



รายงานผลการวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายที่มีประโยชน์ทางเศรษฐกิจจากน้ำเสียโรงงานผัก
และผลไม้กระป๋อง

CULTIVATION OF ECONOMIC ALGAE IN WASTE WATER FROM
VEGETABLE AND FRUIT CANNING INDUSTRY

โดย

ศิราภรณ์ ชื่นบาล รูปน ชื่นบาล



รายงานผลการวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง การเพาะเลี้ยงสาหร่ายที่มีประโยชน์ทางเศรษฐกิจจากน้ำเสียโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง
CULTIVATION OF ECONOMIC ALGAE IN WASTE WATER FROM VEGETABLE
AND FRUIT CANNING INDUSTRY

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2552

จำนวน 238,000 บาท

หัวหน้าโครงการ

นางศิวาภรณ์ ชื่นบาล

ผู้ร่วมโครงการ

นายสุปน ชื่นบาล

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

15/09/53

สารบัญเรื่อง

หน้า

สารบัญเรื่อง	
สารบัญตาราง	(ก)
สารบัญภาพ	(ข)
กิตติกรรมประกาศ	(ง)
บทคัดย่อ	1
ABSTRACT	2
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	4
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	5
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การทบทวนวรรณกรรม	6
2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสาหร่าย คลอเรลลา (<i>Chlorella</i> sp.)	12
2.3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับปลานิล (<i>Oreochromis niloticus</i> Linn.)	17
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	
3.1 อุปกรณ์และสารเคมี	22
3.2 ขอบเขตของการวิจัย	23
3.3 วิธีดำเนินการวิจัยและสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล	23
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	
4.1 ศึกษาความเข้มข้นสาหร่ายเริ่มต้นที่เหมาะสม	30
4.2 ศึกษาถึงระดับความลึกที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย	35
4.3 ศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเพื่อใช้เป็นอาหารปลา	40
4.4 การปนเปื้อนของสาหร่ายชนิดอื่นในการทดลอง	41
4.5 องค์ประกอบและคุณค่าทางโภชนาการ	43
4.6 ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงได้ไปเลี้ยงปลานิล	44

สารบัญเรื่อง(ต่อ)

	หน้า
4. 7 การประเมินผลตอบแทน	49
4.8 คุณภาพน้ำในการเพาะเลี้ยง	52
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	56
บรรณานุกรม	58
ภาคผนวก	66



สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	การศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่าย <i>Spirulina</i> sp และ <i>Chlorella</i> sp. ในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมทางการเกษตร และการเกษตรบางชนิด	8
4.1	ผลการศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งของโรงงานผักและผลไม้กระป๋องก่อนการ ทดลอง	27
4.2	สาหร่ายที่พบในน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ต่อด้วยระบบสระเติมอากาศของโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง	29
4.3	การเจริญเติบโตของสาหร่าย <i>Chlorella vulgaris</i> ที่ระดับความเข้มข้น ของสาหร่ายเริ่มต้นต่างๆ กัน	32
4.4	การเจริญเติบโตของสาหร่าย <i>Chlorella vulgaris</i> ที่ระดับความลึก 20, 30 และ 40 เซนติเมตร	35
4.5	องค์ประกอบของ <i>Chlorella vulgaris</i> ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงแบบ batch culture ด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตผักและผลไม้กระป๋อง	43
4.6	แสดงการเจริญเติบโตและผลผลิตของปลานิล	44
4.7	ต้นทุน รายได้ และผลตอบแทนการเพาะเลี้ยงปลานิลในกระชังในบ่อพัก น้ำทิ้งของโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง	50
4.8	คุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงปลานิล	53
4.9	คุณภาพของน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อน้ำทิ้งของโรงงานที่ใช้เพาะเลี้ยง ปลานิลเปรียบเทียบกับคุณภาพตามมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงาน อุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม	53

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	สาหร่ายคลอเรลลา (<i>Chlorella</i> sp.)	12
2.2	ปลานิล(<i>Oreochromis niloticus</i> Linn.)	17
4.1	สาหร่าย คลอเรลลา (<i>Chlorella vulgaris</i>)	28
4.2	หัวเชื้อตั้งต้น	28
4.3	การเจริญเติบโตของสาหร่าย <i>Chlorella vulgaris</i> ที่ระดับความเข้มข้นของสาหร่ายเริ่มต้นต่างๆ กัน แสดงด้วยค่า OD	31
4.4	การเจริญเติบโตของสาหร่าย <i>Chlorella vulgaris</i> ที่ระดับความเข้มข้นของสาหร่ายเริ่มต้นต่างๆ กัน แสดงด้วยค่าจำนวนเซลล์ของสาหร่าย	31
4.5	คุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดด้วยการเพาะเลี้ยงสาหร่าย <i>Chlorella vulgaris</i> แบบกะ (batch culture) ของน้ำทิ้งจากโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง	33
4.6	ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน ของน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดด้วยการเพาะเลี้ยงสาหร่าย <i>Chlorella vulgaris</i> แบบกะ (batch culture) ของน้ำทิ้งจากโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง	34
4.7	ปริมาณฟอสเฟต และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ของน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดด้วยการเพาะเลี้ยงสาหร่าย <i>Chlorella vulgaris</i> แบบกะ (batch culture) ของน้ำทิ้งจากโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง	34
4.8	การเจริญเติบโตของสาหร่าย <i>Chlorella vulgaris</i> ที่ระดับความลึก 20, 30 และ 40 เซนติเมตร แสดงด้วยค่า OD	36
4.9	การเจริญเติบโตของสาหร่าย <i>Chlorella vulgaris</i> ที่ระดับความลึก 20, 30 และ 40 เซนติเมตร แสดงด้วยจำนวนเซลล์	36
4.10	คุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดด้วยการเพาะเลี้ยงสาหร่าย <i>Chlorella vulgaris</i> ในระดับความลึกต่างๆ กัน ของน้ำทิ้งจากโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง	39
4.11	ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน ของน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดด้วยการเพาะเลี้ยงสาหร่าย <i>Chlorella vulgaris</i> ในระดับความลึกต่างๆ กัน ของน้ำทิ้งจากโรงงาน	39

ผักและผลไม้กระป๋อง

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.12	ปริมาณฟอสเฟต และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ของน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัด ด้วยการเพาะเลี้ยงสาหร่าย <i>Chlorella vulgaris</i> ในระดับความลึกต่างๆ กัน ของน้ำทิ้งจากโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง	40



กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความร่วมมือและความอนุเคราะห์จากหลายฝ่ายด้วยกัน ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการหลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือในห้องปฏิบัติการ ศึกษาทุกคนในห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และคณะผู้บริหารทุกท่านในบริษัทช่างออดส์ (1959) จำกัด ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัยและให้ความร่วมมือในการทำวิจัย

ขอขอบคุณสำนักวิจัยและส่งเสริมการเกษตร ที่สนับสนุนงบประมาณ ประจำปี 2552 สำหรับการวิจัยในครั้งนี้

ศิราภรณ์ ชื่นบาล
ผู้วิจัย

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายที่มีประโยชน์ทางเศรษฐกิจจากน้ำเสียโรงงานผัก และผลไม้กระป๋อง

CULTIVATION OF ECONOMIC ALGAE IN WASTE WATER FROM VEGETABLE AND FRUIT CANNING INDUSTRY

ศิราภรณ์ ชื่นบาล และ ฐปน ชื่นบาล

SIRAPORN CHEUNBARN AND TAPANA CHEUNBARN

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ เพื่อนำมาทำเป็นส่วนผสมของอาหารปลา โดยใช้น้ำทิ้งจากโรงงานผักและผลไม้กระป๋องที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศต่อยวระบบบ่อเติมอากาศ จากการศึกษาพบว่าสาหร่ายทั้งสิ้น 11 วงศ์ 15 สกุล และได้ทำการคัดเลือกสาหร่าย *Chlorella vulgaris* มาใช้ในการเพาะเลี้ยง โดยพบว่าความเข้มข้นสาหร่ายเริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงคือ 10% ระดับความลึก 20 เซนติเมตร ระยะเวลาเพาะเลี้ยง 12 วัน หลังจากการเพาะเลี้ยงพบว่าสาหร่ายมีค่า OD 0.428 จำนวนเซลล์ประมาณ 13.72×10^5 เซลล์/มิลลิลิตร คิดเป็นน้ำหนักแห้งประมาณ 0.255 ± 0.054 กรัม/ลิตร โดยมีโปรตีนร้อยละ 45.6 เปอร์เซ็นต์ เส้นใยร้อยละ 8.5 ไขมันร้อยละ 15.2 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 10.6 ของน้ำหนักแห้ง เมื่อนำสาหร่าย *Chlorella vulgaris* ที่ได้ มาเป็นส่วนผสมในอาหารสำหรับปลานิล โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ชุดการทดลองที่ 1 ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป ในขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปร่วมกับสาหร่ายในอัตรา 0.1% ของน้ำหนักปลา ทำการเลี้ยงปลานิลในกระชังในบ่อพักน้ำทิ้งของโรงงานผักและผลไม้กระป๋องเป็นเวลา 3 เดือน พบว่าน้ำหนักปลาเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลองในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 เท่ากับ 124.3 ± 5.19 กรัม และ

150±7.58 กรัมตามลำดับ มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเท่ากับ $2.16 \pm 0.006\%$ /วัน และ $2.37 \pm 0.152\%$ /วัน ตามลำดับ มีอัตราการรอดเท่ากับ $61.7 \pm 9.5\%$ และ $76.3 \pm 5.5\%$ ตามลำดับ มีอัตราการแลกเนื้อ 0.5 และ 0.44 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) พบว่า อัตราการรอดมีความแตกต่างทางสถิติ จากการวิเคราะห์ผลตอบแทนที่ได้พบว่าในชุดการทดลองที่ 1 นั้นได้กำไรเบื้องต้น 234.25 บาท ดัชนีการทำกำไร 1.17 อัตราผลตอบแทน 17.10% และ กำไร 8.76 บาทต่อกิโลกรัม ในขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 ได้กำไรเบื้องต้น 173.7 บาท ดัชนีการทำกำไร 1.08 อัตราผลตอบแทน 8% และกำไร 4.42 บาทต่อกิโลกรัม และพบว่า คุณภาพของน้ำในบ่อเพาะเลี้ยง ไม่เกินค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดและคุณภาพตามมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงาน



ABSTRACT

In this study, suitable conditions for cultivating economic algae as fish feed from vegetable and fruit canning industry effluent and treated with anaerobic digester followed by aerated lagoon, were investigated. Algae from eleven families and fifteen genera algae were found, from which *Chlorella vulgaris* was selected and cultivated. Results showed that initial concentration suitable for algae cultivation were 10% stock solution in 20 cm depth during 12 days of culture. After cultivation, *Chlorella vulgaris* had a value of OD₅₆₀ at 0.428 with cell density measured at 13.2×10^5 cells/ml, and biomass at 255 ± 80.55 mg/L. Further results showed that protein content was 45.6%, cure fiber content was 8.5 and lipid content was 15.2% while carbohydrate content was 10.6% of dry weight. When the selected *Chlorella vulgaris* was used as feed additive, the study was divided into two treatments with 3 replications each. Treatment 1 consisted of commercial fish feed while Treatment 2 was comprised of commercial fish feed mixed with dry *Chlorella vulgaris* at 0.1% of fish weight. Fish were cultivated in cages for 3 months in a vegetable and fruit canning effluent pond. At the end of experiment, results showed that average total biomass increase in Treatment 1 and 2 were at 124 ± 5.19 g and 150.0 ± 7.58 g, respectively, while average specific growth rates were 2.16 ± 0.006 %/d and 2.37 ± 0.152 %/d, respectively. Average survivals rates were $61.7 \pm 9.5\%$ and $76.3 \pm 5.5\%$, respectively and FCR were 0.5 and 0.44, respectively. Survival rates were significant at $P < 0.05$. From the profitability analysis, Treatment 1 gave a total benefit of 234.25 baht, PI at 1.17, rate of return at 17.10 and benefit at 8.76 baht/kg fish weight. On the other hand, Treatment 2 gave a total benefit of 173.7 baht, PI at 1.08, rate of return at 8 and benefit of 4.42 baht/kg fish weight. However, water quality was lower than allowable standard for fish farming and industry effluence.

บทที่ 1

บทนำ

1. 1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

การส่งออกผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ซึ่งได้แก่ผักและผลไม้กระป๋อง สามารถทำรายได้เข้าประเทศได้ปีละหลายพันล้านบาท โดยมีการส่งออกไปในหลายประเทศ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา สหภาพยุโรป และญี่ปุ่น เป็นต้น และการส่งออกมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นในทุกปี ทำให้มีการขยายกำลังผลิตเพิ่มมากขึ้นในแต่ละปี จึงนับได้ว่าเป็นนิมิตรหมายอันดีต่อเกษตรกรและผู้ผลิตในประเทศไทย อย่างไรก็ตามพบว่าขบวนการผลิตนั้นทำให้เกิดปัญหาน้ำเสีย ซึ่งเกิดจากขบวนการล้าง การทำความสะอาดและจากขบวนการผลิต โดยที่น้ำเสียที่เกิดขึ้นจากขบวนการเหล่านี้มักไม่ได้รับการบำบัดอย่างถูกต้อง ทำให้เกิดการหมักหมมและเน่าเสีย ส่งกลิ่นเหม็นรบกวนชุมชนที่อยู่ใกล้เคียง นำมาซึ่งปัญหาความขัดแย้งของชุมชนที่อยู่โดยรอบ รวมไปถึงปัญหาเกี่ยวกับสุขภาพของทั้งคนงานและชุมชนอีกด้วย ดังนั้นการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในการบำบัดน้ำเสียของโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง จึงเป็นปัญหาที่ควรได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน

หลังจากในช่วงปีแรกที่ได้ทำการศึกษาและคัดเลือกสายพันธุ์ของสาหร่าย โดยเน้นให้เป็นสายพันธุ์ดั้งเดิมที่มีอยู่ในบ่อพักน้ำทิ้งของโรงงาน ทำให้ได้สายพันธุ์สาหร่ายที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตในสภาพน้ำทิ้งจากโรงงานผักและผลไม้กระป๋องที่เป็นสาหร่ายที่มีประโยชน์และคุณค่าทางเศรษฐกิจ ในช่วงปีที่สอง จึงเน้นความเป็นไปได้ในการนำเอาสาหร่ายที่ทำการเพาะเลี้ยงได้นี้ไปใช้ประโยชน์ได้จริงในโรงงานต้นแบบ โดยศึกษาถึงสภาวะที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยง รวมไปถึงการนำสาหร่ายที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเหล่านี้มาเลี้ยงปลา ซึ่งถือว่าเป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจประเภทหนึ่ง เพื่อลดต้นทุนการเลี้ยงปลา พร้อมทั้งเป็นแนวทางในการใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดของโรงงานให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยการศึกษาในครั้งนี้ได้รับความร่วมมือจากโรงงานช้างออดส์ (1959) จำกัด ซึ่งเป็นโรงงานผลิตผักและผลไม้กระป๋อง เพื่อการส่งออก ตั้งอยู่ อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อใช้เป็นสถานที่ศึกษา โดยเป็นโรงงานต้นแบบอนุเคราะห์ให้น้ำตัวอย่าง และพื้นที่บริเวณบ่อพักน้ำทิ้ง โดยความรู้ที่ได้นี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์และประสิทธิภาพในต่อการบำบัดน้ำทิ้งของโรงงาน โดยการนำน้ำทิ้งเหล่านี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ และยังเป็นการลดความขัดแย้งระหว่างชุมชนและผู้ประกอบการได้อีกทางหนึ่งด้วย อีกทั้งมีผลดีต่อการส่งออก เนื่องจากมาตรฐานของโรงงานที่ดีขึ้น รวมทั้งเป็นการเริ่มต้นที่ดีในการจัดทำระบบ ISO 14000 ต่อไปในอนาคต นอกจากนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในโรงงานผักและ

ผลไม้กระป๋องอื่นๆ หรือในโรงงานผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร อื่นๆ ที่มีคุณลักษณะของน้ำทิ้งใกล้เคียงกันได้ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อทำการคัดแยกและจัดจำแนกสาหร่ายในน้ำเสียของโรงงานผักและผลไม้กระป๋องเพื่อให้ได้สาหร่ายที่มีความบริสุทธิ์
2. ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำสาหร่ายที่คัดแยกได้ ที่มีประโยชน์ มาทำการเพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งจากขบวนการผลิตของโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง
3. เพื่อศึกษาแนวทางในการเพาะเลี้ยงปลานิลในบ่อน้ำทิ้งจากโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง โดยใช้สาหร่ายที่เพาะเลี้ยงจากน้ำทิ้งของโรงงานผักและผลไม้กระป๋องเป็นอาหารเสริม

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมการแปรรูปผลิตผลทางเกษตรกรรมประเภทผักและผลไม้กระป๋องให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น โดยสามารถนำไปเพิ่มเติมหรือต่อจากระบบอื่นๆ ที่มีอยู่แล้ว ทั้งในระบบที่ใช้ออกซิเจนและแบบไร้อากาศ เพื่อให้มีน้ำทิ้งมีคุณภาพที่ดีขึ้น
2. สามารถพัฒนาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายที่มีประโยชน์ที่ได้เพื่อเป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็ก โดยใช้น้ำเสียจากขบวนการผลิตให้เกิดประโยชน์สูงสุด
3. เพื่อใช้เป็นแนวทางแก้ปัญหา น้ำทิ้งจากขบวนการผลิตที่ยังไม่ได้มาตรฐานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร หรือโรงงานแปรรูปผลิตผลทางการเกษตร อื่นๆ ที่มีน้ำทิ้งมีมีคุณลักษณะคล้ายกัน
4. สามารถลดความขัดแย้งระหว่างชุมชนบริเวณใกล้เคียงและผู้ประกอบการในเรื่องของกลิ่นเหม็นที่รบกวน
5. ทำให้สุขภาพอนามัยของชุมชนและคนงานในโรงงานดีขึ้น รวมไปถึงสภาวะแวดล้อมในการทำงานดีขึ้นเนื่องจากกลิ่นรบกวนที่น้อยลง
6. สามารถใช้บ่อพักน้ำทิ้งและน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารในการเพาะเลี้ยงปลานิล ซึ่งเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่สำคัญ

บทที่ 2

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การทบทวนวรรณกรรม

น้ำทิ้งที่ผ่านขบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมหลายชนิดที่ยังมีปริมาณของสารอินทรีย์หรือสารอาหารปนเปื้อนอยู่เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร ทำให้น้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง และมีขั้นตอนที่ยุ่งยาก เพื่อให้ได้น้ำทิ้งที่ได้มาตรฐาน ก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ หรือไม่เช่นนั้น การปล่อยน้ำทิ้งที่ไม่ได้มาตรฐาน จะทำให้คุณภาพของแหล่งน้ำ และสภาพแวดล้อมเสื่อมโทรมลงได้ เนื่องจากน้ำทิ้งเหล่านี้มีธาตุอาหารมาก อย่างไรก็ตามพบว่าในน้ำทิ้งเหล่านี้มีศักยภาพที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ เนื่องจากน้ำที่มีธาตุอาหารเหล่านี้มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายและพืชน้ำบางชนิด ดังนั้นจึงสามารถนำน้ำทิ้งเหล่านี้มาใช้เพาะเลี้ยงสาหร่ายที่มีประโยชน์และมีคุณค่าทางเศรษฐกิจได้ และยังสามารถทำให้น้ำสะอาดได้อีกทางหนึ่งด้วย โดยใช้หลักการของ algae pond ซึ่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสียชนิดหนึ่งที่มีการเลี้ยงสาหร่ายโดยอาศัยหลักการอยู่ร่วมกันของสาหร่ายและแบคทีเรีย โดยปฏิกิริยาทางชีววิทยาในระบบเกิดจากแบคทีเรียย่อยสลายสารอินทรีย์และสารอาหารในน้ำเสีย และกลับเข้าสู่สาหร่ายโดยขบวนการสังเคราะห์แสง ดังนั้นน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์สูงๆ จะถูกบำบัดโดยสาหร่ายด้วยกระบวนการดังกล่าว และได้ปริมาณที่เพิ่มขึ้นของสาหร่ายเป็นการตอบแทน ดังสมการ



ซึ่งถ้าสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงเป็นสาหร่ายที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ มีสารอาหารที่เป็นประโยชน์และโปรตีนสูงจะถูกแยกออกมาใช้สำหรับเป็นอาหารสัตว์ได้ เช่น *Spirulina* sp (ภานุ, 2545)., *Oscillatoria* sp.(วิพัฒน์, 2523) และ *Chlorella* sp.(Rodulfo et al, 1983) และ *Scendesmus* sp เป็นต้น ซึ่งสาหร่ายเหล่านี้มีโปรตีนและธาตุอาหารค่อนข้างสูง ทำให้ได้รับความสนใจและมีการเพาะเลี้ยงในหลายพื้นที่ด้วยกัน

โรงงานอุตสาหกรรมประเภทโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง มีอยู่เป็นจำนวนมากในภาคเหนือของประเทศไทย ซึ่งส่วนมากจะมีระบบบำบัดน้ำเสียทั้งแบบใช้ออกซิเจนและแบบไร้อากาศ น้ำที่ผ่านระบบเหล่านี้ในบางครั้งยังต้องไปผ่านระบบอื่นๆอีกเพื่อให้ได้คุณภาพตาม

มาตรฐานก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ เช่นบึงประดิษฐ์ หรือบ่อเติมอากาศ ดังนั้นการนำน้ำที่ออกจากระบบเหล่านี้ทำการเพาะเลี้ยงสาหร่าย โดยเฉพาะสาหร่ายดั้งเดิมที่พบในระบบอยู่แล้วและที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ ก็จะทำให้ลดต้นทุนการบำบัดน้ำทิ้ง และได้สาหร่ายที่มีคุณภาพเป็นผลพลอยได้ นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารส่วนมากมีคุณภาพใกล้เคียงกับคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลานิลแบบบ่อดิน ที่มักมีการเติมมูลสัตว์เพื่อการทำน้ำเขียว ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับลักษณะทางชีววิทยาของปลานิลที่เป็นปลากินพืชนั้น ดังนั้นจึงสามารถประยุกต์ใช้สาหร่ายที่ได้จากการเพาะเลี้ยงมาเป็นอาหารเสริมสำหรับปลานิลแทนที่การใส่มูลสัตว์ได้ ซึ่งจะเป็นข้อได้เปรียบในการลดต้นทุนการผลิตปลานิลด้านค่าอาหารสัตว์น้ำอีกทางหนึ่งด้วย

ด้วยสภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงกันระหว่างระบบเลี้ยงปลานิลแบบบ่อดินกับระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ของโรงงานอุตสาหกรรมอาหารนั้น จึงมีโอกาที่จะพัฒนาบ่อบำบัดน้ำทิ้งมาใช้ประโยชน์เพื่อเป็นแหล่งผลิตสัตว์น้ำเศรษฐกิจ นอกเหนือไปจากการใช้เพื่อบำบัดน้ำเสียเพียงอย่างเดียว

ลักษณะการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขึ้นอยู่กับ การนำผลผลิตที่ได้มาใช้ประโยชน์ เช่น การเลี้ยงเพื่อเป็นอาหารเสริมของมนุษย์ ซึ่งผลผลิตที่ได้จะสะอาด บริสุทธิ์ไม่มีสิ่งเจือปน แต่วิธีนี้จะใช้ต้นทุนในการเพาะเลี้ยงสูง เนื่องจากสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบในอาหารมีราคาแพง และการนำเซลล์ที่ได้ไปใช้สกัดสารที่มีประโยชน์ เช่น รงควัตถุพวก แคโรทีนอยด์ โดยเฉพาะเบต้า-แคโรทีน และรงควัตถุพวกไฟโคไซยานิน หรือกรดไขมัน GLA เป็นวิธีที่จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีระดับสูง ดังนั้นจึงทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงตามไปด้วย แต่ในการนำสาหร่ายมาใช้เพื่อเป็นอาหารสัตว์นั้นไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงความสะอาดมากนัก จึงสามารถใช้มูลสัตว์ น้ำหมักผักต่างๆ หรือของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภทมาใช้ในการเพาะเลี้ยงได้ ซึ่งผลผลิตที่ได้มีคุณค่าทางโภชนาการที่ครบถ้วน และยังสามารถลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำลงด้วย

สาหร่ายหลายชนิดที่ง่ายต่อการเพาะเลี้ยง โดยเฉพาะสาหร่ายดั้งเดิมที่มีอยู่ทั่วไปในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากน้ำทิ้งจากขบวนการผลิตมักมีสารอินทรีย์อยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งมีสารอาหารที่อุดมสมบูรณ์ เกือบครบถ้วนเท่าที่สาหร่ายต้องการ จึงได้มีผู้ทำการศึกษาวิจัยเพาะเลี้ยงสาหร่ายในน้ำทิ้งประเภทต่างๆ (ตารางที่ 2.1) เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการบำบัดน้ำเสีย และได้ผลผลิตเป็นสาหร่ายเป็นผลพลอยได้ ซึ่งสามารถนำไปเป็นอาหารเสริมในการเลี้ยงสัตว์ได้อีกทางหนึ่งด้วย

ตารางที่ 2.1 การศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp และ *Chlorella* sp. ในน้ำทิ้งจาก
โรงงานอุตสาหกรรมทางการเกษตร และการเกษตรบางชนิด

ลักษณะน้ำทิ้ง	ผู้วิจัย
<i>Spirulina</i> sp	
น้ำทิ้งโรงงานแปรงมันสำปะหลัง	นฤมล และคณะ (2528), เพ็ญจันทร์และคณะ (2534)
น้ำทิ้งจากกองปลาสด	สุชาติ (2531)
น้ำกากส่าเหล้า	วิลาสสินี (2532)ม นิคม (2533) ยุกดีและคณะ (2535)
น้ำทิ้งจากโรงงานฆ่าไก่	สุขใจและนวลพรรณ (2530)
น้ำทิ้งจากโรงงานขนมจีน	สุวิมล (2536), จีระพรรณและคณะ (2540)
น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตเส้นหมี่ก้วยเดียว	จีระพรรณ (2536)
<i>Chlorella</i> sp	
น้ำเสียจากฟาร์มสุกร	วิฑูรธรรม (2544)
น้ำเสียจากฟาร์มสุกร	Rodulfo <i>et al.</i> (1983), ภรณ์และคณะ(2543)
น้ำเสียจากมูลสัตว์	ทวีศักดิ์ (2540)

ดัดแปลงจาก สรวีศ (2543)

สาหร่ายและการบำบัดน้ำทิ้ง

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสามารถทำให้น้ำทิ้งมีคุณภาพที่ดีขึ้น เนื่องจากสารอาหารต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำทิ้งได้ถูกไปในการสร้างเซลล์ใหม่ โดยเฉพาะไนโตรเจนและฟอสเฟต โดย ทศพร (2529) ได้ศึกษาการบำบัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชนโดยใช้สาหร่าย พบว่าสาหร่าย *Ulothrix* sp. 81 ซึ่งเป็นสาหร่ายที่สามารถเจริญได้ดีในน้ำทิ้งที่มี pH 7.0 – 8.0 และเจริญได้ในอาหารที่มีไนโตรเจนเป็นแหล่งไนโตรเจนได้ดีกว่าอาหารที่มีแอมโมเนียและยูเรียเป็นแหล่งไนโตรเจน สาหร่ายชนิดนี้มีความสามารถในการตกตะกอนได้ดีตั้งแต่เวลา 15 นาทีขึ้นไป จากการเลี้ยง *Ulothrix* sp. 81 เพื่อใช้บำบัดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำทิ้ง ชุมชนที่ผ่านการ

บำบัดขั้นที่สอง โดยการเลี้ยงเซลล์แบบเบตส์ (batch system) พบว่า สามารถบำบัดไนโตรเจนได้สูงสุดร้อยละ 72.17 ในเวลา 10 วัน โดยมีการบำบัดแอมโมเนียไนโตรเจน ไนไตรท์ไนโตรเจน และไนเตรทไนโตรเจน ได้ร้อยละ 68.21, 54.54 และ 59.73 ตามลำดับ สามารถบำบัดฟอสฟอรัสได้สูงสุดร้อยละ 34.24 ในเวลา 12 วัน และทำการเลี้ยงแบบระบบต่อเนื่อง (continuous system) ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสนั้น น้ำทิ้งที่ไหลเข้าสู่ระบบบำบัดที่อัตราการไหลของน้ำต่ำ จะถูกบำบัดได้มากกว่าน้ำทิ้งที่มีอัตราการไหลของน้ำทิ้งสูง ($2 > 4 > 8$ ลิตรต่อวัน) โดยสามารถลดแอมโมเนียไนโตรเจน ไนไตรท์ไนโตรเจน และไนเตรทไนโตรเจนร้อยละ 52.74, 26.59 และ 5.79 ตามลำดับ ปริมาณฟอสฟอรัสของน้ำทิ้งถูกบำบัดร้อยละ 41.20, 21.49 และ 4.77 ตามลำดับ ซึ่ง ภรณ์ และคณะ (2543) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของสาหร่ายสีเขียว *Chlorella spp.* ในการลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียจากฟาร์มสุกร ผลการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพของสาหร่ายในการลดปริมาณสารอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจะมีประสิทธิภาพสูงสุดในวันที่ 8 และน้ำเสียที่ถูกเจือจาง 5 เท่า ที่ความหนาแน่นสาหร่ายเริ่มต้น 3×10^7 และ 6×10^7 หน่วย/มิลลิกรัมมีปริมาณ COD ลดลงร้อยละ 58.81 และ 67.47 ที่ระยะเวลาการกักเก็บ 4 วัน และมีปริมาณ COD ลดลงร้อยละ 63.55 และ 70.87 ที่ระยะเวลาการกักเก็บ 8 วัน ตามลำดับ และเมื่อมีการเพาะเลี้ยง *Chlorella spp.* ร่วมกับแบคทีเรียโดยใช้ น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตนมถั่วเหลือง พบว่าสาหร่ายและแบคทีเรียเจริญร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัยกัน (Symbiosis) สามารถบำบัดน้ำเสียร่วมกันให้มีคุณภาพดีขึ้นภายใน 2 วัน ลดค่า BOD ได้ถึงร้อยละ 95 จาก BOD เริ่มต้น 4,144 มิลลิกรัมต่อลิตร สาหร่ายสามารถใช้ไนโตรเจนในน้ำทิ้งได้ดี ในวันที่ 3 ซึ่งเป็นวันที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวสาหร่าย พบว่า ลดปริมาณ BOD ได้ร้อยละ 97 และเพิ่มปริมาณโปรตีนของสาหร่ายร้อยละ 48 Przytocka *et al.* (1984) ศึกษาการบำบัดน้ำทิ้ง ที่มีไนโตรเจนปริมาณสูงในรูปของไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนีย โดยอาศัยระบบร่วมกันระหว่างดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) และการเลี้ยงสาหร่าย พบว่า ในขบวนการดีไนตริฟิเคชันซึ่งเป็นแบบ Anaerobic Packed Bed Reactor สามารถบำบัดไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของไนไตรท์และไนเตรทจากน้ำทิ้งซึ่งมีเมทานอลและฟอสฟอรัสอยู่ด้วยในปริมาณสูง ในขบวนการใช้สาหร่ายนั้นพบว่า *Chlorella sp.* สามารถบำบัดแอมโมเนียได้ วิธีทั้งสองขั้นตอนสามารถลดปริมาณไนโตรเจนได้ร้อยละ 94.0-99.9 แต่วิธีการบำบัดนี้จะถูกจำกัดในเรื่องของความเข้มข้นแอมโมเนีย ซึ่งไม่ควรมีระดับเกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

สาหร่ายอีกชนิดหนึ่งที่นิยมเพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งที่มีสารอินทรีย์สูงได้แก่ สาหร่าย *Spirulina sp.* สุชาติ (2531) ได้ศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina sp.* ในน้ำทิ้งจากกองปัสสาวะจาก

โรงงานผลิตปลาป่น ผลการทดลองเบื้องต้นโดยใช้สูตรอาหาร Zarrouk เป็นหลักพบว่าสามารถใช้น้ำจากกองพลาสติกทดแทนไนโตรเจนทั้งหมดและทดแทนธาตุคาร์บอนบางส่วน ทั้งยังสามารถลดค่า COD ของน้ำจากกองพลาสติกลดลงถึงร้อยละ 81.50 ลดแอมโมเนียร้อยละ 42-96 ซึ่งก็ได้ประโยชน์ 2 ทาง คือ ลดต้นทุนการผลิตและช่วยบำบัดน้ำเสียจากโรงงานปลาป่นให้มีคุณภาพดีก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ Lyon and Elkins (1981) นำสาหร่ายสไปรูลินา มาทดลองบำบัดน้ำเสียชุมชนที่ผ่านการบำบัดขั้นที่สามจากระบบบำบัด มาเพาะเลี้ยงในบ่อกลางแจ้ง ขนาด 5,600 ลิตร ติดตั้งเครื่องกวนขนาด 0.5 แรงม้า วิเคราะห์ค่าความขุ่น ของแข็งแขวนลอย บีโอดี ทีเคเอ็น ออร์โทฟอสเฟต และฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ 79.00, 186.00, 159.00, 33.18, 7.27 และ 8.76 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าสาหร่ายสไปรูลินามีประสิทธิภาพการบำบัดค่าความขุ่น ของแข็งแขวนลอย บีโอดี ทีเคเอ็น ออร์โทฟอสเฟต และฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 82.00, 85.00, 82.00, 46.00, 98.00 และ 89.00 ตามลำดับ

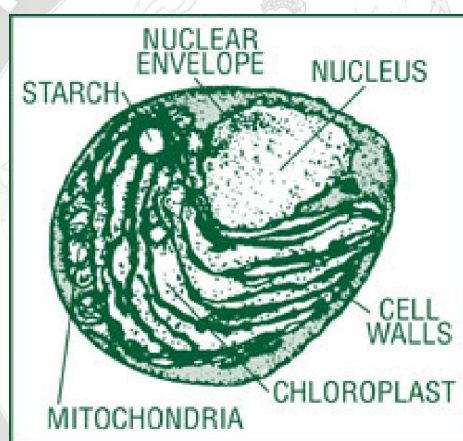
นอกจากสาหร่าย *Spirulina* sp และ *Chlorella* sp. ที่เป็นที่นิยมในการเพาะเลี้ยงแล้ว ยังมีสาหร่ายชนิดอื่นๆ ที่ได้มีการศึกษาและทำการเพาะเลี้ยงอีก เช่น Lavoie and De La Noue (1985) ใช้สาหร่าย *Scenedesmus obliquus*. ในการบำบัดขั้นที่สามของการบำบัดน้ำเสียชุมชน โดยใช้ความหนาแน่นเริ่มต้นของสาหร่ายต่างกัน (0.10 – 0.20 กรัมในรูปน้ำหนักแห้ง) เก็บตัวอย่างทุกครึ่งชั่วโมง เป็นเวลา 5 ชั่วโมง โดยการกรองสาหร่ายผ่านกระดาษกรอง Whatman GF/C (ขนาดประมาณ 1.2 ไมครอน) พบว่าประสิทธิภาพการลดปริมาณฟอสเฟตมีค่าเฉลี่ยและค่าสูงสุดเท่ากับร้อยละ 75.00 และ 90.00 ตามลำดับ สำหรับประสิทธิภาพการลดแอมโมเนียไนโตรเจนพบว่ามีความสัมพันธ์กับค่าเท่ากับร้อยละ 85.00 สามารถสรุปความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการบำบัดกับความหนาแน่นของสาหร่ายได้ว่า ถ้าความหนาแน่นของสาหร่ายเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพการลดค่าแอมโมเนียไนโตรเจนเพิ่มขึ้นด้วยแต่ประสิทธิภาพการลดฟอสเฟตลดลง เนื่องจากเกิดภาวะการขาดแคลนไนโตรเจน และการบังแสงซึ่งกันและกันของเซลล์สาหร่าย ทำให้สาหร่ายตายลงและปล่อยฟอสเฟตออกมา ดังนั้นการใช้ความหนาแน่นเริ่มต้นของสาหร่ายที่ต่ำกว่าจะมี ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสเฟตที่ดีกว่า นอกจากความสามารถในการบำบัดสารอินทรีย์แล้วสาหร่ายยังสามารถนำไปใช้เป็นตัวดูดซับโลหะต่าง ๆ Bioabsorbent ได้อีกด้วย Prerna et al. (1998) รายงานว่า สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว สายพันธุ์ *Oscillatoria auguistissima* มีศักยภาพสูงในการดูดซับ Zn^{2+} ถึง 641 mg ต่อกรัม น้ำหนักเซลล์แห้ง เมื่อเปรียบเทียบกับ Ion – Exchange Resin IRA – 400 C ที่มีขายอยู่ และมีการดูดซับที่รวดเร็วซึ่งขึ้นอยู่กับค่าของ pH เริ่มต้นแต่ไม่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ

คุณประโยชน์ของสาหร่ายต่อการเป็นอาหารสัตว์

จากการศึกษาพบว่าการใช้สาหร่ายแห้งเป็นส่วนผสมอาหารสัตว์จะทำให้สัตว์มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นในสัตว์ปีกพวกเป็ด ไก่ โดยจะทำให้ไขตกและไข่แดงมีสีที่นํารับประทานเนื่องจากแคโรทีนจะถูกเปลี่ยนเป็นวิตามินเอ มีการนำสาหร่ายไปทดลองเลี้ยงลูกไก่พบว่า อัตราการตายมีน้อยลง (สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, 2530) เมื่อทำการผสมลงในอาหารสำหรับเลี้ยงนกกระทาที่มีอายุตั้งแต่ 1 วันจนถึง 11 สัปดาห์ พบว่าสีของไข่แดงจะมีสีเข้มขึ้นตามปริมาณของสาหร่ายที่ใช้ผสมในอาหาร (โสภาส, 2533) เมื่อทำการเสริมสาหร่ายสไปรูลินาในอาหารสุกรเล็ก (น้ำหนัก 20-30 กิโลกรัม) พบว่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (กก.) ของการเสริมที่ 0, 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 0.61, 0.63, 0.66 และ 0.60 ตามลำดับ ในระยะการทดลอง 7 วัน (วิชาภรณ์, 2543) และเมื่อมีการเสริมสาหร่ายที่ได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยน้ำเสียหรือน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ผสมลงในอาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงสัตว์ จะเป็นการช่วยเพิ่มสารอาหารและเป็นการลดต้นทุนการผลิตในเรื่องของอาหารเสริมอีกด้วย สุริวรรณ (2536) ใช้สาหร่ายที่ได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยน้ำเสียมาใช้ผสมในอาหารแกละ พบว่าสามารถใช้ทดแทนการถั่วเหลืองได้เป็นอย่างดี นอกจากสัตว์บกแล้วในด้านสัตว์น้ำพบว่าสามารถนำไปเพาะเลี้ยงปลาและกุ้งได้เป็นอย่างดี เมื่อนำไปเป็นส่วนประกอบของอาหารปลาในการเพาะเลี้ยงปลา Bigmouth buffalo (*Ictiobus cyprinellus*) และปลา Blue tilapia (*Tilapia aurea*) พบว่าปลาทั้งสองชนิดเจริญเติบโตได้ดีมาก แต่เมื่อลดปริมาณของสาหร่ายลงอัตราการเจริญเติบโตของปลาทั้งสองชนิดจะลดลงด้วย (Stanly and Jones, 1976) ในขณะที่ Nakamura (1982) พบว่าสาหร่าย *Spirulina platensis* ในรูปแช่แข็งและเป็นผง มีคุณสมบัติเหมาะสมในการอนุบาลลูกปลามาก เนื่องจากมีขนาดเล็กและย่อยง่าย ทำให้อัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้น ปลาเจริญถึงระยะเจริญพันธุ์เร็วขึ้น ทำให้ปลามีน้ำหนักตัวที่ดีและยังมีสารบางตัวที่ทำให้ปลามีสีสดขึ้นอีกด้วย (สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, 2530) เมื่อผสมอาหารเลี้ยงปลาดูๆพบว่า หากผสมสาหร่ายสดในอาหารมากกว่า 5% ขึ้นไป จะทำให้เนื้อปลามีสีเข้มขึ้นตามปริมาณสาหร่ายที่ใส่และระยะเวลาที่เลี้ยง (บานชื่น, 2532) และเมื่อนำสาหร่ายไปเลี้ยงปลาทองโดยใช้สูตรอาหารต่างๆกันพบว่าอาหารปลาที่ผสมสาหร่ายสไปรูลินา และสาหร่ายสไปรูลินาล้วนๆนั้นทำให้ปลามีอัตราการรอดตาย น้ำหนัก และมีสีสดดีกว่าในสูตรอาหารปลาเพียงอย่าง

เดียว (เพ็ญรัตน์, 2545) เมื่อทำการทดลองในปลาแพนซีคาร์ พบว่าอาหารที่ผสมสาหร่ายสไปรูลิना ทำให้ปลามีสีสวยงาม เพิ่มอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอด เช่นเดียวกันและเมื่อนำไปใช้เป็นอาหารโปรตีนสำหรับกุ้งจะช่วยในการเสริมสร้างความแข็งแรงของระบบภูมิคุ้มกันในตัวกุ้ง ทำให้อวัยวะสร้างเม็ดเลือดมีความอุดมสมบูรณ์ ผลิตเม็ดเลือดออกมาสู่ระบบหมุนเวียนโลหิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยในการทำงานของระบบทางเดินอาหารให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ช่วยในการกำจัดสารพิษและยาปฏิชีวนะต่างๆออกจากร่างกายกุ้งได้ดี และยังพบว่าสาหร่ายสไปรูลิनाมีกรดไขมันที่มีความจำเป็นต่อการเสริมสร้างเซลล์ตับและตับอ่อนของกุ้ง และช่วยลดความเครียดของกุ้งได้เนื่องจากมีสารต้านอนุมูลอิสระประสิทธิภาพสูงอยู่

2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสาหร่าย คลอเรลลา (*Chlorella* sp.)



ภาพที่ 2.1 สาหร่ายคลอเรลลา (*Chlorella* sp.)

ที่มา: <http://diamalhotra.blogspot.com/2010/06/algae-algae-are-diverse-group-of-simple.html>

อนุกรมวิธานของสาหร่ายคลอเรลลา

Kingdom Plantae

Division Chlorophyta

Class Trebouxiophyceae

Order Chlorellales

Family Chlorellaceae

Genues *Chlorella*

คลอเรลลา (*Chlorella* sp.) เป็นสาหร่ายสีเขียวที่มีชื่อ มาจากภาษากรีกคือคำว่า chloros ซึ่งแปลว่าสีเขียว และจากภาษาละติน ella ซึ่งแปลว่าเล็ก สาหร่ายชนิดนี้ มีลักษณะเป็นเซลล์เดี่ยวที่มีขนาดเล็ก โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2-10 μm ไม่มี Flagella รูปร่างกลมหรือรีผนังค่อนข้างบาง มีรงควัตถุที่ช่วยสังเคราะห์แสงคือคลอโรฟิลล์ A และ B โดยจะอยู่ในคลอโรพลาสต์ซึ่งมีลักษณะเป็นเป็นรูปถ้วยหรือเป็นแผ่นอยู่ริมเซลล์ สืบพันธุ์โดยไม่อาศัยเพศโดยการสร้างออโตสปอร์ (autospore) มีจำนวน 4,8 หรือ 16 สาหร่ายชนิดนี้พบทั้งในน้ำจืดและน้ำเค็ม เจริญเติบโตง่าย และมีโปรตีนสูง 40-50 %

สรีรวิทยาของสาหร่าย *Chlorella*

เป็นสาหร่ายที่มีระบบกระบวนการสังเคราะห์แสงคล้ายคลึงกับกลุ่มของพืชดอก ด้วยเหตุนี้ทำให้สาหร่าย *Chlorella* กลายเป็นสิ่งสำคัญในการศึกษาวิจัยทางสรีรวิทยาในเรื่องของคลอโรพิลล์ กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และการหายใจ เพราะสามารถเจริญเติบโตได้ง่ายและรวดเร็วภายใต้ภาวะที่ไม่ต้องควบคุม Otto Warburg นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันได้ศึกษาทดลองเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของสาหร่ายเป็นครั้งแรกในปี 1919 นับตั้งแต่นักวิทยาศาสตร์คนอื่นๆ ได้หลีกเลี่ยงการศึกษากลุ่มรงควัตถุที่เกี่ยวข้องในการกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงซึ่งมีความซับซ้อนที่บริเวณใบพืช โดย Otto Warburg ได้ศึกษาในสาหร่ายแทนโดยมีเหตุผลดังนี้

- 1.สาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้ง่ายในสภาวะแวดล้อมที่หลากหลาย
- 2.รงควัตถุที่เป็นคลอโรพิลล์ในสาหร่ายคล้ายคลึงกับกลุ่มพืชสีเขียว
3. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเมื่อยังอายุน้อยๆ มันจะให้โปรตีนในปริมาณสูง แต่เมื่อพอมันอายุมากขึ้นจะให้ไขมันและคาร์โบไฮเดรตในเปอร์เซ็นต์ที่สูงขึ้น

สารอาหารหลักที่มีบทบาทสำคัญในสาหร่าย *Chlorella* ขึ้นกับปัจจัย 2 อย่างคือ มีโปรตีนที่สูงมากและประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายในสัดส่วนเท่ากับพืชสีเขียว ด้วยเหตุนี้เองทำให้สาหร่าย *Chlorella* จึงเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของมนุษย์ ซึ่งมีการศึกษากันอย่างจริงจัง

สาหร่ายบางชนิดจะเป็นพวกที่ดำรงชีวิตแบบภาวะย่อยสลาย (ในสาหร่ายกลุ่มนี้มักจะไม่พบคลอโรฟิลล์) ซึ่งพบในบริเวณท่อน้ำทิ้งและน้ำที่ไหลซึมตามต้นไม้ต่างๆ ส่วนมากจะเจริญเติบโตเร็วเมื่อมีการเพาะเลี้ยงในห้องทดลอง Chodat (1913) พบว่ามันสามารถเจริญได้ในอาหารวุ้นซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส Muenscher (1923) รายงานว่าการสังเคราะห์โปรตีนในสาหร่าย *Chlorella* จะเกิดเมื่อมีแสงและมีการใช้ธาตุไนโตรเจนด้วย Beijerinck (1904) พบว่า *C. variegata* สามารถเจริญได้ในอาหารวุ้นซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสและมีการฟอกสีทำให้กลายเป็นสีขาว เซลล์ที่มีสีขาวนั้นยังคงไม่มีสีต่อไปประมาณ 30 ปี สาหร่ายที่มีสีเขียวปกติจะเกิดขึ้นอีกครั้งจากเซลล์ที่ไม่มีสีจะถูกย้ายไปที่อาหารวุ้นที่ไม่มีกลูโคส Chapman รายงานว่าการเกิดการแปรผันในสาหร่าย *Chlorella* ดังกล่าวทำให้มีการเพาะเลี้ยงอย่างบริสุทธิ์ เมื่อเจริญในที่ที่มีแสง เซลล์ที่ผลิตอาหารในที่มืดจะมีขนาดเล็กและมีสีเข้มแต่มีความไวในการสังเคราะห์แสงมากกว่าเซลล์อื่นๆ dark cells จะเพิ่มจำนวนได้โดยการแบ่งตัวจาก dark cells โดยจะเจริญภายใต้ในภาวะที่มีแสงเพื่อผลิต light cells ซึ่งเป็นเซลล์ที่มีขนาดใหญ่แต่มีคลอโรฟิลล์ต่ำ จึงมีความไวในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงน้อยกว่า dark cells

วิวัฒนาการที่สำคัญของสาหร่าย *Chlorella* จะเริ่มต้นจากเซลล์เดี่ยวซึ่งไม่เคลื่อนที่มีลักษณะที่เรียกว่าเป็น tetrasporine line ซึ่งวิวัฒนาการต่อมาเป็น thallus ในสาหร่าย การวิวัฒนาการดังกล่าวมีความเกี่ยวข้องกับการสูญเสียความสามารถในการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต เซลล์เดี่ยวที่เป็นบรรพบุรุษของสาหร่ายนี้ เช่น *Chlamydomonas* ซึ่งไม่มี flagella กลายมาเป็นจุดเริ่มต้นของ non-motile unicells ดังเช่น สาหร่าย *Chlorella* การแบ่งตัวแบบซ้ำๆ ของ non-motile cell และเซลล์ลูก ทำให้เกิดการฟอร์มเป็นเส้นหรือเห็นเป็นสายของเซลล์ที่เรียกว่า ฟิลาเมนต์ โดยเส้นนี้จะมีรูปแบบการแตกแขนงที่แตกต่างออกไปตามสายพันธุ์ Chodat (1929) รายงานว่ามีจุดเริ่มต้นของการเริ่มสืบพันธุ์ใหม่ของสาหร่าย *Chlorella* ซึ่งเกิดจากมิวเทชันในระดับจุลวิวัฒนาการในสาหร่ายสปีชีส์ *Chlorella rubecene* ซึ่งเจริญได้ในอาหารวุ้นที่ประกอบด้วยกลูโคส

คลอเรลลา เป็นสาหร่ายเซลล์เดี่ยวตัวแรก ที่ใช้ในการวิจัย ตั้งแต่ในปี ค.ศ.1950 นอกจากนี้ได้มีการใช้เป็น แบบจำลองในโครงการอวกาศอีกด้วย ต่อมาได้มีการศึกษามาก เพื่อจะดูความเป็นไปได้ ในการใช้ทำโปรตีนเซลล์เดี่ยว (single cell protein) ในปี ค.ศ.1960 ได้เริ่มมีบริษัทผลิตคลอเรลลาขึ้น ในประเทศไต้หวัน และหลังจากนั้น มีถึง 30 บริษัทที่ผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ กัน จากคลอเรลลา ซึ่งการที่คลอเรลลามีสีเขียวของเซลล์มาก จะเป็นตัวบอกถึงคุณภาพของเซลล์ ในกระบวนการผลิตคลอเรลลาส่วนมาก จะเลี้ยงแบบกลางแจ้ง โดยให้แสงในสภาวะที่มี

แหล่งคาร์บอน ที่เป็นสารอินทรีย์ต่ำ สำหรับการเลี้ยงคลอเรลลา ยังคงมีมากในประเทศได้วัน มีเพียง 10-15% ที่เลี้ยงในเรือนเพาะเลี้ยง (greenhouse) ในประเทศญี่ปุ่น ราคาของคลอเรลลาจะอยู่ในช่วงประมาณ 10-15 ดอลลาร์สหรัฐ ต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้งผลิตภัณฑ์ ส่วนมากใช้ผลิตเป็นอาหารเสริมสุขภาพ ซึ่งในอนาคต ควรจะมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ เพิ่มขึ้นต่อไป และควรพยายามลดต้นทุนการผลิต เพื่อเป็นการขยายตลาด

การเพาะเลี้ยง

สาหร่ายคลอเรลลา เป็นแพลงตอนพืชขนาดเล็ก ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า แต่ถ้ามีเป็นจำนวนมากจะสามารถมองเห็นได้ มีผนังหนา สัตว์น้ำวัยอ่อนเมื่อกินเข้าไปแล้วจะไม่สามารถย่อยได้ แต่เป็นอาหารที่ดีของไรต์เฟอร์ และสัตว์น้ำที่พ้นวัยอ่อนมาแล้ว มีทั้งในน้ำเค็มและในน้ำจืด เป็นพืชที่ชอบแสงแดดเพื่อสังเคราะห์อาหาร แต่ไม่ชอบอุณหภูมิที่สูงเกิน 30 องศาเซลเซียส เหตุที่ไม่ชอบอุณหภูมิสูง เพราะถ้ายิ่งอุณหภูมิสูงเท่าไร จะทำให้โปรโตซัวเพิ่มจำนวนเร็วเท่านั้น ซึ่งจะเป็นอุปสรรคต่อการเพิ่มจำนวนของคลอเรลลา ทำให้ปริมาณของคลอเรลลาลดลง ซึ่งสามารถแก้ปัญหาได้โดยการใช้คลอรีน เพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนแต่ต้องอยู่ในปริมาณที่พอเหมาะ ซึ่งวิธีการเพาะเลี้ยงของกรมประมงมีวิธีการเพาะเลี้ยงดังต่อไปนี้

การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาโดยวิธีของกรมประมง

1. เตรียมบ่อซีเมนต์ขนาด 50 ตารางเมตร
2. เติมน้ำให้ได้ระดับความสูง 20 เซนติเมตร ปริมาตรน้ำ 10 ลูกบาศก์เมตร พร้อมทั้งละลายปุ๋ยและอาหารลงในบ่อโดยใช้สูตรใดสูตรหนึ่ง ดังนี้

สูตรที่1 : อามิอามิ 8 ลิตร ปุ๋ยนา 16-20-0 1.2 กิโลกรัม ยูเรีย 46-0-0 1.2 กิโลกรัม ปุ๋ยซุปเปอร์

ฟอสเฟต 0-46-0 100 กรัม ปูนขาว 1 กิโลกรัม กากถั่วเหลือง 1 กิโลกรัม

สูตรที่2: รำละเอียด 1 กิโลกรัม ปลาป่น 0.5 กิโลกรัม ปุ๋ยนา 10-20-0 1.2 กิโลกรัม ยูเรีย 46-0-0

1.2 กิโลกรัม ปุ๋ยซุปเปอร์ฟอสเฟต 0-46-0 100 กรัม ปูนขาว 1 กิโลกรัม กากถั่วเหลือง 0.5 กิโลกรัม

หมายเหตุ อาหารที่ใช้ควรหมักอย่างน้อย 24 ชั่วโมง

อัตราส่วนที่ใช้หมัก ได้แก่ อาหาร 1 ส่วน : น้ำ 2 ส่วน : ปูนขาว 1 ส่วน

สูตรที่3: อามิอามิ 6 ลิตร ปุ๋ยนา 1-20-0 1.2 กิโลกรัม ยูเรีย 46-0-0 1.2 กิโลกรัม ปุ๋ยซุปเปอร์

ฟอสเฟต 0-46-0 100 กรัม ปูนขาว 1 กิโลกรัม กากถั่วเหลืองหมัก หรือ รำ ละเอียดหมัก หรือ ปลาป่น

อย่างใดอย่างหนึ่ง 0.5 กิโลกรัม

3.เติมน้ำเขียวลงในบ่อประมาณ 1 ตัน หรือ 1000 ลิตรทิ้งไว้ประมาณ 3 วันหมั่นคนทุกวันเพื่อการตกตะกอน

การเก็บเกี่ยวผลผลิต

การกรอง (filtration) : วิธีการกรองนี้ เหมาะสำหรับสาหร่ายที่มีลักษณะเป็นเส้นสาย (filamentous) หรือมีเซลล์ขนาดใหญ่ เช่น สาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.) จะทำได้โดยใช้ผ้ากรองไนลอน (nylon sieve) ที่มีรูกรองให้ผ่าน ตามขนาดที่เหมาะสม ซึ่งวิธีการนี้ใช้ได้ดี สะดวก และมีราคาถูก แต่ถ้าจะกรองสาหร่ายที่มีขนาดเล็ก เช่น คลอเรลลาอาจจะต้องมีการใช้ vacuum pump ช่วย เนื่องจากเซลล์ของสาหร่ายจะทำให้เกิดการอุดตันได้

การปั่นแยก (centrifugation) : เทคนิคนี้ใช้กันมากในการแยกสาหร่าย ที่มีขนาดเล็ก ๆ เช่น คลอเรลลา (*Chlorella* sp.) วิธีการนี้ทำให้ค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูง เนื่องจากต้องใช้พลังงานในการแยก

การทำให้เกิดฟล็อกและการตกตะกอน (flocculation and sedimentation): ซึ่งการใช้เทคนิคนี้ส่วนใหญ่จะใช้ในการแยกเซลล์สาหร่าย โดยมีการใส่สารส้มและเป่าอากาศประมาณ 15-20 นาที เพื่อให้ผสมเข้ากันดี หลังจากนั้นทิ้งไว้ประมาณ 12-15 ชั่วโมง เซลล์ของสาหร่ายคลอเรลลาจะนอนก้น ซึ่งสามารถดูดมาและทำซ้ำใหม่ถ้ายังมีน้ำอยู่เป็นจำนวนมาก และควรมีการล้างน้ำและปล่อยให้ตกตะกอน ซึ่งควรทำการตกตะกอนนี้ในตอนเย็น เพื่อป้องกันไม่ใช้สาหร่ายลอยเป็นฝ้าอยู่บนบริเวณผิวหน้า

ประโยชน์ของสาหร่ายคลอเรลล่า (*Chlorella* sp.)

สาหร่ายคลอเรลล่า (*Chlorella*) เป็นพืชชั้นต่ำที่มีคุณสมบัติพื้นฐานของพืชครบทุกอย่าง ไม่ว่าจะเป็นสีเขียวสด มีเซลล์เดี่ยว เปลี่ยนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ให้กลายเป็นแก๊สออกซิเจน และสามารถแบ่งเซลล์ได้อย่างรวดเร็ว แต่คุณสมบัติที่น่ามหัศจรรย์ยิ่งกว่านั้นปรากฏในผลการวิจัยที่ว่า ถ้าให้คลอเรลล่าเสริมในอาหารเลี้ยงสัตว์จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในผลผลิตได้อย่างพิเศษ

อาทิ ทำให้ไก่ออกไข่ได้มากขึ้น วัวเนื้อเติบโตเร็ว วัวนมให้นมมากขึ้น และลดความจำเป็นในการให้ยาปฏิชีวนะลง ที่สำคัญยิ่งกว่านั้นคือผลในมนุษย์ ชาวตะวันออกไกลรู้จักสาหร่ายคลอเรลลาในรูปของยาเม็ดสีเขียวมานานแล้ว พวกเขากินเพื่อเพิ่มระบบภูมิคุ้มกัน รวมทั้งเป็นแหล่งแร่ธาตุ วิตามิน กรดไขมันไม่อิ่มตัว กรดอะมิโน และโปรตีนอันอุดม

2.3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับปลานิล (*Oreochromis niloticus* Linn.)



ภาพที่ 2.2 ปลานิล(*Oreochromis niloticus* Linn.)

ที่มา : www.fischgrosshandel-ahlen.de/Kleine-Fischkunde.html

อนุกรมวิธานของสาหร่ายปลานิล (*Oreochromis niloticus* Linn.)

Kingdom Animal

Phylum Chordata

Class Osteichthyes

Suborder Percoidei

Family Cichlidae

Genus *Oreochromis*

ปลานิล (*Oreochromis niloticus* Linn.) มีชื่อภาษาอังกฤษว่า Nile tilapia มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปแอฟริกา พบได้โดยทั่วไปตามทะเลสาบและแม่น้ำแทบทุกสาย แต่พบว่ามีปลานิลมีชุกชุมแถบลุ่มแม่น้ำไนล์ ในประเทศอียิปต์และปาเลสไตน์ ต่อมาได้มีผู้นำเอาปลานิลไปเลี้ยงตามประเทศต่างๆ ทั้งในตะวันออกกลางและตะวันออกไกล เช่น ญี่ปุ่น ไต้หวัน มาเลเซีย อินโดนีเซีย และอีกหลายประเทศ รวมทั้งประเทศไทยด้วย

ปลานิลได้เข้ามาในประเทศไทยครั้งแรกเมื่อ พ.ศ. 2508 โดยสมเด็จพระจักรพรรดิอากิฮิโตะ แห่งประเทศญี่ปุ่น เมื่อครั้งดำรงอิสริยยศเป็นมกุฎราชกุมาร ได้ทอดเกล้าถวายปลานิลจำนวน 50 ตัว มีความยาวเฉลี่ยตัวละประมาณ 9 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 14 กรัม แก่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวเมื่อวันที่ 25 มีนาคม 2508 ซึ่งพระองค์ท่านได้ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าให้เลี้ยงไว้ในบ่อดินขนาด 10 ตารางเมตร บริเวณสวนจิตรดารโหฐาน พระราชวังดุสิต หลังจากนั้นอีก 1 ปีได้พระราชทานชื่อปลาชนิดนี้ว่า “ปลานิล” และได้พระราชทานลูกปลานิลขนาดเล็ก ซึ่งเกิดจากพ่อแม่พันธุ์ปลาที่ทรงเลี้ยงไว้จำนวน 10,000 ตัว แก่กรมประมง เมื่อวันที่ 17 มีนาคม พ.ศ. 2509 เพื่อนำไปเลี้ยงและเพาะขยายพันธุ์ที่แผนกทดลองเพาะเลี้ยง บางเขน และสถานีประมงทั่วประเทศ ต่อมาประมงได้ส่งเสริมให้เกษตรกรเพาะเลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย จนเป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง (ปกรณ, 2538)

รูปร่างลักษณะ

ปลานิลมีรูปร่างลักษณะคล้ายปลาหมอเทศ ลำตัวสั้น แบนข้าง แต่ลักษณะพิเศษของปลานิลคือ ริมฝีปากบนและล่างเสมอกัน ซึ่งปลาชนิดอื่นๆ มักจะมีริมฝีปากบนสั้นกว่าริมฝีปากล่าง บริเวณแก้มมีเกล็ด 4 แถว สีของลำตัวจะเปลี่ยนไปตามสภาพแวดล้อมของแหล่งที่อาศัยคือตั้งแต่สีน้ำตาลจนถึงสีเขียวดำ ท้องสีขาว ที่ลำตัวมีลายพาดขวางประมาณ 9-10 แถบตั้งแต่หัวจรดโคนหาง แม้แต่ลูกปลาก็จะมีลายพาดขวางนี้เห็นชัดเจนไม่น้อยกว่า 7 แถบทั้งเพสผู้และเพสเมีย แต่

เพศเมียสีจะจางกว่าเพศผู้มาก ครีบหลัง ครีบหางและครีบก้นจะมีจุดสีขาวและเส้นสีดำตัดขวาง มีเกล็ดสามแถวที่บริเวณแก้ม และอีก 1 แถวที่บริเวณเหนือเส้นข้างลำตัวเล็กน้อยครีบหลังมีอันเดียว ยาวจรดถึงคอดหาง ครีบหลังประกอบด้วยก้านครีบแข็ง 15-18 อัน และก้านครีบก้น 9-10 อัน ครีบหางตัดตรง บนแถบเส้นข้างลำตัวมีเกล็ด 33 เกล็ด ทางด้านข้างมีเกล็ดตามแนวเฉียงจากตอนต้นของครีบหลังลงมาถึงเส้นข้างลำตัว 5 เกล็ด และจากเส้นข้างลำตัวลงมาถึงส่วนหน้าของครีบก้น 13 เกล็ด ตรงกลางเกล็ดมีสีเข้มบริเวณปลายอ่อนของครีบหลัง ครีบก้น และครีบหางมีจุดสีขาวและเส้นสีดำ ตัดขวางคล้ายลายข้าวตอกอยู่โดยทั่วไป ที่กระดุกแก้มมีจุดสีเข้มอยู่ 1 จุด ลักษณะฟันบริเวณขากรรไกรและคอดหางจะมีหลายขนาด ตั้งแต่ค่อนข้างหยาบจนถึงละเอียด เหงือกมีซี่กรองประมาณ 15-17 อัน ปลานิลที่พบมีขนาดใหญ่ที่สุดหนักประมาณ 2.5 กิโลกรัม

อุปนิสัย

ตามธรรมชาติแล้วปลานิลชอบอาศัยอยู่รวมกันเป็นฝูง (ยกเว้นเวลาสืบพันธุ์) ตามแม่น้ำ ลำคลอง บึงและทะเลสาบ ที่เป็นแหล่งน้ำจืด แต่สามารถนำไปเลี้ยงในบริเวณที่เป็นน้ำกร่อยได้ เนื่องจากมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดี สามารถมีชีวิตอยู่ได้ในช่วงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิกว้าง

สำหรับอาหารและนิสัยการกินอาหารนั้น ปลานิลเป็นปลาที่กินทั้งเนื้อและพืชแต่จะชอบกินสาหร่ายแพลงตอนที่อาศัยอยู่ในน้ำ ตัวอ่อนของแมลง อินทรียวตฤที่สลายตัวแล้วก้นบ่อ เมื่อปลานิลมีขนาดโตขึ้น จะกินพืชพวกสาหร่าย แหนและส่วนอ่อนของใบพืช อาหารตามธรรมชาติของปลานิลได้แก่ ไรน้ำ ตะไคร่น้ำ และตัวอ่อนของแมลง ส่วนอาหารเสริมได้แก่ รำ ปลายข้าว กากถั่วลิสง แหนเบ็ด และปลาป่น

การเลี้ยงปลานิลในบ่อ ส่วนมากจะนิยมใช้อาหารจำพวกรำ เศษอาหารพืชจำพวกแห่น และมูลสัตว์ ต่อมาได้มีการปรับปรุงคุณภาพอาหารของปลานิล โดยเน้นรายละเอียดเกี่ยวกับปริมาณโปรตีนในอาหารผสมให้ได้ในระดับที่ต้องการ เพื่อช่วยให้ปลาโตเร็วขึ้นโดยใช้ส่วนผสมของรำ ปลายข้าว กากถั่วเหลือง ใบกระถินแห้ง ปลาป่น เกลือแร่ และวิตามินเป็นอาหาร (เพิ่มพูน, 2531)

อาหารและความต้องการสารอาหาร

อาหารเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิต นอกจากจะช่วยให้ดำรงชีวิตอยู่ได้แล้ว การเพิ่มขนาด หรือการเจริญเติบโตของร่างกายจะต้องอาศัยอาหารทั้งสิ้น แหล่งอาหารสัตว์น้ำโดยทั่วไปจะได้อาหารมาจาก 2 แหล่งด้วยกันคือ อาหารธรรมชาติและอาหารสมทบ

อาหารธรรมชาติ (natural food) หมายถึงอาหารที่เกิดขึ้นในบ่อธรรมชาติ ปริมาณอาหารเหล่านี้จะมากจะน้อยขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของบ่อนั้นๆ ซึ่งมีทั้งพืชและสัตว์ โดยแพลงตอนพืช เป็นสิ่งมีชีวิตที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ จะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำ ความอุดมสมบูรณ์ของแร่ธาตุอาหาร แสงแดดและอุณหภูมิ แพลงตอนพืชที่มีความสำคัญต่อสัตว์น้ำได้แก่ *Chlorella* sp., *Phormidium* sp., *Costerium* sp., *Nitzschia* sp., *Diatoms* sp. และ *Volvox* sp. แพลงตอนสัตว์ ได้แก่ *Euglena* sp., *Brachionus* sp., *Moina* sp., *Daphnia* sp., *Diatom* sp., และ *Volvox* sp. เป็นต้น สัตว์น้ำ ได้แก่ ลูกน้ำ หนอนแดง ลูกแมลงปอ ไข่เดือน ดาวอ่อนของหอย ลูกกุ้ง และแมลงน้ำอื่นๆ พืชน้ำได้แก่ ไข่น้ำ แหน สาหร่าย สันตะวา และหญ้า เป็นต้น

อาหารสมทบ (feed) หมายถึงอาหารที่ผสมขึ้นจากสูตรอาหารต่างๆ หรือเศษอาหารที่เหลือจากครีวเรือน เป็นอาหารนอกเหนือจากอาหารที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ โดยแบ่งเป็น แบบไม่สมบูรณ์ เป็นส่วนผสมของอาหารไม่สมบูรณ์ เช่น เศษของเหลือจากครีวเรือน หรืออาหารที่มีส่วนผสมที่มีวัสดุตั้งแต่ 2 ชนิด ขึ้นไป เช่น รำ ปลาข้าว กากถั่ว หรือรำปลาข้าว ปลาเบ็ด เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลาแบบกึ่งธรรมชาติ ซึ่งมีปลาไม่หนาแน่นเกินไป ปลาสามารถหาอาหารธรรมชาติทดแทนส่วนที่ขาดได้ ในขณะที่แบบสมบูรณ์ เป็นสารอาหารที่มีส่วนผสมครบถ้วน สมบูรณ์ตามที่ร่างกายต้องการ จะประกอบด้วยวัสดุอาหารหลายชนิด มีหลายรูปแบบ เช่น เป็นผง เม็ดจมน้ำ เม็ดลอยน้ำ เหมาะสำหรับการเลี้ยงปลาแบบพัฒนา จะให้ผลผลิตสูงเหมาะสำหรับการเลี้ยงปลาในบ่อซีเมนต์และปลาที่มีราคาสูง

โปรตีน

ในปลาขนาดเล็กจะมีความต้องการโปรตีนสูงกว่าปลาขนาดใหญ่ โดยในระยะเริ่มกินอาหาร (<1 กรัม) ต้องการโปรตีน 40-50 เปอร์เซ็นต์ ปลาวัยอ่อน (1-10 กรัม) ต้องการโปรตีน 30-40 เปอร์เซ็นต์ ปลาวัยรุ่น (10-30 กรัม) ต้องการโปรตีน 28-30 เปอร์เซ็นต์ การเลี้ยงในบ่อดิน ซึ่งมีอาหารธรรมชาติที่ให้โปรตีนสูงทั้งปริมาณและคุณภาพ สามารถลดระดับโปรตีนในอาหารลดเหลือ 20-25 เปอร์เซ็นต์ ระดับหรือปริมาณโปรตีนที่ปลาต้องการ เป็นปริมาณที่ได้จากโปรตีนที่มีคุณภาพดี หรือมีกรดอะมิโนที่จำเป็นครบทุกชนิดในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการ การใช้โปรตีนที่มีคุณภาพต่ำจำเป็นต้องใช้ปริมาณที่สูงขึ้น (เวียง, 2542)

ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการโปรตีนของปลา (วีรพงศ์, 2536)

1. ขนาดของปลา โดยทั่วไปความต้องการโปรตีนของปลามีค่าลดลงเมื่อปลามีขนาดหรืออายุมากขึ้นเพราะปลาขนาดใหญ่ขึ้นจะมีอัตราการเจริญเติบโตช้าลง อันเนื่องมาจากอัตราการสังเคราะห์โปรตีนในร่างกายต่ำกว่าปลาขนาดเล็ก จึงทำให้ปลาขนาดใหญ่มีความต้องการโปรตีนน้อยลง

2. อุณหภูมิ ปลามีแนวโน้มที่ความต้องการโปรตีนมากขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เช่น ปลาชินุคแซลมอนที่เลี้ยงในอุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส และ 15 องศาเซลเซียส มีความต้องการโปรตีนเป็น 40 เปอร์เซ็นต์ และ 55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าปลาบางชนิดเมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นก็ยังมีความต้องการโปรตีนเท่าเดิม สาเหตุที่อุณหภูมิของน้ำมีผลต่อการต้องการโปรตีน อาจเนื่องมาจากปลาได้รับปริมาณอาหารอย่างจำกัด หรือน้อยเกินไปในขณะที่ปลาจะมีระดับเมตาบอลิซึมสูงขึ้นและระยะเวลาที่อาหารหมดจากกระเพาะอาหารเร็วขึ้น ฉะนั้นอาหารที่มีระดับโปรตีนสูงกว่า จึงทำให้ปลาเจริญเติบโตดีกว่าอาหารที่ระดับโปรตีนต่ำกว่า

3. คุณภาพโปรตีนในอาหารสมทบ จะมีชนิดหรือปริมาณกรดอะมิโนเป็นองค์ประกอบที่แตกต่างกันไป ทำให้โปรตีนมีคุณภาพแตกต่างกัน เช่น เคซีนจะมีอาร์จินีนในปริมาณต่ำ เป็นต้น ซึ่งโดยข้อเท็จจริงแล้วความต้องการกรดอะมิโนเพื่อการเจริญเติบโตจะมีความสำคัญต่อปลา มากกว่าความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต เนื่องจากปลาที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนเท่ากัน แต่หากมีชนิดหรือปริมาณของกรดอะมิโนเป็นองค์ประกอบแตกต่างกัน ก็ทำให้มีการเจริญเติบโตที่ต่างกัน ปลาจะเจริญเติบโตได้ดีจึงต้องได้รับโปรตีนที่มีคุณภาพดีหรือมีกรดอะมิโนครบถ้วนทั้งคุณภาพและปริมาณ ดังนั้น ปลาจึงมีความต้องการโปรตีนสูงขึ้น ถ้าอาหารมีกรดอะมิโนไม่ครบถ้วน

4. ระดับพลังงานในอาหาร อาหารที่มีพลังงานมากทำให้ปลากินอาหารได้น้อยลง เนื่องจากปลาจะหยุดกินถ้าได้รับพลังงานเกินความต้องการของร่างกาย จึงทำให้นักโภชนาการอาหารปลาส่วนใหญ่นิยมผลิตอาหารทดสอบโปรตีนให้มีพลังงานเท่ากัน (Isoenergetic diet) โดยมีระดับโปรตีนแตกต่างกันหลายระดับ เพื่อทดสอบความต้องการโปรตีนของปลา แต่โปรตีนมีราคาแพงกว่าคาร์โบไฮเดรตและไขมัน ทำให้การทำอาหารปลาในทางปฏิบัติจึงต้องใช้คาร์โบไฮเดรตและไขมันเป็นแหล่งพลังงานมากกว่าโปรตีน ซึ่งส่วนใหญ่ต้องการให้ถูกเพื่อการเจริญเติบโต ผลการศึกษาในปลาหลายชนิดทั้งปลากินเนื้อ ปลากินพืช และปลากินทั้งเนื้อและทั้งพืช แสดงให้เห็นว่าสามารถทดแทนโปรตีนบางส่วนได้ด้วยคาร์โบไฮเดรตและไขมัน (protein sparing action) ซึ่งมีหลักการปฏิบัติโดยลดระดับโปรตีนบางส่วนในอาหารทดสอบแต่เพิ่มพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตและไขมันเข้าไปจึงนำไปให้ปลากิน ซึ่งพบว่าทำให้ปลามีอัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารเท่ากันหรือใกล้เคียงกับปลาที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนสูงกว่า แนวทางดังกล่าวมี

ประโยชน์มากเพราะทำให้ความต้องการโปรตีนของปลาและต้นทุนอาหารต่ำลง แต่อาจมีข้อจำกัดเกี่ยวกับปริมาณคาร์โบไฮเดรตหรือไขมันที่ผสมในอาหาร เช่น ปลากินเนื้อจะย่อยคาร์โบไฮเดรตได้ไม่ดี จึงสามารถใส่ในอาหารทดสอบได้ในปริมาณที่น้อยกว่าปลากินพืช การทดแทนโปรตีนบางส่วนด้วยไขมันส่วนใหญ่จะประสบความสำเร็จมากกว่าการทดแทนโปรตีนบางส่วนด้วยคาร์โบไฮเดรต เนื่องจากไขมันมีพลังงานมากกว่าคาร์โบไฮเดรต

5. อัตราการให้อาหาร เนื่องจากการประเมินความต้องการโปรตีนของปลา สามารถทราบได้จากอัตราการเจริญเติบโตเมื่อปลาได้รับอาหารพอดีกับความต้องการ ดังนั้นถ้าปลาได้รับอาหารน้อยเกินไปหรือต่ำกว่าความต้องการจะทำให้ปลาหิวและปลาจะนำโปรตีนมาใช้เป็นพลังงานมากกว่านำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต จึงมีผลทำให้การประเมินความต้องการโปรตีนมีค่าผิดไปจากความเป็นจริงการศึกษาความต้องการโปรตีนของสัตว์บกทำได้ง่ายกว่าสัตว์น้ำเพราะสามารถทราบปริมาณอาหารที่เหลือหรือปริมาณที่กินเข้าไป แต่ทว่าปลาอยู่ในน้ำมีความยุ่งยากในการให้อาหาร ซึ่งขึ้นอยู่กับปลาแต่ละชนิด

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

1) อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างสาหร่าย

- 1.1 ตาข่ายแพลงก์ตอน (Plankton net)
- 1.2 กระชอนช้อนลูกน้ำ
- 1.3 หลอดหยด (Dropper)
- 1.4 ขวดเก็บตัวอย่างสาหร่าย

2) อุปกรณ์ในการตรวจสอบชนิดของสาหร่าย

- 2.1 กล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบ (Microscope compound)
- 2.2 กระจกสไลด์
- 2.3 กระจกปิดสไลด์
- 2.4 หลอดหยด

3) อุปกรณ์ในการวัดการเจริญของสาหร่าย

- 3.1 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer)
- 3.2 สไลด์ Haemocytometer

4) อุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย

- 4.1 จานเพาะเชื้อ (Plate)
- 4.2 ปีเปตขนาดต่างๆ
- 4.3 ปากคีบ
- 4.4 ตะเกียงแอลกอฮอล์
- 4.5 ห่วงลวด (Loop)
- 4.6 ปีกเกอร์ขนาดต่างๆ
- 4.7 ขวดลูกผสมพู่ขนาดต่างๆ
- 4.8 หลอดทดลอง
- 4.9 ชุดเติมอากาศ (Air pump)
- 4.10 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)
- 4.11 กระบอกตรวจขนาดต่างๆ

4.12 กระบอกล้างน้ำ

4.13 สำลี

5) อุปกรณ์ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำ

5.1 ขวด BOD ขนาด 250-300 พร้อมจุกปิด

5.2 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ

5.3 ปีเปต

5.4 อุปกรณ์สำหรับการไตรเตรท

5.5 ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flasks)

5.6 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

5.7 ขวดลูกชมพู

5.8 หลอด COD

5.9 กระดาษกรอง

6) สารเคมีในการเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงสาหร่าย Jaworski's Medium (JM) และ Blue Green Medium11(BG11)

7) สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

3.2 ขอบเขตของการวิจัย

เชื้อที่ทำการคัดแยกได้เป็นสาหร่ายที่มีอยู่แล้วในบ่อกักน้ำทิ้งของโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง ซึ่งเป็นสาหร่ายดั้งเดิมที่มีอยู่แล้ว โดยจะทำให้สาหร่ายที่เพาะเลี้ยงเจริญเติบโตได้ดี สาหร่ายอาจมีหลายชนิดแต่นำมาเพาะเลี้ยงเพื่อเพิ่มปริมาณและใช้ทดลองในขั้นต่อไป จะเลือกชนิดที่จะสามารถพัฒนาให้เกิดมูลค่าทางเศรษฐกิจเพียงหนึ่งชนิดเท่านั้น เช่น มีโปรตีนหรือธาตุอาหารสูง และต้องมีความเป็นไปได้ในการเพาะเลี้ยง เช่น ทำการเพาะเลี้ยงได้ง่าย ขั้นตอนและวิธีการไม่ยุ่งยาก โดยสาหร่ายที่เก็บเกี่ยวได้ จะนำมาผสมเป็นอาหารเสริมสำหรับการเลี้ยงปลานิลเป็นเวลา 3 เดือน โดยทำการเลี้ยงปลานิลในบ่อกักน้ำทิ้งของโรงงานข้างอวดส์ (1959) จำกัด

3.3 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

1. ศึกษาสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายโดยใช้น้ำทิ้งจากขบวนการผลิตผักและผลไม้กระป๋อง

1.1 ศึกษาความเข้มข้นสาหร่ายเริ่มต้นที่เหมาะสม โดยนำสาหร่ายจากเชื้อตั้งต้นที่บริสุทธิ์ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง มาทำการเพาะเลี้ยงในน้ำเสียตัวอย่างโดยใช้ขวดชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร ใส่ น้ำเสียตัวอย่างปริมาตร 300 มิลลิลิตร ความหนาแน่นเริ่มต้นของสาหร่ายที่นำมาศึกษา เท่ากับ 2%, 5 %, 10%, 20% ศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายด้วยค่า OD และการนับจำนวนเซลล์ ทุก 2 วัน คือ ที่เวลา 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 และ 16 วัน ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในวันแรกและในวันสุดท้ายของการทดลอง โดยนำตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์ ค่า BOD, COD, DO, pH, อุณหภูมิ, TS, ไนเตรท, แอมโมเนีย และฟอสเฟต

1.2 ศึกษาถึงระดับความลึกที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย โดยนำน้ำตัวอย่างมาใส่ท่อกลม ขนาดพื้นที่ทำการ 200 ลิตร ที่ระดับความลึก 20, 30 และ 40 เซนติเมตร โดยใช้ความเข้มข้นของสาหร่ายเริ่มต้นที่เหมาะสมจากข้อ 4.1 ศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายด้วยค่า OD และการนับจำนวนเซลล์ ทุก 3 วัน คือ ที่เวลา 0, 3, 6, 9, 12 และ 16 วัน ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในวันแรกและในวันสุดท้ายของการทดลองโดยนำตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์ ค่า BOD, COD, DO, pH, อุณหภูมิ, TS, ไนเตรท, แอมโมเนีย และฟอสเฟต

2. ศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเพื่อใช้เป็นอาหารปลา

2.1 ทำการเพาะเลี้ยงสาหร่าย แบบกะ (batch system) ในบ่อซีเมนต์ขนาดทำการ 200 ลิตร ในโรงเรือน โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ระยะเวลาในการเพาะเลี้ยง ความเข้มข้นเริ่มต้น และความลึกของน้ำทิ้งที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสาหร่าย

2.2 ทำการศึกษาปริมาณของสาหร่ายที่เก็บได้ เป็นน้ำหนักแห้งของสาหร่ายต่อปริมาตร โดยทำการอบที่อุณหภูมิ 50-65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง, OD และจำนวนเซลล์ของสาหร่าย

2.3 ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง

3. ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงได้ไปเลี้ยงปลานิล

3.1 การเตรียมหน่วยทดลอง โดยใช้กระชังทำด้วยเนื้อฉนวน PE ช่องตา 1 ซม. ขนาด 3.0×3.0×1.5 ม. (กว้าง×ยาว×ลึก) ซึ่งด้วยเสาไม้ไผ่ให้กันกระชังอยู่เหนือระดับพื้นบ่ออย่างน้อย 0.5 ม. ใช้ตาข่ายมุ้งสีฟ้าบุโดยรอบกระชังส่วนที่อยู่ผิวน้ำ เพื่อป้องกันอาหารหลุดออก

นอกกระชังบริเวณ และรักษาระดับให้ขอบด้านบนของกระชังอยู่เหนือผิวน้ำ 30 ซม. เพื่อให้มีส่วนของกระชังแช่อยู่ในน้ำ 120 ซม. ตลอดการทดลอง

3.2 การเตรียมสัตว์ทดลอง ใช้ลูกปลานิลแปลงเพศขนาดความยาวประมาณ 6 ซม. ชื้อจากโรงเพาะฟักเอกชน โดยนำลูกปลามาพักให้ปรับตัวในกระชังขนาด 5 ตร.ม. ด้วยความหนาแน่น 200 ตัว/ตร.ม เป็นเวลา 18 ชม. ก่อนทำการสูมน้ำและชั่งน้ำหนักลูกปลาเริ่มต้นเพื่อปล่อยลงเลี้ยงในกระชังทดลอง ให้อาหารด้วยอาหารสำเร็จรูปปลากินพืชเป็นเวลา 7 วันเพื่อให้ปลาปรับตัว

3.3 การวางแผนการทดลอง ทำทดลองเลี้ยงปลานิลแบ่งเป็น 2 ชุดการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ โดยใช้กระชังในการทดลอง ทั้งหมด 6 กระชัง เพื่อเลี้ยงปลานิล ด้วยอาหารต่างกัน 2 ชนิด คือ ชุดการทดลองที่ 1 ให้อาหารปลากินพืชเพียงอย่างเดียว และชุดการทดลองที่ 2 ให้อาหารปลากินพืชผสมสาหร่ายที่ได้จากการเพาะเลี้ยง ในอัตราการใช้อาหารตลอดการทดลองของการทดลอง คือ 3- 5% ของน้ำหนักตัว/วัน วันละ 2 ครั้ง (09.00-10.00 น. และ 15.00 -16.00 น.) โดยปรับปริมาณอาหารที่ให้ตามน้ำหนักของปลาทุกเดือน เป็นเวลา 3 เดือน และทำการศึกษา

คุณภาพน้ำ

ทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำในกระชังทดลองเมื่อเริ่มต้นและทุก 14 วันจนเสร็จสิ้นการทดลอง ทั้งในและนอกกระชัง ได้แก่ BOD, COD, DO, pH, อุณหภูมิ, TS, ไนเตรท, แอมโมเนีย และฟอสเฟต

โลหะหนัก

ศึกษาปริมาณโลหะหนักในผลผลิตสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานฝักและผลไม้กระป๋อง

การเจริญเติบโตและผลผลิต

นับจำนวนและชั่งน้ำหนักปลาในแต่ละกระชัง ทุกๆ 14 วัน ตลอดการทดลองนำข้อมูลที่ได้ไปปรับปริมาณการให้อาหาร และคำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

3.4 ประสิทธิภาพการจัดการ

ก. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate; SGR) (%/วัน)

$$= 100 \times \frac{(\ln \text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง})}{\text{จำนวนวันที่ทดลอง}}$$

ข. อัตรารอด (survival) %

$$= \frac{\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}} \times 100$$

จำนวนปลาเมื่อเริ่มต้นการทดลอง

ค. อัตราการแลกเนื้อ (FCR)

= $\frac{\text{น้ำหนักของอาหารที่ปลากิน (ก.)}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (ก.)}}$

น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (ก.)

ง. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (total biomass increase) กรัม

= น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ก.) – น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง (ก.)

4. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพด้านเศรษฐกิจและผลตอบแทน

ก. กำไร (profit) = จำนวนเงินขายปลา- ต้นทุนการเพาะเลี้ยง

ข. ดัชนีการทำกำไร (profit index, PI) = $\frac{\text{จำนวนเงินขายปลา}}{\text{ต้นทุนการเพาะเลี้ยง}}$

ค. อัตราผลตอบแทน (rate of return, %) = $\frac{\text{ผลกำไร}}{\text{เงินลงทุน}} \times 100$

ง. กำไรต่อกิโลกรัม = $\frac{\text{กำไร}}{\text{น้ำหนักของปลาสุดท้าย}}$

4.6 ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงได้ไปเลี้ยงปลานิล

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของปลานิล โดยใช้สาหร่าย *Chlorella vulgaris* ที่ทำการคัดแยกได้จากน้ำทิ้งจากโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง เป็นส่วนผสมในอาหารปลา โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ชุดการทดลองที่ 1 ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป ในขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป ร่วมกับสาหร่ายโดยทำการเลี้ยงปลานิลในกระชังในบ่อพักน้ำทิ้งของโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง เป็นเวลา 3 เดือน ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงการเจริญเติบโตและผลผลิตของปลานิล

พารามิเตอร์	ชุดการทดลองที่ 1 (อาหารเม็ด)	ชุดการทดลองที่ 2 (อาหารเม็ด+สาหร่าย)
นน.เริ่มต้นเฉลี่ย(กรัม/ตัว)	20.8±0.7	20.3±1
นน.สุดท้ายเฉลี่ย(กรัม/ตัว)	145.1±5.9	170.3±8.5
นน.เริ่มต้นรวม (กรัม)	2080	4058.4
นน. สุดท้ายรวม (กรัม)	8947.8	12996.3
อาหารเม็ดที่ให้ทั้งหมด (กิโลกรัม)	11.55	14.68
สาหร่ายที่ให้ทั้งหมด(กิโลกรัม)	-	1.4
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (%/วัน)	2.16±0.006	2.37±0.152
อัตราการรอด (Survival) %	61.7±9.5	76.3±5.5
อัตราการแลกเนื้อ (FCR)	0.45	0.40
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	124.3±5.19	150±7.58

การคำนวณหาปริมาณอาหารเม็ดสำหรับการเลี้ยงปลา

ในการทดลองครั้งนี้ใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูป โดยในเดือนแรกปลา มีน้ำหนักเฉลี่ย 20 กรัม ให้อาหารปลาสำหรับปลากินพืชจำนวน 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักปลาในชุดการทดลองที่ 1 และอาหารปลากินพืชผสมสาหร่าย *Chlorella vulgaris* ที่ผลิตได้จำนวน 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักปลาในชุดการทดลองที่ 2 และในเดือนที่สองและสาม ปลา มีน้ำหนักเฉลี่ยมากกว่า 50 กรัม ให้อาหารลดลงเป็น 3 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักปลา (เวียง 2542) ซึ่งพบว่าจะใช้อาหารเม็ดดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1**เดือนที่ 1**

$$\text{น้ำหนักปลาเริ่มต้น (100 ตัว)} = 2.08 \text{ กก.}$$

$$\text{ให้อาหารเม็ด 5\% ของน้ำหนักปลา/วัน} = \frac{2.08 \times 5}{100} = 0.104 \text{ กก.}$$

$$\text{ในระยะ 30 วันจะให้อาหาร} = 0.104 \times 30 = 3.12 \text{ กก.}$$

เดือนที่ 2

$$\text{น้ำหนักปลาเริ่มต้น (78.3 \times 51.7)} = 4.045 \text{ กก.}$$

$$\text{ให้อาหารเม็ด 3\% ของน้ำหนักปลา/วัน} = \frac{4.045 \times 3}{100} = 0.121 \text{ กก.}$$

$$\text{ในระยะ 30 วันจะให้อาหาร} = 0.121 \times 30 = 3.64 \text{ กก.}$$

เดือนที่ 3

$$\text{น้ำหนักปลาเริ่มต้น (63.3 \times 83.97)} = 5.317 \text{ กก.}$$

$$\text{ให้อาหารเม็ด 3\% ของน้ำหนักปลา/วัน} = \frac{5.31 \times 3}{100} = 0.159 \text{ กก.}$$

$$\text{ในระยะ 30 วันจะให้อาหาร} = 0.155 \times 30 = 4.79 \text{ กก.}$$

$$\text{รวม 3 เดือน} = 3.12 + 3.64 + 4.79 = 11.55 \text{ กก.}$$

$$\text{รวม 3 ขั้ว} = 110.55 \times 3 = 34.65 \text{ กก.}$$

ชุดการทดลองที่ 2**เดือนที่ 1**

$$\text{น้ำหนักปลาเริ่มต้น (100 ตัว)} = 2.03 \text{ กก.}$$

$$\text{ให้อาหารเม็ด 5\% ของน้ำหนักปลา/วัน} = \frac{2.03 \times 5}{100} = 0.102 \text{ กก.}$$

$$\text{ในระยะ 30 วันจะให้อาหาร} = 0.102 \times 30 = 3.05 \text{ กก.}$$

$$\text{ใช้สารรายในเดือนที่ 1} = 60.9 \text{ ก.}$$

$$\text{ใช้อาหารปลาทั้งหมด (3050-60.9)} = 2989 \text{ ก.} = 3 \text{ กก.}$$

เดือนที่ 2

$$\text{น้ำหนักปลาเริ่มต้น (81.67 ตัว)} = 4.93 \text{ กก.}$$

$$\text{ให้อาหารเม็ด 3\% ของน้ำหนักปลา/วัน} = \frac{4.93 \times 3}{100} = 0.148 \text{ กก.}$$

$$\text{ในระยะ 30 วันจะให้อาหาร} = 0.148 \times 30 = 4.43 \text{ กก.}$$

$$\text{ใช้สาหร่ายในเดือนที่ 2} = 147.82 \text{ ก.}$$

$$\text{ให้อาหารปลาทั้งหมด (4430-147.82)} = 4282.18 \text{ ก.} = 4.28 \text{ กก.}$$

เดือนที่ 3

$$\text{น้ำหนักปลาเริ่มต้น (79.33 ตัว)} = 8.517 \text{ กก.}$$

$$\text{ให้อาหารเม็ด 3\% ของน้ำหนักปลา/วัน} = \frac{8.517 \times 3}{100} = 0.256 \text{ กก.}$$

$$\text{ในระยะ 30 วันจะให้อาหาร} = 0.256 \times 30 = 7.67 \text{ กก.}$$

$$\text{ใช้สาหร่ายในเดือนที่ 3} = 255.6 \text{ ก.}$$

$$\text{ให้อาหารปลาทั้งหมด (7670-255.6)} = 7414.4 = 7.4 \text{ กก.}$$

$$\text{รวม 3 เดือน} = 3 + 4.28 + 7.4 = 14.68 \text{ กก.}$$

$$\text{รวม 3 ซ้ำ} = 14.68 \times 3 = 44.04 \text{ กก.}$$

การคำนวณหาปริมาณสาหร่ายสำหรับการเลี้ยงปลา

ในการทดลองครั้งนี้ใช้สาหร่าย *Chlorella vulgaris* ที่ผลิตได้จากน้ำทิ้งจากโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง โดยให้ในรูปสาหร่ายแห้ง เคลือบผสมกับอาหารเม็ดโดยให้ปลากินในอัตรา 0.1 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักปลา ซึ่งพบว่าจะใช้สาหร่ายทั้งสิ้นดังนี้

ชุดการทดลองที่ 2

เดือนที่ 1

$$\text{น้ำหนักปลาเริ่มต้น (100 ตัว)} = 2030 \text{ ก.}$$

$$\text{ให้สาหร่าย 0.1\% ของน้ำหนักปลา/วัน} = \frac{2030 \times 0.1}{100} = 2.03 \text{ ก.}$$

$$\text{ในระยะ 30 วันจะให้สาหร่าย} = 2.03 \times 30 = 60.9 \text{ ก.}$$

เดือนที่ 2

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนักปลาเริ่มต้น (81.67 ตัว)} &= 4927.22 \text{ ก.} \\ \text{ให้สาหร่าย 0.1\% ของน้ำหนักปลา/วัน} &= \frac{4927.22 \times 0.1}{100} = 4.93 \text{ ก.} \\ \text{ในระยะ 30 วันจะให้สาหร่าย} &= 4.93 \times 30 = 147.82 \text{ ก.} \end{aligned}$$

เดือนที่ 3

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนักปลาเริ่มต้น (79.33 ตัว)} &= 8517.76 \text{ ก.} \\ \text{ให้สาหร่าย 0.1\% ของน้ำหนักปลา/วัน} &= \frac{8517.76 \times 0.1}{100} = 8.52 \text{ ก.} \\ \text{ในระยะ 30 วันจะให้สาหร่าย} &= 8.52 \times 30 = 255.6 \text{ ก.} \\ \text{รวม 3 เดือน} &= 60.9 + 147.82 + 255.6 = 460.5 \text{ ก.} \\ \text{รวม 3 ชั่วโมง} &= 460.5 \times 3 = 1.4 \text{ กก.} \end{aligned}$$

การให้อาหารปลา ใน 2 เดือนแรก ให้อาหารเม็ดจำนวน 5% ของน้ำหนักปลาและในเดือนที่สามให้อาหารเม็ด 3% ของน้ำหนักปลา ปริมาณการให้อาหารปลานี้ทั้งนี้ขึ้นกับขนาดของปลา เป็นสำคัญโดยทั่วไปจะคำนึงถึงปริมาณของโปรตีนที่ปลาจะได้รับ โดยความต้องการโปรตีนของปลามีค่าลดลงเมื่อปลามีขนาดหรืออายุมากขึ้นเพราะปลาขนาดใหญ่ขึ้นจะมีอัตราการเจริญเติบโตช้าลง อันเนื่องมาจากการสังเคราะห์โปรตีนในร่างกายต่ำกว่าปลาขนาดเล็ก จึงทำให้ปลาขนาดใหญ่มีความต้องการโปรตีนน้อยลง (เวียง, 2542)

การให้สาหร่าย *Chlorella vulgaris* อัตรา 0.1% ของน้ำหนักปลา หรือประมาณ 2% ของอาหารปลา ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงได้มีจำนวนไม่มากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับ การเพาะเลี้ยงที่ได้จากอาหารเพาะเลี้ยงหรือในน้ำทิ้งทั่วไปที่จะมีการเติมปุ๋ยหรือสารอาหารลงไปเสริม (Mohan et al., 2009; Toyub et al., 2007) ดังนั้นในการศึกษครั้งนี้จึงได้ผลิตได้ไม่มากนัก โดยมีเป้าหมายหลักเพื่อเป็นอาหารเสริมโปรตีนที่ได้จากธรรมชาติ เพื่อเพิ่มผลผลิตของสัตว์น้ำให้สูงมากขึ้น โดยทั่วไปมีผู้นิยมใช้สาหร่ายเป็นอาหารเสริมโปรตีนสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยปริมาณการใช้ขึ้นกับชนิดของปลาเป็นสำคัญ เช่น ปลา *Paralichthys olivaceus* เจริญเติบโตได้ดีที่สุดเมื่อใช้ สาหร่าย *Chlorella* ผง ปริมาณ 2 % เป็นส่วนผสมของอาหารปลา (Jawan et al.,

2001) ในขณะที่ ปลา *Sebastes schlegeli* (Hilgendorf) เจริญเติบโตได้ดีที่สุดเมื่อใช้ สาหร่าย *Chlorella* ผง ปริมาณ 0.5 % เป็นส่วนผสมของอาหารปลา (Bai *et al.*, 2001)

ประสิทธิภาพของการเพาะเลี้ยง

1. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Total biomass increase, กรัม) เมื่อเริ่มการทดลอง ปลาชุดทดลองที่ 1 มีน้ำหนักเฉลี่ย 20.8 ± 0.7 กรัม ปลาชุดทดลองที่ 2 มีน้ำหนักเฉลี่ย 20.3 ± 1.0 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 90 วัน (3 เดือน) พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยในวันสิ้นสุดการทดลองเป็น 145.10 ± 5.9 และ 170.3 ± 8.5 กรัม ในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับ โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นเป็น 124.3 ± 5.19 ในชุดการทดลองที่ 1 และ 150 ± 7.58 กรัม ในชุดการทดลองที่ 2 (ตารางภาคผนวกที่ 1 และ 5)
2. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate; SGR, เปอร์เซ็นต์/วัน) ปลาที่มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเท่ากับ 2.16 ± 0.006 เปอร์เซ็นต์/วัน ในการทดลองชุดที่ 1 และ 2.37 ± 0.152 เปอร์เซ็นต์/วัน ในชุดการทดลองที่ 2 (ตารางภาคผนวกที่ 3)
3. อัตรารอด (Survival, %) ทำการนับปลาเมื่อเริ่มต้นและเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าในชุดการทดลองที่ 1 มีอัตราการรอดเท่ากับ 61.7 ± 9.5 % และในชุดการทดลองที่ 2 มีอัตราการรอดเท่ากับ 76.3 ± 5.5 % ซึ่งพบว่าปลาในชุดการทดลองที่ 2 มีอัตราการรอดมากกว่าชุดการทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) เนื่องจากสาหร่ายมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาของอวัยวะและระบบภูมิคุ้มกัน แต่ก็ควรให้อัตราที่เหมาะสม (ตารางภาคผนวกที่ 2 และ 5)
4. อัตราการแลกเนื้อ (FCR) จากผลการทดลองพบว่า ปลาในชุดการทดลองที่ 1 มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อมากกว่าปลาในชุดการทดลองที่ 2 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.45 และ 0.40 ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าในการเจริญเติบโตของปลาในชุดการทดลองที่ 2 อาหารที่ให้มีความประสิทธิภาพที่ดีกว่าในชุดการทดลองที่ 1 โดยปลาใช้อาหารน้อยกว่าในการแลกเปลี่ยนอาหารให้กลายเป็นเนื้อ (ตารางภาคผนวกที่ 4)

4. 7 การประเมินผลตอบแทน

ต้นทุนการเพาะเลี้ยงสัตว์เป็นเครื่องบ่งบอกประสิทธิภาพการจัดการฟาร์ม การประเมินต้นทุนการเลี้ยงที่แม่นยำ รุ่นต่อรุ่นจะสามารถช่วยปรับปรุงการเลี้ยงให้ดีขึ้นในรุ่นต่อไป แต่ถ้าเราสามารถประเมินต้นทุนได้ตลอดในทุกระยะของการเลี้ยงสัตว์ จะช่วยปรับปรุงการเลี้ยงได้อย่างทันควันและช่วยแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในฟาร์มได้อย่างทันท่วงที

จากการทดลองเลี้ยงปลานิลในกระชังขนาด $3.0 \times 3.0 \times 1.5$ ม. จำนวน 6 กระชัง โดยแบ่งเป็นชุดการทดลองที่ 1 จำนวน 3 กระชัง เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดปลากินพืช และในชุดทดลองที่ 2 จำนวน 3 กระชัง เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดปลากินพืชผสมสาหร่าย *Chlorella vulgaris* ที่เพาะเลี้ยงได้ โดยพบว่าในแต่ละชุดการทดลองมีต้นทุน รายได้ และผลตอบแทนการผลิตดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ต้นทุน รายได้ และผลตอบแทนการเพาะเลี้ยงปลานิลในกระชังในบ่อพักน้ำทั้งของโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง

ชุดการทดลองที่ 1	
รายการต้นทุน	จำนวนเงิน (บาท)
ค่าพันธุ์ปลา	500
ค่าเสื่อมราคากระชัง	250
ค่าอาหาร (กิโลกรัมละ 15 บาท)	519.75
ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์ (ถังใส่อาหาร, กระชอน, เครื่องชั่ง, ฯ)	100
รวมต้นทุน	1369.75
รายได้ทั้งหมด (บาท)	1604

กำไรเบื้องต้น (บาท)	234.25
ดัชนีการทำกำไร	1.17
อัตราผลตอบแทน(%)	17.10
กำไรต่อกิโลกรัม (บาท)	8.76
ชุดการทดลองที่ 2	
รายการต้นทุน	จำนวนเงิน (บาท)
ค่าบ่อซีเมนต์ 6 บ่อสำหรับเลี้ยงสาหร่าย (ค่าเสื่อมราคาบ่อละ 60 บาทต่อเดือน)	360
ค่าพันธุ์ปลา	500
ค่าเสื่อมราคากระชัง	250
ค่าอาหาร(กิโลกรัมละ 15 บาท)	660.3
ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์ (ถังใส่อาหาร, กระชอน, เครื่องชั่ง, ฯ)	100
ค่าเสื่อมราคาปั๊มสำหรับบ่อสาหร่าย	300
รวมต้นทุน	2170.3
รายได้ทั้งหมด (บาท)	2344
กำไรเบื้องต้น (บาท)	173.7
ดัชนีการทำกำไร	1.08
อัตราผลตอบแทน(%)	8.0
กำไรต่อกิโลกรัม(บาท)	4.45

การวิเคราะห์หาผลตอบแทน

1. กำไร (Profit) : ในการเลี้ยงสัตว์นั้นจะต้องรู้ว่ามียกไรเป็นตัวเงินเป็นจำนวนเท่าใด ซึ่งกำไรนั้นจะมาจาก จำนวนเงินจากการขายผลผลิตหักลบด้วยจำนวนเงินที่ลงทุนในงวดนั้น จากการเพาะเลี้ยงพบว่าในชุดการทดลองที่ 1 นั้นได้กำไรเบื้องต้น 234.25 บาท ในขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 ได้กำไรเบื้องต้น 173.7 บาท ซึ่งพบว่าชุดการทดลองชุดที่ 1 มีกำไรเบื้องต้นมากกว่าชุดการทดลองที่ 2

ทั้งนี้เนื่องมาจากในชุดการทดลองที่ 2 นั้นมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นค่อนข้างมากในการลงทุนเกี่ยวกับอุปกรณ์ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายที่นำมาใช้เป็นอาหารเสริม ถึงแม้ว่าจะมีผลผลิตมากกว่าแต่ก็มีการลงทุนที่สูงกว่าเช่นกัน จึงทำให้มีกำไรน้อยกว่า

2. ดัชนีการทำกำไร (Profitability Index: PI): เป็นอัตราส่วนการเงินระหว่างมูลค่าปัจจุบันของเงินผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับในอนาคต กับมูลค่าปัจจุบันของเงินจ่ายลงทุน จากการเพาะเลี้ยงพบว่าในชุดการทดลองที่ 1 นั้นมีดัชนีการทำกำไร 1.17 ในขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 มีดัชนีการทำกำไร 1.08 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันมากนัก ซึ่งพบว่าทั้งสองชุดการทดลองมีค่าดัชนีการทำกำไรมากกว่า 1 แสดงว่า มีกระแสเงินสดรับมากกว่ากระแสเงินสดจ่าย

3. อัตราผลตอบแทน (Rate of return) : ผลตอบแทนที่ได้รับจากการลงทุน ซึ่งอยู่ในรูปร้อยละ ซึ่งเกิดจากการที่ผู้ลงทุนเปรียบเทียบผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับจากการลงทุนกับเงินลงทุนที่ตนได้ลงทุนไปในเริ่มแรกในช่วงระยะเวลาใดเวลา โดยคิดว่าได้กี่เปอร์เซ็นต์ ต่อการลงทุน 100 บาทในสินทรัพย์ โดยในชุดการทดลองที่ 1 นั้นมีอัตราผลตอบแทน 17.10 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 มีอัตราผลตอบแทน 8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าชุดการทดลองที่ 1 มีอัตราผลตอบแทนที่สูงมากกว่าชุดการทดลองที่สอง อัตราผลตอบแทนยิ่งมากถือว่าเป็นสิ่งที่ดี จากการทดลองทั้งสองชุดถือได้ว่าเป็นอัตราค่าตอบแทนที่น่าพอใจ โดยสามารถเปรียบเทียบได้กับอัตราดอกเบี้ยที่จะได้รับเมื่อนำเงินนั้นไปฝากธนาคาร หรืออัตราดอกเบี้ยเมื่อต้องมีการกู้เงินมาลงทุน

4. กำไรต่อกิโลกรัม : จากผลการเพาะเลี้ยงพบว่า ในชุดการทดลองที่ 1 นั้นมีกำไร 8.76 บาทต่อกิโลกรัม ในขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 มีกำไร 4.45 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งพบว่าอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจสำหรับในชุดการทดลองที่ 1 เนื่องจากกำไรสุทธิของการเลี้ยงปลาน้ำจืดโดยทั่วไปเฉลี่ยอยู่ประมาณ 6.00-8.00 บาทต่อกิโลกรัม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของปลาที่เลี้ยงเป็นสำคัญและประสิทธิภาพในการบริหารจัดการ โดยปลานิลโดยทั่วไปมีกำไรสุทธิประมาณ 8.00 บาทต่อกิโลกรัม เป็นต้น (ศูนย์วิจัยกสิกรรมไทย, 2550)

จากการวิเคราะห์ผลตอบแทนที่ได้ทั้ง 4 ตัวชี้วัด พบว่าผลตอบแทนอยู่ในความน่าพอใจสำหรับผู้ประกอบการ ถึงแม้ว่าจะได้ผลตอบแทนไม่สูงมากนักแต่ก็อยู่ในเกณฑ์ของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยทั่วไป ถ้าอยากจะได้กำไรมากกว่านี้อาจมีการลดค่าใช้จ่ายบางอย่างลง เช่น เปลี่ยนจากการเลี้ยงปลาในกระชังมาเป็นการเลี้ยงในบ่อดินธรรมชาติ ก็จะลดค่ากระชังลงได้ส่วนหนึ่ง แต่ก็อาจจะต้องไปเพิ่มในส่วนของแรงงานมากขึ้น และจากการศึกษาพบว่าค่าใช้จ่ายในการเพาะเลี้ยง

สาหร่ายทำให้มีต้นทุนค่อนข้างสูง ทำให้การเพาะเลี้ยงปลาไนโดยไม่ใช้สาหร่ายในชุดการทดลองที่ 1 มีผลกำไรและผลการตอบแทนที่สูงกว่าการเพาะเลี้ยงปลาไนโดยมีการเพาะสาหร่ายเพื่อเป็นอาหารเสริมในชุดการทดลองที่ 2 อย่างไรก็ตามอาจมีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายแบบง่าย ๆ โดยลดต้นทุนการใช้ท่อซีเมนต์และปั๊มลง โดยใช้บ่อตามธรรมชาติก็ได้ ซึ่งอาจมีการตัดสาหร่ายสดให้กินเป็นอาหารเสริมแทนก็จะทำให้อัตราต้นทุนการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไม่ยุ่งยากจนเกินไป ง่ายต่อผู้ประกอบการที่จะดำเนินงาน และยังเป็นผลดีต่อการเพาะเลี้ยงปลาอีกด้วย แต่ก็ต้องมีการควบคุมเรื่องการปนเปื้อนของสาหร่ายและโปรโตซัวชนิดอื่นๆ ที่อาจขึ้นมาปะปน รวมไปถึงฤดูกาลที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงด้วย

4.8 คุณภาพน้ำในการเพาะเลี้ยง

น้ำที่ใช้ในการเลี้ยงปลาในการศึกษาในครั้งนี้เป็นน้ำในบริเวณบ่อพักน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตผักและผลไม้กระป๋อง โดยทั่วไปสภาพของน้ำมีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยทำการเก็บตัวอย่างของน้ำทุก 14 วันได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

จากการเพาะเลี้ยงปลาไนในกระชังของบ่อพักน้ำทิ้งเป็นเวลา 3 เดือนพบว่า คุณภาพของน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงมีค่าไม่แตกต่างกันในระหว่างเดือนที่เพาะเลี้ยง (ตารางที่ 4.8) โดยมีค่าตัวแปรต่างๆ ไม่เกินค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด (ประกาศกระทรวงทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม, 2550) แต่อย่างไรก็ตามพบว่าน้ำทิ้งเหล่านี้ไม่ได้มีการเพาะเลี้ยงปลานิลมากนักจนถือได้ว่าเป็นน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดโดยตรง ยังคงถือว่าเป็นน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม จึงควรใช้มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ซึ่งจากการเปรียบเทียบพบว่าน้ำทิ้งของโรงงานมีคุณภาพตามมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.8 คุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงปลานิล

ดัชนี คุณภาพน้ำ	สัปดาห์ 0	สัปดาห์ 2	สัปดาห์ 4	สัปดาห์ 6	สัปดาห์ 8	สัปดาห์ 10	สัปดาห์ 12	เฉลี่ย±SD
อุณหภูมิ (°C)	23.6	23.4	24.5	25.6	24.2	24.6	24.4	24.3±0.72
TS (มก./ล.)	67	64	79	76	56	65	64	67.3±7.8
pH	7.5	7.2	6.9	7.6	7.5	6.9	7.4	7.3±0.29
DO (มก./ล.)	5.5	5.2	5.5	6.5	6.5	5.8	5.4	5.8±0.53
COD (มก./ล.)	68	80	76	65	82	75	79	75.0±6.3
BOD (มก./ล.)	16	18	19	15	14	19	20	17.3±2.3
NO ₃ ⁻ (มก./ล.)	17	19	14	25	16	14	19	17.7±3.8
NH ₄ ⁺ -N (มก./ล.)	0.14	0.16	0.23	0.15	0.30	0.24	0.23	0.20±0.06
SRP (มก./ล.)	0.11	0.32	0.16	0.22	0.30	0.23	0.18	0.22±0.07

ตาราง ที่ 4.9 คุณภาพของน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อน้ำทิ้งของโรงงานที่ใช้เพาะเลี้ยงปลานิลเปรียบเทียบกับคุณภาพตามมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ดัชนีคุณภาพน้ำ	บ่อดทดลอง	ค่ามาตรฐาน*
pH	7.3±0.29	5.5-9.0
อุณหภูมิ	24.5±0.72	ไม่เกิน 40(°C)
BOD	17.3±2.3	ไม่เกิน 20 มก./ล.
COD	75.0±6.3	ไม่เกิน 120 มล./ล.
โลหะหนัก		

ตะกั่ว	-	0.2 มล./ล.
ทองแดง	-	2.0 มล./ล.
สารหนู	-	0.25 มล./ล.
สังกะสี	0.01	5.0 มล./ล.

*ที่มา : ประกาศคณะกรรมการควบคุมมลพิษ, 2539

ถึงแม้ว่าน้ำทิ้งเหล่านี้จะผ่านคุณภาพตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากทั้งปอโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม และบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดก็ตาม แต่ในแง่ของคุณภาพเกี่ยวกับความปลอดภัยในการนำมาบริโภคเป็นสิ่งสำคัญ ดังนั้นน้ำที่นำมาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำนั้นจึงต้องมีคุณภาพและเหมาะสมต่อการนำมาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยคุณภาพน้ำที่มีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงปลา หมายความว่าถึง สภาพของน้ำในบ่อที่ปลาอาศัยอยู่ได้ มีการเจริญเติบโตที่ดี แพร่พันธุ์ได้ และมีความแข็งแรงปราศจากโรค

อุณหภูมิ มีผลอย่างมากต่อปลาในบ่อ เนื่องจากปลาเป็นสัตว์เลือดเย็น ไม่สามารถรักษาอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ได้ ดังนั้นอุณหภูมิของร่างกายของปลาจึงมีการเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของน้ำอย่างรวดเร็ว ซึ่งอาจทำให้เกิดอันตรายต่อปลาได้ สำหรับปลาที่อาศัยอยู่ในเขตร้อนต้องการอุณหภูมิของน้ำอยู่ระหว่าง 25-32 องศาเซลเซียส ซึ่งการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในน้ำต้องมีการเปลี่ยนแปลงไม่ควรเกิน 3 องศาเซลเซียส (นฤมล, 2550) ในระยะเวลาสั้นๆ เพราะจะทำให้ปลาปรับตัวไม่ทันและอาจตายได้ ในการเพาะเลี้ยงครั้งนี้อุณหภูมิของน้ำมีค่าประมาณ 24.3 ± 0.72 ซึ่งนับได้ว่ามีความเหมาะสมต่อการเจริญของปลา

ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ซึ่งเป็นการวัดปริมาณของไฮโดรเจนไอออนที่มีอยู่ในน้ำ โดยค่า pH ของน้ำแตกต่างกันตามสภาพภูมิประเทศ สภาพแวดล้อม เช่น จุลินทรีย์และแพลงก์ตอนพืชก็สามารถทำให้ค่า pH ของน้ำเปลี่ยนแปลงด้วยเช่นกัน โดยทั่วไปในแหล่งน้ำตามธรรมชาติ มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง อยู่ระหว่าง 6-9 สำหรับในบ่อเลี้ยงปลา ค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาในรอบวัน ดังนี้คือ ในช่วงเช้าความเป็นกรดต่ำกว่าช่วงบ่าย เนื่องจากในเวลากลางคืน สิ่งมีชีวิตมีการหายใจ จึงต้องใช้ออกซิเจนและคายคาร์บอนไดออกไซด์ จะทำให้เกิดกรดคาร์บอนิก มีผลทำให้น้ำมีสภาพเป็นกรด ส่วนในเวลากลางวัน พืชน้ำและแพลงก์ตอนพืช มีการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์แสง มีผลทำให้คาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณลดลง สภาพน้ำจึงเป็นด่าง สำหรับ pH ที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงปลาในรอบวันไม่ควรมีการเปลี่ยนแปลงเกิน 2 หน่วย และค่าความเหมาะสมในการเลี้ยงปลาน้ำจืดประมาณ 6.5-9.0 โดยถ้า

pH มีค่าสูงหรือต่ำกว่านี้อาจมีผลทำให้สัตว์น้ำโตช้า ผลผลิตต่ำ และอาจถึงตายได้ (นฤมล, 2550) ในสภาพแวดล้อมของน้ำเป็นต่างมากมาย มีผลให้แอมโมเนียมีการแตกตัวเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้เกิดอันตรายได้ ในการเพาะเลี้ยงครั้งนี้ pH ของน้ำมีค่าประมาณ 7.3 ± 0.29 ซึ่งนับได้ว่ามีความเหมาะสมต่อการเจริญของปลา

ออกซิเจนละลาย เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิตทุกชนิดที่อาศัยอยู่ในน้ำ เนื่องจากสิ่งมีชีวิตต้องการออกซิเจนในการหายใจ และออกซิเจนยังช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์วัตถุในน้ำ ปริมาณของออกซิเจนที่สามารถละลายในน้ำได้ดีขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความกดดันของบรรยากาศ โดยถ้าอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ความสามารถในการละลายของออกซิเจนในน้ำลดลง ในเวลา 1 วันปริมาณออกซิเจนในบ่อปลาจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ปริมาณของออกซิเจนมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของปลา โดยพบว่าถ้ามีปริมาณออกซิเจนมีค่าน้อยกว่า 1 เป็นเวลานานหลายชั่วโมง อาจทำให้ปลาตายได้ ถ้ามีปริมาณออกซิเจน 1-5 มก./ล. อย่างต่อเนื่องพบว่า มีผลทำให้ปลาเติบโตช้าและไม่สามารถขยายพันธุ์ได้ ถ้ามีออกซิเจนมากกว่า 5 มก./ล. นั้นเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ ในการเพาะเลี้ยงครั้งนี้มีค่าออกซิเจนละลายประมาณ 5.8 ± 0.53 ซึ่งนับได้ว่ามีความเหมาะสมต่อการเจริญของปลา (มันสิน และไพพรรณ, 2538) อย่างไรก็ตามพบว่าปลาแต่ละชนิดมีความต้องการออกซิเจนในระดับที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของปลา โดยระดับต่ำสุดของออกซิเจนที่ทำให้ปลานิลตายได้นั้นประมาณ 0.8-1.2 มก./ล (ไมตรี, มปป)

ไนโตรเจนที่อยู่ในรูปแอมโมเนียที่แตกตัว (NH_4^+) ที่มีอยู่ในน้ำนั้นจะไม่ใช่พิษต่อสัตว์น้ำ ยกเว้นที่มีค่าความเข้มข้นสูงมากๆ ส่วนใหญ่แอมโมเนียในแหล่งน้ำมักเกิดจากการให้อาหารที่มีโปรตีนสูง มีเศษอาหารหรือของเสียที่มีผลทำให้ปริมาณแอมโมเนียสูงขึ้น ซึ่งในการทดลองครั้งนี้มีปริมาณแอมโมเนีย (NH_4^+) อยู่ประมาณ 0.20 ± 0.06 มก./ล. ส่วนไนโตรเจนในรูปของไนเตรท มีค่าประมาณ 17.7 ± 3.8 มก./ล. นั้นในทางการประมงไม่ถือว่าไนเตรทเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ นอกจากถ้ามีปริมาณความเข้มข้นสูงมากๆ แต่จะทำให้เกิดปัญหาได้ในกรณีที่ไนเตรทเปลี่ยนสภาพมาจากไนไตรท์และแอมโมเนีย

โลหะหนัก ถือได้ว่าเป็นสารพิษที่อยู่ในแหล่งน้ำ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อการเลี้ยงปลาโดยตรง เนื่องจากบางชนิดสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของปลา อาจทำให้ปลาตาย หรืออาจเก็บสะสมและตกค้างในร่างกายของปลา และสามารถถ่ายทอดไปสู่ผู้บริโภคได้ ในการเพาะเลี้ยงครั้งนี้มีการทดสอบค่าโลหะหนักบางชนิดที่อาจพบได้ในโรงงานผลิตอาหารกระป๋อง ซึ่งแสดงในตารางที่ 4.9 โดยพบว่าน้ำจากโรงงานผลิตผักและผลไม้กระป๋องนั้นผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งของประกาศคณะกรรมการควบคุมมลพิษ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงความ

ปลอดภัยของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและการตกค้างของสารพิษพบว่าน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงนี้มีความปลอดภัย เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากไม่พบสารพิษจำพวกโลหะหนักเลย ยกเว้นสังกะสี ซึ่งพบน้อยมากเพียง 0.01 มก./ล. ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ความเหมาะสมโดยน้ำที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำควรมีระดับความปลอดภัยต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำดังนี้ แคดเมียม (Cd^{2+}) ไม่มากกว่า 0.1-10 ไมโครกรัมต่อลิตร คอปเปอร์ (Cu^{2+}) ไม่มากกว่า 0.1-0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ปรอท (Hg) ไม่มากกว่า 1-10 ไมโครกรัมต่อลิตร และสังกะสี (Zn^{+}) ไม่มากกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร (นฤมล, 2550)



บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาหาสภาพที่เหมาะสมของน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ของโรงงานผักและผลไม้กระป๋องที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสาหร่ายที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ เพื่อนำมาเป็นส่วนผสมของอาหารปลา โดยในปีแรกได้ทำการการคัดแยกและจัดจำแนกสาหร่ายที่มีอยู่ในน้ำทิ้งจากโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง ซึ่งจากการศึกษาพบว่าสาหร่ายทั้งสิ้น 11 วงศ์ 15 สกุล และได้ทำการคัดเลือกสาหร่าย *Chlorella vulgaris* มาใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื่องจากเป็นสาหร่ายที่มีคุณค่าทางอาหารสูง และสามารถนำไปพัฒนาเป็นอาหารสัตว์ได้

จากการศึกษาความเข้มข้นสาหร่ายเริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงคือ 10% โดยมีจำนวนเซลล์สูงที่สุดเมื่อสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 16 คือ 16.08×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร และมีค่า OD เท่ากับ 0.42 คิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัด COD และ BOD ได้ 71.4 และ 72.73% ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าไนโตรเจน-ไนโตรเจน แอมโมเนียไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในรูป soluble reactive phosphorus ได้ 86.4%, 80% และ 62.8% ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเริ่มต้น

จากการศึกษาถึงระดับความลึกที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายคือ 20 เซนติเมตร โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 15 มีจำนวนเซลล์มากที่สุดคือ 18.14×10^5 เซลล์/มิลลิลิตร มีค่า OD 0.546 คิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัด COD และ BOD ได้ 7.4 และ 77.1% ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าไนโตรเจน-ไนโตรเจน แอมโมเนียไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในรูป soluble reactive phosphorus ได้ 82.4%, 86.7% และ 72.7% ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเริ่มต้น อย่างไรก็ตามในการเก็บเกี่ยวผลผลิตควรทำการเก็บสาหร่ายในวันที่ 12 ซึ่งเป็นระยะ log phase ซึ่งเป็นช่วงที่สาหร่ายมีความอุดมสมบูรณ์อย่างเต็มที่ และมีเซลล์ที่ตายอยู่น้อยและมีปริมาณของ Chlorellin น้อย

ทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายในท่อกลมซีเมนต์ ขนาดพื้นที่ทำการ 200 ลิตรในโรงเรือน และมีการให้อากาศ ที่ระดับความลึกที่เหมาะสมคือ 20 เซนติเมตร ทำการศึกษาแบบกะ (batch system) โดยใช้ความเข้มข้นของสาหร่ายเริ่มต้นที่ 10% ทำการเพาะเลี้ยง 12 วัน และทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตพบว่าสาหร่ายจะมีค่า OD 0.428 จำนวนเซลล์ประมาณ 13.72×10^5 เซลล์/มิลลิลิตร คิดเป็นน้ำหนักแห้งประมาณ 0.255 ± 80.54 กรัม/ลิตร โดยมีโปรตีนร้อยละ 45.6 เปอร์เซ็นต์ ไขมันร้อยละ 8.5 ไขมันร้อยละ 15.2 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 10.6 ของน้ำหนักแห้ง

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของปลานิล โดยใช้สาหร่าย *Chlorella vulgaris* เพาะเลี้ยงได้ มาเป็นส่วนผสมในอาหารปลา โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ชุดการทดลองที่ 1 ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป ในขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป ร่วมกับสาหร่ายในอัตรา 0.1% ของน้ำหนักปลา หรือประมาณ 2% ของอาหารปลา โดยทำการเลี้ยงปลานิลในกระชังในบ่อพักน้ำทิ้งของโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง เป็นเวลา 3 เดือน พบว่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลองเท่ากับ 124.3 ± 5.19 กรัม และ 150 ± 7.58 กรัม ตามลำดับ มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเท่ากับ 2.16 %/วัน และ 2.37 %/วัน ตามลำดับ มีอัตราการรอดเท่ากับ $61.7 \pm 9.5\%$ และ $76.3 \pm 5.5\%$ ตามลำดับ มีอัตราการแลกเนื้อ (FCR) 0.5 และ 0.44 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($P < 0.05$) พบว่า อัตราการรอดมีความแตกต่างทางสถิติ

จากการวิเคราะห์ผลตอบแทนที่ได้พบว่าผลตอบแทนอยู่ในความน่าพอใจสำหรับผู้ประกอบการ โดยในชุดการทดลองที่ 1 นั้นได้กำไรเบื้องต้น ดัชนีการทำกำไร อัตราผลตอบแทน และ กำไร (บาท/กิโลกรัม) ดังนี้ 234.25 บาท, 1.17, 17.10% และ 8.76 บาท/กิโลกรัม ในขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 ได้ 173.7 บาท, 1.08, 8%, 4.42 บาท/กิโลกรัม ตามลำดับ โดยถึงแม้ว่าจะได้ผลตอบแทนไม่สูงมากนักแต่ก็อยู่ในเกณฑ์ของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยทั่วไป

จากการเพาะเลี้ยงปลานิลในกระชังของบ่อพักน้ำทิ้งเป็นเวลา 3 เดือนพบว่า คุณภาพของน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงมีค่าไม่แตกต่างกันในระหว่างเดือนที่เพาะเลี้ยง โดยมีค่าตัวแปรต่างๆ ไม่เกินค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด และคุณภาพตามมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคม นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงความปลอดภัยของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและการตกค้างของสารพิษพบว่าน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงนี้มีความปลอดภัย เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากไม่พบสารพิษจำพวกโลหะหนักเลย ยกเว้นสังกะสี ซึ่งพบน้อยมากเพียง 0.01 มก./ล. เท่านั้น

ภาคผนวก



ตารางภาคผนวกที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยของปลานิลตั้งแต่เริ่มต้นการทดลองถึงเสร็จสิ้นการทดลอง

ชุดการทดลอง	น้ำหนักปลา(กรัม)			
	เริ่มทดลอง	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3
T1R1	20.8	56.6	90.3	145.8
T1R2	21.5	48.4	76.4	150.6
T1R3	20.1	50.1	85.2	138.9
$\bar{X} \pm SD$	20.8 $\pm$ 0.7	51.70 $\pm$ 4.3	83.97 $\pm$ 7.0	145.10 $\pm$ 5.9
T2R1	21.2	62.6	115.4	179.6
T2R2	20.4	60.3	99.3	168.3
T2R3	19.2	58.1	107.4	162.87
$\bar{X} \pm SD$	20.27 $\pm$ 1.0	60.33 $\pm$ 2.3	107.37 $\pm$ 8.0	170.26 $\pm$ 8.5

ตารางภาคผนวกที่ 2 แสดงจำนวนปลานิลที่รอดตายและอัตราการรอดตาย

ชุดการทดลอง	จำนวนปลา (ตัว)				อัตราการรอด
	เริ่มทดลอง	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3	
T1R1	100	76	62	62	62
T1R2	100	84	55	52	52
T1R3	100	75	73	71	71
$\bar{X} \pm SD$	100	78.33 $\pm$ 4.9	63.33 $\pm$ 9.1	61.67 $\pm$ 9.5	1.67 $\pm$ 9.5
T2R1	100	85	81	80	80
T2R2	100	82	82	79	79
T2R3	100	78	75	70	70
$\bar{X} \pm SD$	100	81.67 $\pm$ 3.5	79.3 $\pm$ 3.8	76.33 $\pm$ 5.5	6.33 $\pm$ 5.5

ตารางภาคผนวกที่ 3 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญแสดงและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ

ชุดการทดลอง	เริ่มทดลอง (กรัม)	สิ้นสุดการทดลอง (กรัม)	น้ำหนักปลาที่เพิ่ม (กรัม)	อัตราการเจริญ (กรัม/วัน)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ
T1R1	20.8	145.8	125	1.39	2.16
T1R2	21.5	150.6	129.1	1.43	2.16
T1R3	20.1	138.9	118.8	1.32	2.15
X±SD	20.8±0.7	145.10±5.9	124.3±5.19	1.38±0.156	2.16±0.006
T2R1	21.2	179.6	158.4	1.76	2.37
T2R2	20.4	168.3	147.9	1.64	2.35
T2R3	19.2	162.87	143.67	1.60	2.38
X±SD	20.27±1	70.26±8.5	49.99±7.58	1.67±0.083	2.36±0.152

ตารางภาคผนวกที่ 4 แสดงอัตราการแลกเนื้อ (FCR)

ชุดการทดลอง	นน.อาหารปลา (กรัม)	นน. สหรัย (กรัม)	นน.ปลาที่เพิ่ม (กรัม)	FCR
ชุดการทดลองที่ 1	3465	0	7665.17	0.45
ชุดการทดลองที่ 2	4404	140	11449.24	0.40

ตารางภาคผนวกที่ 5 แสดงค่าสถิติของผลผลิตของปลานิลที่เพาะเลี้ยง

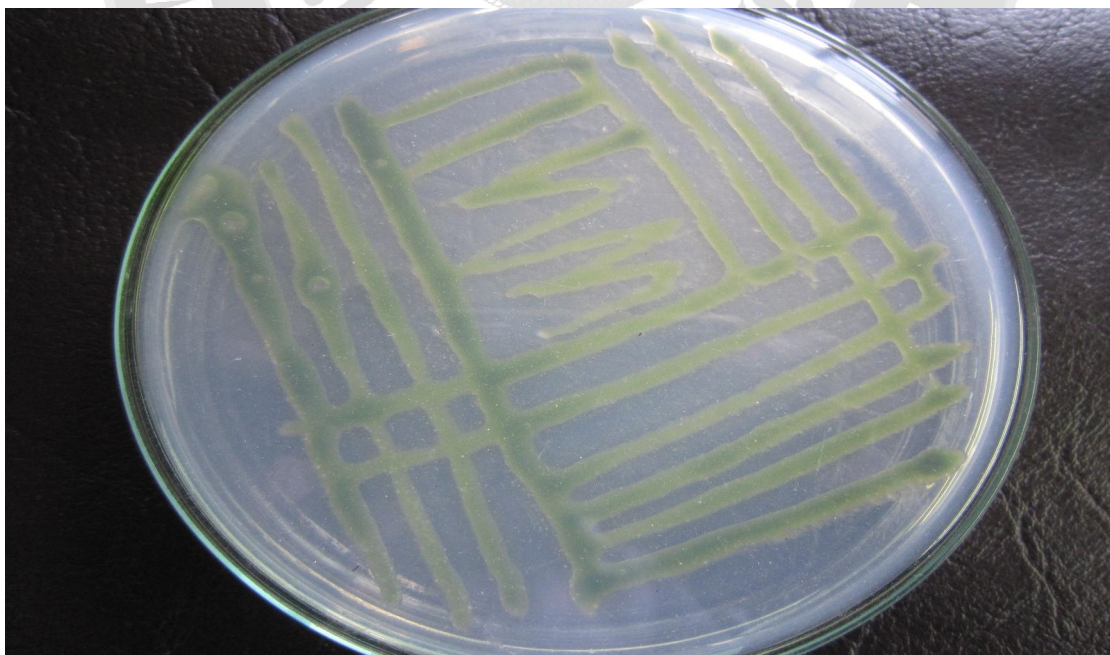
Parameter	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ	2.16±0.006 ^b	2.36±0.152 ^b
อัตราการรอด	61.67±9.5 ^a	76.33±5.5 ^b
น้ำหนักปลาที่เพิ่มหลังสิ้นสุดการทดลอง	124.3±5.19	149.99±7.58
อัตราการแลกเนื้อ	0.45	0.40

หมายเหตุ: ตัวเลขในตารางแสดงค่า X ± SD

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %



ภาพภาคผนวก 1 บริเวณบ่อพักน้ำทิ้งของโรงงานที่มีสาหร่ายขึ้นอยู่อย่างหนาแน่น



ภาพภาคผนวก 2 การทำเพาะเลี้ยงเชื้อสาหร่าย *Chlorell vulgaris* ที่บิวิสุทธีในอาหารแข็ง



ภาพภาคผนวก 3 การทำเพาะเลี้ยงเชื้อสาหร่าย *Chlorell vulgaris* ที่บิวิสุทธีในอาหารเหลว



ภาพภาคผนวก 4 การศึกษาหาความเข้มข้นเริ่มต้นที่เหมาะสมในห้องทดลอง



ภาพภาคผนวก 5 การเพิ่มปริมาณสาหร่าย *Chlorell vulgaris* เพื่อใช้เป็นอาหารปลา



ภาพภาคผนวก 6 การเก็บผลผลิตของสาหร่าย



Oscillatoria sp.

Scenedesmus sp.

ภาพภาคผนวก 7 สาหร่ายที่พบปะปนอยู่กับสาหร่าย *Chlorell vulgaris* ในการทดลอง



ภาพภาคผนวก 8 สาหร่ายแห้งและสาหร่ายผงที่ผลิตได้



ภาพภาคผนวก 9 บ่อเพาะเลี้ยงปลานิล ในบ่อพักน้ำทิ้งของโรงงานผลิตผักและผลไม้กระป๋อง



ภาพภาคผนวก 10 ตัวอย่างผลผลิตปลานิลที่เพาะเลี้ยงในบ่อ