# บทที่ 4

## ผลการทดลอง

### 4.1 การเตรียมยีสต์แห้ง

ยีสต์เหลวที่นำมาจากโรงงานครั้งละประมาณ 200 ลิตรจะมีปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid) อยู่ในช่วงร้อยละ 6.63-12.7 เมื่อทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งแล้วจะได้ยีสต์แห้งประมาณ 0.45-1.1 กิโลกรัมต่อยีสต์เหลว 10 ลิตร ยีสต์แห้งที่ได้จะเป็นแผ่นสีน้ำตาลบาง ๆ (flake) ที่ไม่มีกลิ่นแอลกอฮอล์เหลืออยู่

### 4.2 การวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของยีสต์แห้งและอาหารปลา

คุณค่าทางอาหารของยีสต์แห้ง มีดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| ความชื้น (moisture) | ร้อยละ | 3.34 |
| โปรตีนในรูป crude protein ต่อน้ำหนักเปียก | ร้อยละ | 40.30 |
| โปรตีนในรูป lowry protein ต่อน้ำหนักเปียก | ร้อยละ | 25.00 |
| ไขมัน (crude fat) ต่อน้ำหนักเปียก | ร้อยละ | 4.08 |
| เยื่อใย (crude fiber) ต่อน้ำหนักเปียก | ร้อยละ | 5.09 |
| เถ้า (ash) ต่อน้ำหนักเปียก | ร้อยละ | 3.59 |
| คาร์โบไฮเดรต ต่อน้ำหนักเปียก | ร้อยละ | 43.60 |

ส่วนคุณค่าทางอาหารของอาหารปลาที่ใช้ยีสต์แทนปลาป่นร้อยละ 0, 25 และ 50 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4-1

### 4.3 ผลของการทดลองเลี้ยงลูกปลากะพงขาวด้วยอาหารที่ใช้ยีสต์แทนปลาป่นในปริมาณต่าง ๆ กัน

ลูกปลากะพงขาวที่ใช้ในการทดลองเลี้ยงด้วยอาหารเม็ดเปียกที่ใช้ยีสต์แทนปลาป่นมีความยาวเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลองเท่ากับ $4.60 \pm 0.00$ เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลองด้วยอาหารสูตรที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ $1.55 \pm 0.06$, $1.57 \pm 0.09$ และ

ตารางที่ 4-1 คุณค่าทางอาหารของอาหารปลาสูตรที่ 1,2 และ 3 ซึ่งเป็นสูตรที่ใช้ยีสต์แทนปลาป่นร้อยละ 0,25 และ 50 ตามลำดับ

| องค์ประกอบหลัก (ร้อยละต่อน้ำหนักเปียก) | สูตรที่ 1 | สูตรที่ 2 | สูตรที่ 3 |
|---|---|---|---|
| ความชื้น (moisture) | 31.63 | 29.81 | 28.24 |
| โปรตีน (crude protein) | 28.76 | 28.33 | 28.25 |
| ไขมัน (crude fat) | 11.05 | 9.24 | 7.31 |
| เยื่อใย (crude fiber) | 0.81 | 0.56 | 0.63 |
| เถ้า (ash) | 13.21 | 12.70 | 9.99 |
| Nitrogen free extract | 14.54 | 19.36 | 25.58 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.54± 0.06 กรัม ตามลำดับ จากการบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับน้ำหนักและความยาวของลูกปลาทุก ๆ 2 สัปดาห์ได้ข้อมูลการเจริญเติบโตดังแสดงในตารางที่ ง-1 ถึง ง-3 และรูปที่ 4-1 และ 4-2 ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับความยาวของลูกปลาแสดงในรูปที่ 4-3

ลูกปลาที่ทดลองเลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 1,2 และ 3 เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์มีความยาวเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากเดิม 4.60± 0.00 เซนติเมตรเป็น 7.06± 0.20, 7.30± 0.25 และ 6.96± 0.22 เซนติเมตร ตามลำดับ หรือมีอัตราการเจริญเติบโตในด้านความยาวเฉลี่ยตลอดการทดลองเป็น 0.41, 0.45 และ 0.40 เซนติเมตร/สัปดาห์ ตามลำดับ ซึ่งการเจริญเติบโตของลูกปลาที่ทดลองเลี้ยงด้วยอาหารทั้งสามสูตรนี้ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซนต์ ดังแสดงการคำนวณในภาคผนวก จ และตารางที่ จ-1

การหาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนักของลูกปลาตลอดการทดลองดังแสดงการคำนวณในภาคผนวก ช พบว่ามีความสัมพันธ์กันดังนี้

อาหารสูตรที่ 1 $W = 0.0158\ L^{3.0163}$

หรือ $\log W = -1.8016 + 3.0163 \log L$

อาหารสูตรที่ 2 $W = 0.0153\ L^{3.0502}$

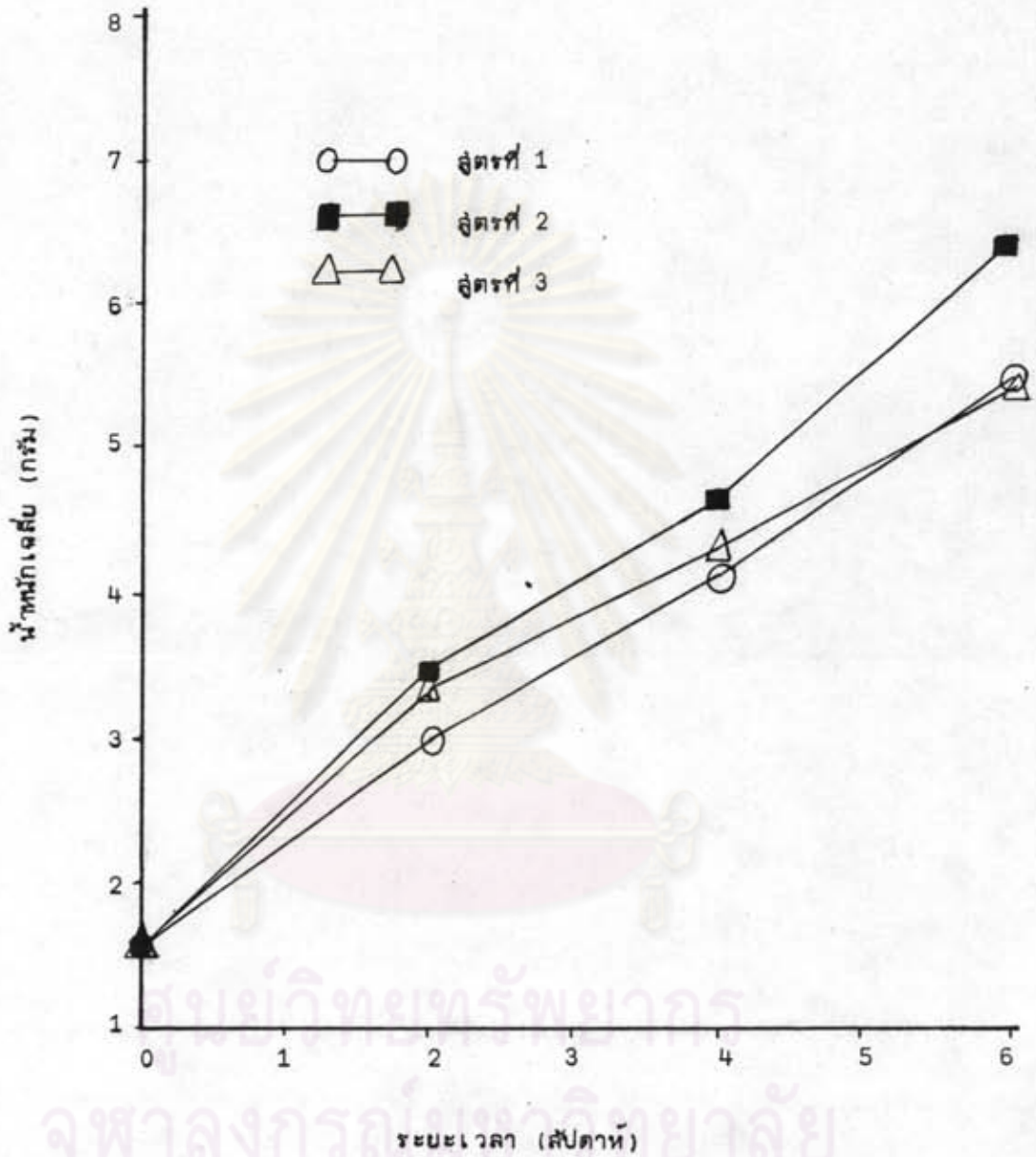
หรือ $\log W = -1.8148 + 3.0502 \log L$

อาหารสูตรที่ 3 $W = 0.0138\ L^{3.1073}$

หรือ $\log W = -1.8604 + 3.1073 \log L$

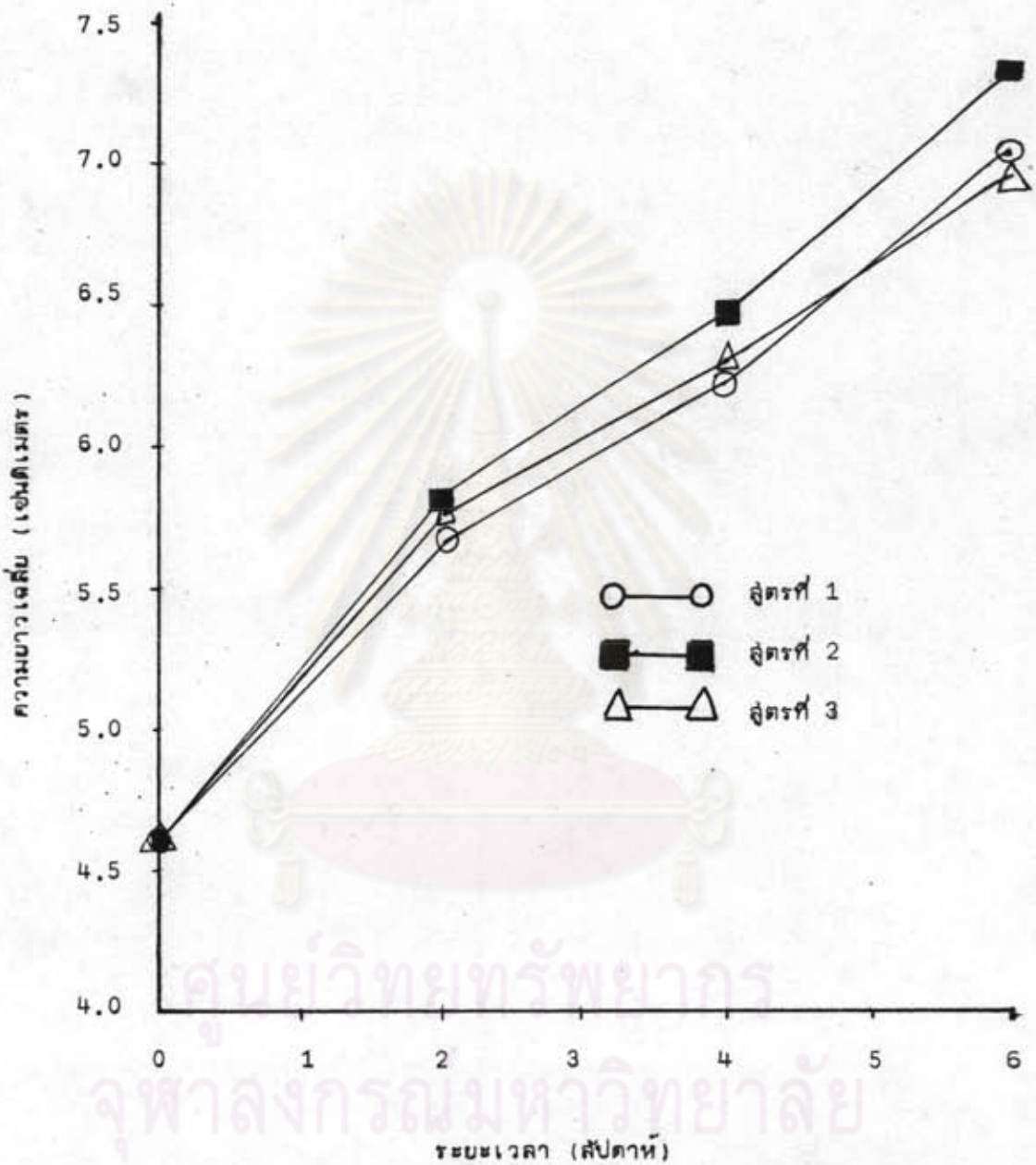
จะเห็นได้ว่าตัวเลขที่ยกกำลังของความยาวซึ่งเป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักกับความยาวมีค่าประมาณ 3 ซึ่งเป็นไปตามกฎกำลังสามของ Rounsefell (50)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อปลาของสูตรที่ 1,2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 5.04, 4.24 และ 5.23 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4-2 ทั้งสามค่านี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5 เปอร์เซนต์ดังแสดงการคำนวณในภาคผนวก ฉ และตารางที่ ฉ-1 และจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อปลาโดยวิธี Least Significant Difference ซึ่งแสดงการคำนวณไว้ในภาคผนวก ช พบว่าที่ระดับ



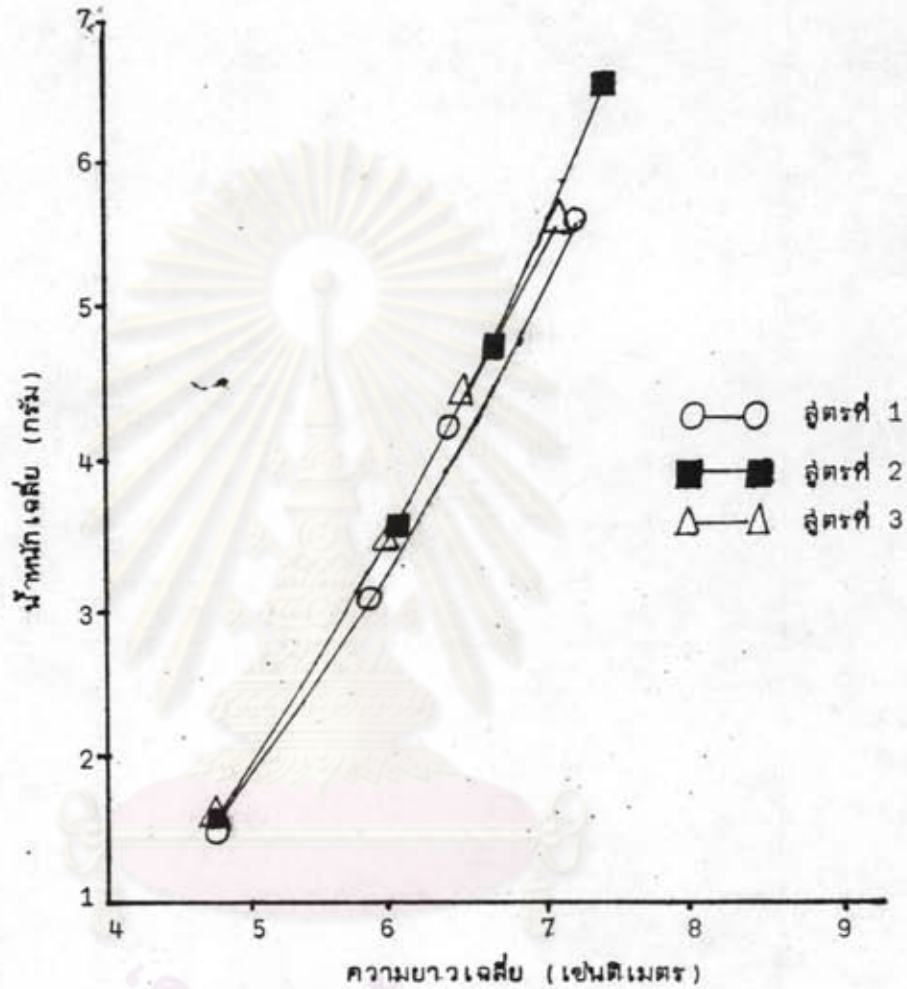

รูปที่ 4-1 แสดงอัตราการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักของลูกปลากะพงขาว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 4-2 แสดงอัตราการเจริญเติบโตด้านความยาวของลูกปลากะพงขาว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 4-3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและความยาวของลูกปลากระพงยาว ที่ทดลองเลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่าง ๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นัยสำคัญ 5 เปอร์เซนต์ สูตรที่ 1 ไม่แตกต่างจากสูตรที่ 2 และสูตรที่ 1 ไม่แตกต่างจากสูตรที่ 3 ด้วย แต่ระหว่างสูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 มีความแตกต่างกันโดยสูตรที่ 2 ให้ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อปลาต่ำกว่า

อัตราการเปลี่ยนโปรตีนเป็นเนื้อปลาของสูตรที่ 1,2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 0.69, 0.84 และ 0.68 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4-3 ทั้งสามค่านี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5 เปอร์เซนต์ ดังแสดงการคำนวณในภาคผนวก ฉ และตารางที่ ฉ-2 และจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของอัตราการเปลี่ยนโปรตีนเป็นเนื้อปลาโดยวิธี Least Significant Difference ซึ่งแสดงการคำนวณในภาคผนวก ช พบว่าที่ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซนต์ สูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 ไม่แตกต่างกัน แต่ทั้งสองสูตรนี้แตกต่างจากสูตรที่ 2 โดยสูตรที่ 2 ให้ค่าอัตราการเปลี่ยนโปรตีนเป็นเนื้อปลาสูงสุด

อัตราการตายของปลาทดลองทั้ง 3 สูตรแสดงไว้ในตารางที่ 4-4 ถึง 4-6 ซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำมากทั้ง 3 สูตร

ความเค็มของน้ำในบ่อทดลองอยู่ในช่วง 29-32 ส่วนในพันซึ่งถือว่าเป็นระดับปรกติ อุณหภูมิของน้ำในบ่อทดลองแสดงในรูปที่ ฌ-1 ของภาคผนวก ฌ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 23.8 องศาเซลเซียส

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4-2 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อปลา (food conversion ratio) ของลูกปลากะพงขาว ที่ทดลองเลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้มิล์ค์แทนปลาป่นในปริมาณต่าง ๆ กัน ในระยะ 6 สัปดาห์

| | สูตรที่ 1 | | | | สูตรที่ 2 | | | | สูตรที่ 3 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | บ่อ 2 | บ่อ 6 | บ่อ 9 | บ่อ 12 | บ่อ 1 | บ่อ 5 | บ่อ 7 | บ่อ 11 | บ่อ 3 | บ่อ 4 | บ่อ 8 | บ่อ 10 |
| ปริมาณอาหารที่ให้ทั้งหมด (กรัม) | 738.5 | 537.5 | 780.4 | 700.0 | 731.6 | 716.6 | 700.3 | 750.8 | 709.8 | 679.4 | 586.8 | 716.4 |
| น้ำหนักปลาทั้งบ่อที่เพิ่มขึ้น (กรัม) | 138.8 | 111.9 | 154.2 | 141.1 | 187.9 | 192.6 | 144.5 | 166.7 | 150.4 | 136.5 | 107.5 | 124.5 |
| อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อปลา* | 5.32 | 4.80 | 5.06 | 4.96 | 3.89 | 3.72 | 4.85 | 4.50 | 4.72 | 4.98 | 5.46 | 5.75 |
| อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อปลาเฉลี่ยแต่ละสูตร | 5.04 | | | | 4.24 | | | | 5.23 | | | |

* อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อปลา = $\frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ให้ทั้งหมด (กรัม)}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (กรัม)}}$

ตารางที่ 4-3 อัตราการเปลี่ยนโปรตีนเป็นเนื้อปลา (protein efficiency ratio) ของลูกปลากะพงขาวที่ทดลองเลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้มีลัดแทนปลาป่นในปริมาณต่าง ๆ กันในระยะ 6 สัปดาห์

| | สูตรที่ 1 | | | | สูตรที่ 2 | | | | สูตรที่ 3 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | บ่อ 2 | บ่อ 6 | บ่อ 9 | บ่อ 12 | บ่อ 1 | บ่อ 5 | บ่อ 7 | บ่อ 11 | บ่อ 3 | บ่อ 4 | บ่อ 8 | บ่อ 10 |
| ปริมาณโปรตีนที่ให้ทั้งหมด (กรัม) | 212.4 | 154.6 | 224.4 | 201.3 | 207.3 | 203.0 | 198.4 | 212.7 | 200.5 | 191.9 | 165.8 | 202.4 |
| น้ำหนักปลาทั้งบ่อที่เพิ่มขึ้น (กรัม) | 138.8 | 111.9 | 154.2 | 141.1 | 187.9 | 192.6 | 144.5 | 166.7 | 150.4 | 136.5 | 107.5 | 124.5 |
| อัตราการเปลี่ยนโปรตีนเป็นเนื้อปลา * | 0.65 | 0.72 | 0.69 | 0.70 | 0.91 | 0.95 | 0.73 | 0.78 | 0.75 | 0.71 | 0.64 | 0.62 |
| อัตราการเปลี่ยนโปรตีนเป็นเนื้อปลาเฉลี่ยแต่ละสูตร | 0.69 | | | | 0.84 | | | | 0.68 | | | |

* อัตราการเปลี่ยนโปรตีนเป็นเนื้อปลา = น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (กรัม) / น้ำหนักโปรตีนที่ให้ทั้งหมด (กรัม)

ตารางที่ 4-4 จำนวนลูกปลากะพงขาวที่ตายในระหว่างการทดลองเลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 1

| | จำนวนลูกปลาในแต่ละบ่อ (ตัว) | | | | จำนวนลูกปลาทั้งหมด (ตัว) | เปอร์เซ็นต์การตายสะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | บ่อ 2 | บ่อ 6 | บ่อ 9 | บ่อ 12 | | |
| เริ่มการทดลอง | 36 | 36 | 36 | 36 | 144 | 0 |
| สัปดาห์ที่ 0-2 | 34 | 35 | 36 | 36 | 141 | 2.1 |
| สัปดาห์ที่ 2-4 | 34 | 35 | 36 | 36 | 141 | 2.1 |
| สัปดาห์ที่ 4-6 | 34 | 35 | 35 | 36 | 140 | 2.8 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4-5 จำนวนลูกปลากะพงขาวที่ตายในระหว่างการทดลองเลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 2

| | จำนวนลูกปลาในแต่ละบ่อ (ตัว) | | | | จำนวนลูกปลาทั้งหมด (ตัว) | เปอร์เซนต์การตายสะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | บ่อ 1 | บ่อ 5 | บ่อ 7 | บ่อ 11 | | |
| เริ่มการทดลอง | 36 | 36 | 36 | 36 | 144 | 0 |
| สัปดาห์ที่ 0-2 | 36 | 36 | 36 | 36 | 144 | 0 |
| สัปดาห์ที่ 2-4 | 36 | 36 | 35 | 36 | 143 | 0.7 |
| สัปดาห์ที่ 4-6 | 36 | 36 | 35 | 36 | 143 | 0.7 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4-6 จำนวนลูกปลากะพงขาวที่ตายในระหว่างการทดลองเลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 3

| | จำนวนลูกปลาในแต่ละบ่อ (ตัว) | | | | จำนวนลูกปลาทั้งหมด (ตัว) | เปอร์เซนต์การตายสะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | บ่อ 3 | บ่อ 4 | บ่อ 8 | บ่อ 10 | | |
| เริ่มการทดลอง | 36 | 36 | 36 | 36 | 144 | 0 |
| สัปดาห์ที่ 0-2 | 36 | 33 | 34 | 36 | 139 | 3.5 |
| สัปดาห์ที่ 2-4 | 36 | 33 | 34 | 34 | 137 | 4.9 |
| สัปดาห์ที่ 4-6 | 35 | 33 | 34 | 33 | 135 | 6.3 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 ผลของการทดลองใช้สารกันเสียในการถนอมอาหารปลาแบบเม็ดเปียก

จากการทดลองใช้สารกันเสียโปตัสเซียมซอร์เบต (potassium sorbate) ในการถนอมอาหารปลาแบบเม็ดเปียกด้วยความเข้มข้นต่าง ๆ กันโดยเก็บอาหารไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 56 วัน พบว่า

- อาหารที่ไม่ได้เติมโปตัสเซียมซอร์เบต (control) เกิดราให้เห็นเมื่อเก็บอาหารไว้ 3 วัน

- ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 อาหารชุดที่ 1 และ 2 เกิดราให้เห็นเมื่อเก็บอาหารไว้ 5 และ 3 วัน ตามลำดับ

- ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.3 อาหารชุดที่ 1 และ 2 เกิดราให้เห็นเมื่อเก็บอาหารไว้ 24 และ 22 วัน ตามลำดับ และในระยะดังกล่าวอาหารยังไม่เกิดอาการผิดปรกติทั้งในเรื่องกลิ่นและลักษณะเนื้อ (texture) ของอาหาร

- ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และ 0.7 ไม่ปรากฏการขึ้นราให้เห็นในอาหารทั้งสองชุด แต่อาหารเกิดกลิ่นบูดและร่วนขึ้นหลังจากเก็บอาหารไว้ประมาณ 25 วัน

ผลของการตรวจหาปริมาณบัคเตรี ยีสต์ และราทุก 7 วันดังแสดงในรูปที่ 4-4 ถึง 4-7 และตารางที่ ง-4 ถึง ง-7 ในภาคผนวก ง พบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณบัคเตรี ยีสต์ และราในอาหารต่าง ๆ ดังนี้คือ

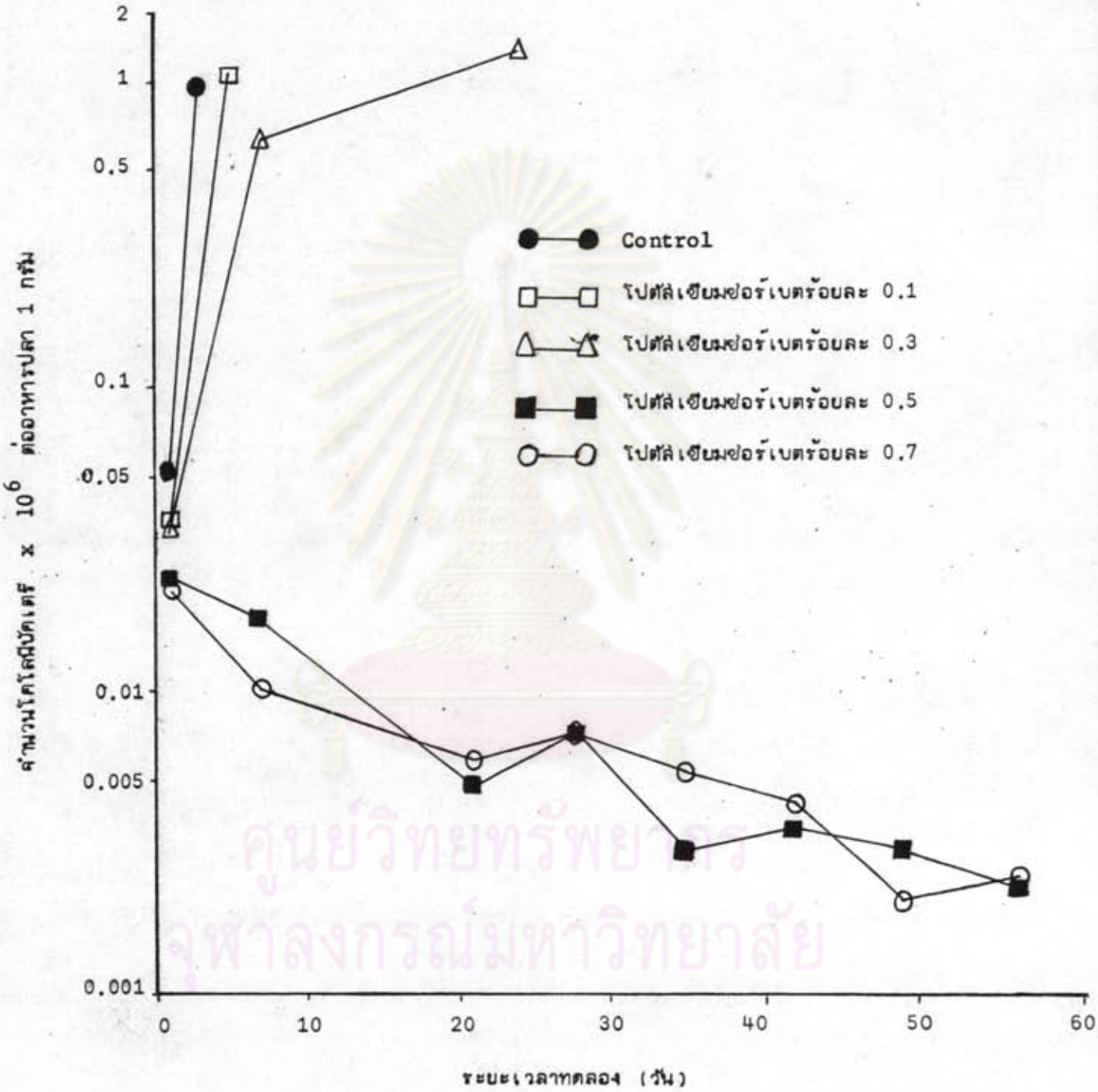
- อาหารที่ไม่ได้เติมโปตัสเซียมซอร์เบตและอาหารที่เติมโปตัสเซียมซอร์เบตร้อยละ 0.1 มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงของปริมาณบัคเตรี ยีสต์ และราคล้ายคลึงกัน โดยปริมาณบัคเตรี ยีสต์ และราเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนกระทั่งเกิดการขึ้นราที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งเป็นสภาพที่โดยปรกติจะไม่นำไปใช้เลี้ยงปลาอีกต่อไป และเมื่อเก็บต่อไปเกิน 3 วันเส้นใยราจะมีปริมาณมากขึ้นจนปกคลุมทั่วผิวของอาหารทั้งหมด

- ในอาหารที่เติมโปตัสเซียมซอร์เบตร้อยละ 0.3 นั้นปริมาณบัคเตรี ยีสต์และราจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะหนึ่งและหลังจากนั้นเริ่มช้าลงจนกระทั่งเกิดการขึ้นราที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า และเมื่อเก็บอาหารนี้ต่อไปปริมาณบัคเตรี ยีสต์ และราก็จะมากขึ้น เส้นใยราจะปกคลุมทั่วผิวของอาหารทั้งหมด

- อาหารที่เติมโปตัสเซียมซอร์เบตร้อยละ 0.5 และ 0.7 มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงของปริมาณบัคเตรี ยีสต์ และราคล้ายกัน เมื่อเก็บอาหารไว้นานขึ้นปริมาณบัคเตรี ยีสต์ และราจะลดลงอย่างช้า ๆ โดยในระยะแรก ๆ ลดลงช้ามากจนเกือบจะคงที่และหลังจากนั้นลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บอาหารไว้ประมาณ 21 วัน

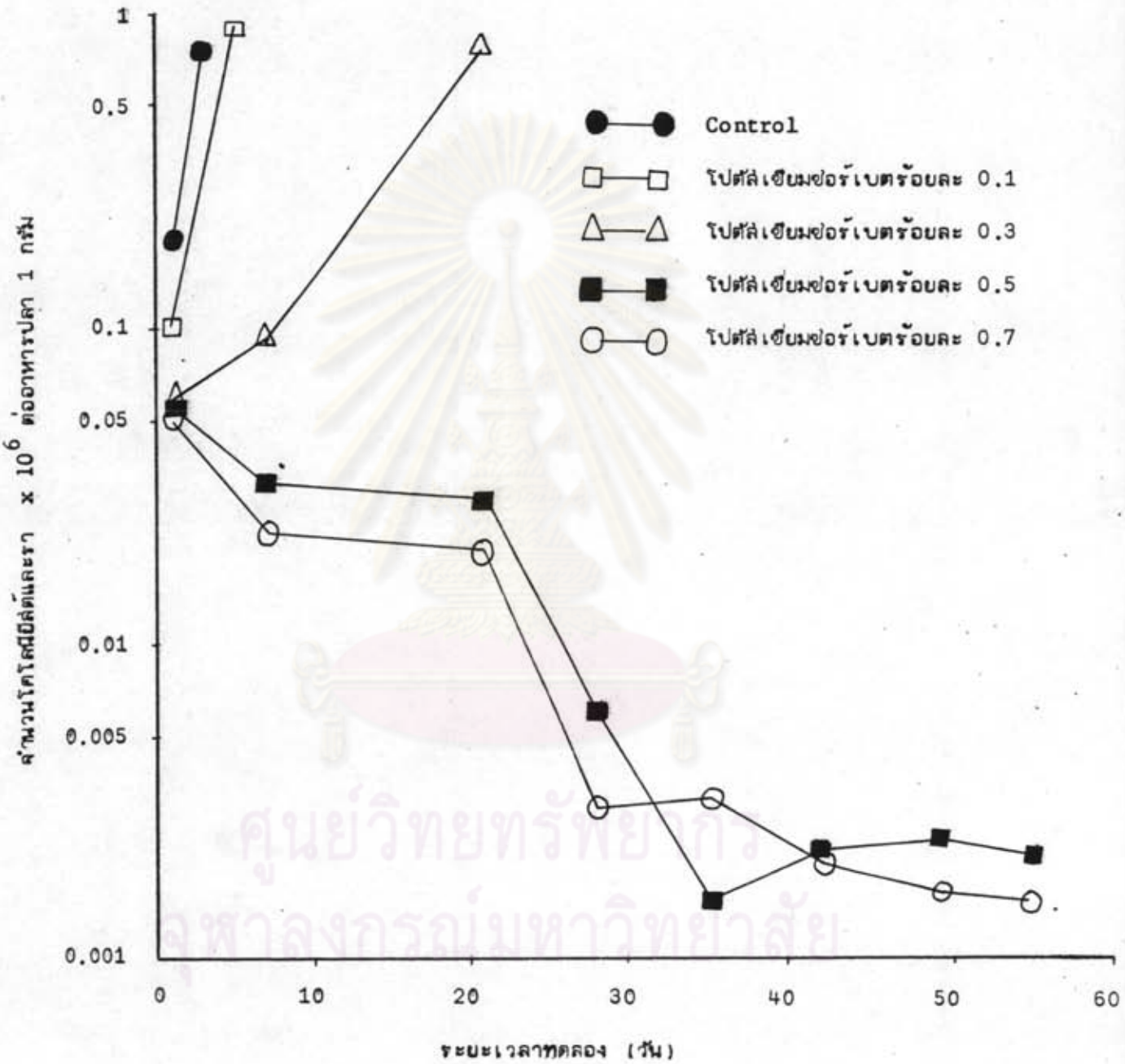
ผลของการตรวจสอบเชื้อบัคเตรีที่เจริญเติบโตในอาหารปลาที่เติมโปตัสเซียมซอร์เบตร้อยละ 0.5 และ 0.7 ที่เก็บไว้จนเกิดกลิ่นบูด (ประมาณ 25 วัน) พบว่าเชื้อบัคเตรีเหล่านั้นมีทั้งชนิดที่ย่อยโปรตีน(proteolytic bacteria) ชนิดที่ย่อยไขมัน(lipolytic bacteria) และชนิดที่สร้างกรดแลคติค (lactic acid bacteria)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



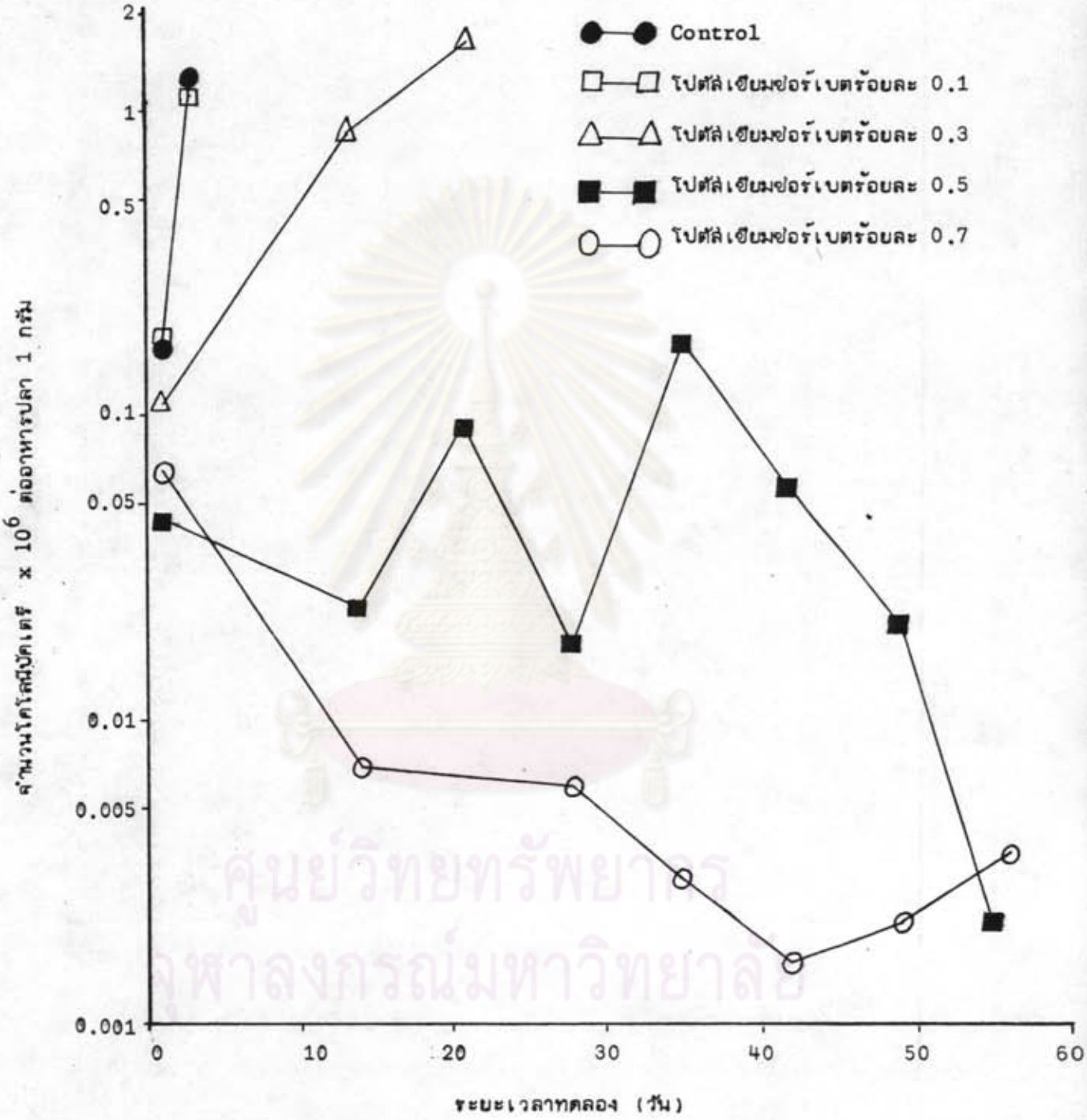

รูปที่ 4-4 แสดงปริมาณแบคทีเรีย ในอาหารปลาสูตรที่ 1 บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



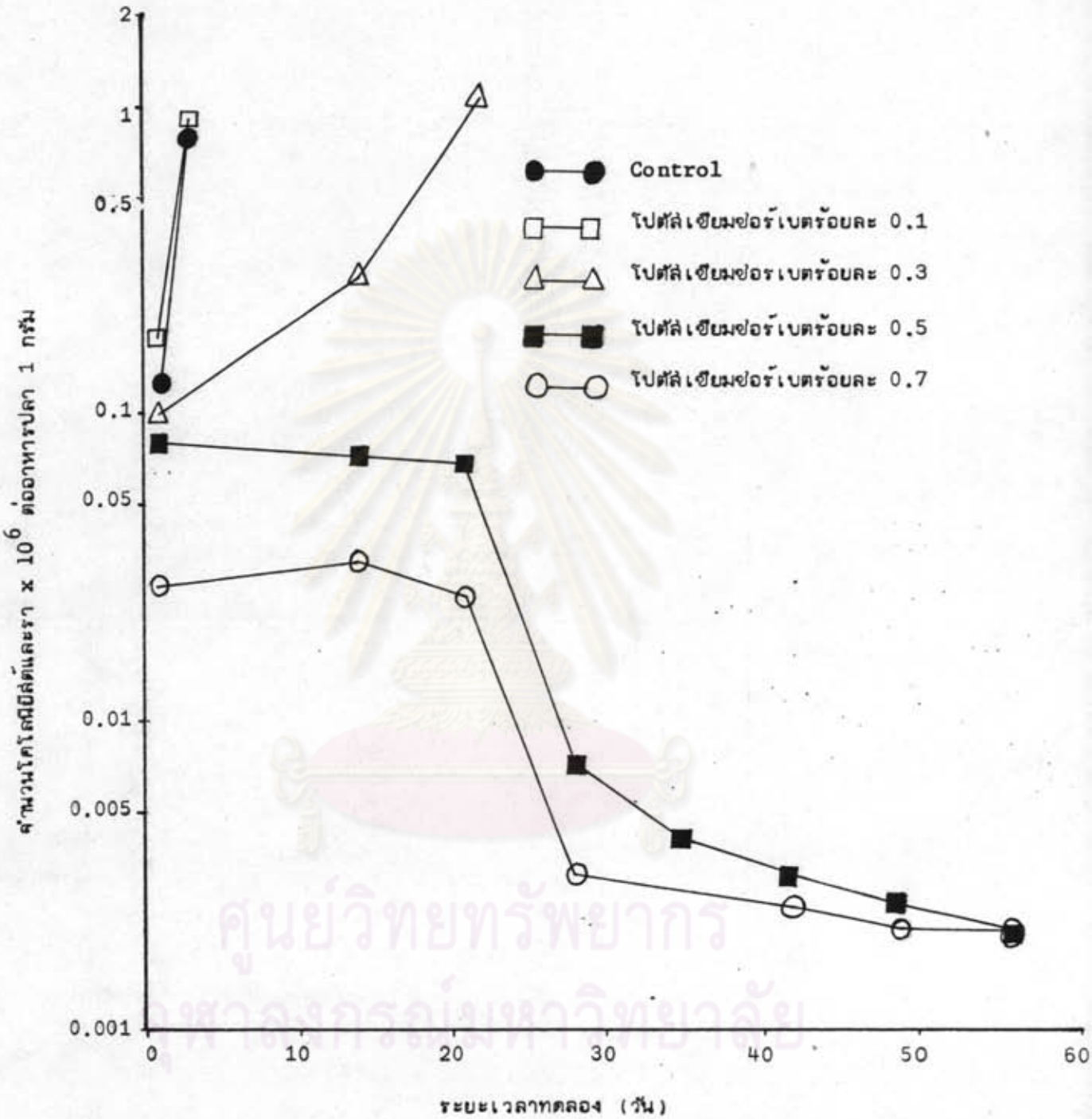

รูปที่ 4-5 แสดงปริมาณมีสต์และราในอาหารปลาอัดที่ 1 บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 4-6 แสดงปริมาณบัคเตรีในอาหารปลาชุดที่ 2 บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 4-7 แสดงปริมาณบัลต์และราในอาหารปลาชุดที่ 2 บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย