกุ้งในบ่อที่ 1, 5, 9
2. อาหารสูตร 2 ทดลองกับกุ้งในบ่อที่ 2, 6, 10
3. อาหารสูตร 3 ทดลองกับกุ้งในบ่อที่ 3, 7, 11
4. อาหารสูตร 4 ทดลองกับกุ้งในบ่อที่ 4, 8, 12

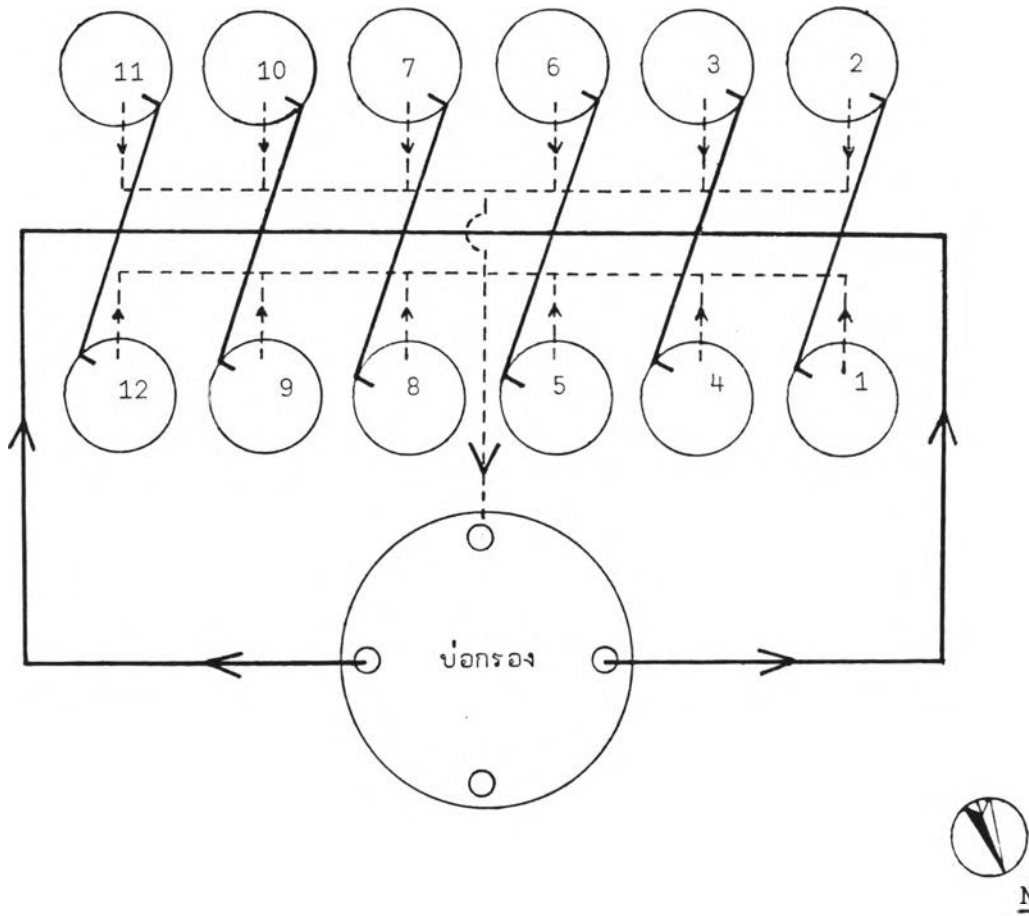
(ดูรูปที่ 5 ประกอบ)

ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

ข้อมูลที่ต้องการในการทดลองนี้คือ ข้อมูลด้านการเจริญเติบโต (ความยาว น้ำหนัก) อัตราการตายและผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ ทั้งนี้เพื่อนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของอิทธิพลของอาหารแต่ละสูตร นอกจากนี้ยังเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพน้ำที่ใช้ทดลองเลี้ยง อันได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ปริมาณไนโตรเจน โดยวิธีการดังนี้

- อุณหภูมิ วัดโดยการลุ่มเทอร์โมมิเตอร์ที่ระดับวัดจากระดับผิวน้ำลงไป 10-15 เซนติเมตร ทั้งไว้สักครู่จนกระทั่งระดับปรอทในเทอร์โมมิเตอร์คงที่ แล้วจึงอ่านค่าขณะที่เทอร์โมมิเตอร์อยู่ในน้ำ (ค่าที่อ่านเป็นองศาเซลเซียส)

- ความเค็ม วัดความเค็มโดยใช้เครื่องวัดความเค็ม หรือ salinometer (หน่วยเป็น ppt หรือส่วนในพันส่วน)



- ท่อน้ำออกจากบ่อตลองสู่บ่อกรอง
- ท่อน้ำเข้าสู่บ่อตลอง
- ท่อน้ำที่กรองแล้วสู่บ่อตลอง

รูปที่ 5 แผนผังการจัดบ่อตลองและบ่อกรอง พร้อมระบบ หมุนเวียนน้ำแบบปิด

- ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ใช้เครื่อง D.O. meter ตรวจวัดค่า (หน่วยเป็น ml/l)
- ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ใช้ pH-paper กับวิธีการเทียบสี
- ปริมาณไนโตรเจนที่ ใช้สารเคมีสำเร็จรูปซึ่งใช้ตรวจสอบปริมาณไนโตรเจนในน้ำ โดยวิธีการเทียบสีเช่นกัน (หน่วยที่ใช้เป็น mg/l)

ข้อมูลน้ำหนัก-ความยาวของกุ้งทดลอง เก็บข้อมูลทุก 2 สัปดาห์ รวมระยะเวลาของการทดลองทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ โดยสุ่มตัวอย่างกุ้งเพื่อวัดค่าครั้งละ 30 ตัวต่อบ่อ ส่วนข้อมูลเกี่ยวกับสภาพน้ำที่ใช้เลี้ยงกุ้งนั้น เก็บข้อมูลทุกวัน

การให้อาหารกุ้ง

ปริมาณอาหารที่ให้แก่กุ้งทดลองเลือกวิธีการให้อาหารแบบเต็มที วันละ 2 เวลาคือ ช่วงเช้า 8.00 น. และช่วงเย็น 18.00 น. บันทึกปริมาณอาหารที่ใช้ทุกครั้งก่อนการให้อาหาร แต่ครั้งสังเกตดูเศษอาหารที่เหลือ เพื่อปรับปริมาณอาหารให้เพียงพอแก่ความต้องการและไม่ให้มีอาหารเหลือมากเกินไป

ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

วิธีวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำหรับการศึกษาด้านการเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโตของกุ้งทดลองที่เกิดจากอิทธิพลของอาหารแต่ละชนิด ใช้วิธีวิเคราะห์ด้วยความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance) {จรัญ (2519) อ้างถึงวิธีของ Snedecor and Cochran (1967)} ส่วนข้อมูลเกี่ยวกับอัตราการตายและผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ของกุ้งทดลองใช้วิธีวิเคราะห์ด้วยความแปรปรวน (Analysis of variance) ตามวิธีของ Snedecor and Cochran (1967) ส่วนในการเปรียบเทียบความแตกต่างของอิทธิพลของอาหารต่อการเจริญเติบโต ใช้วิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% (Duncan, 1955)

การหาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนักของกุ้งทดลอง (Length-weight relationship) ที่ทดลองด้วยอาหารทั้ง 4 สูตร ใช้สมการของกฎกำลังสาม (Cube Law) ของ Rounsefell (1953)

$$W = cL^n$$

โดยกำหนดให้

$$W = \text{น้ำหนักของกุ้ง (กรัม)}$$

$$L = \text{ความยาวของกุ้ง (เซนติเมตร)}$$

$$c = \text{ค่าคงที่ (Coefficient of condition or Length-weight Factor)}$$

$$n = \text{ค่าคงที่ของอัตราการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักกับความยาว}$$

การคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Food Conversion Ratio) หากจากสูตร

$$\text{Food Conversion} = \frac{F}{W_t - W}$$

$$F = \text{ปริมาณอาหารที่ให้กุ้งทั้งหมดตลอดการทดลอง (กรัม)}$$

$$W = \text{น้ำหนักกุ้งรวมเมื่อเริ่มการทดลอง (กรัม)}$$

$$W_t = \text{น้ำหนักกุ้งรวมเมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง (กรัม)}$$