



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวสกุล *Cladophora* (ไก)
เพื่อเป็นอาหารปลานิล
(ระยะ 2)

CULTURE OF GREEN ALGA GENUS *Cladophora* (KAI) AS
FEED FOR THE MAE-KONG GIANT CATFISH
(*Pangasianodon gigas*, Chevey)
(PHASE 2)

โดย รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริเพ็ญ ตริยไชยาพร และคณะ

มกราคม 2553

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสีเขียว สกุล *Cladophora* (ไก) เพื่อเป็นอาหารปลานิล” (ระยะ 2)

Culture of a Green Alga Genus *Cladophora* (KAI) as Feed for the Mae-Kong Giant Catfish (*Pangasianodon gigas*, Chevey) (Phase 2)

คณะผู้วิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริเพ็ญ ตรีชัยยาพร
รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม วรรณศิริ
ดร. จงกล พรหมยะ

สังกัด

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ชุดโครงการ “สาหร่าย”

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทคัดย่อ

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสีเขียว สกุล *Cladophora* (ไถ) เพื่อเป็นอาหารปลาบึก (ระยะ 2) ได้ดำเนินการโดยเพาะเลี้ยงสาหร่ายไถแบบหมวมวลในบ่อซีเมนต์โดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร ปัจจัยทางกายภาพ-เคมี ระหว่างการเพาะเลี้ยงคือ อุณหภูมิน้ำ 26-32 °C ความเข้มแสง 6,500-43,200 ลักซ์ ความเร็วกระแสน้ำ 0.20 เมตรต่อวินาที ค่าความเป็นกรดด่างหรือค่าพีเอชเมื่อเริ่มต้นเพาะเลี้ยงมีค่า 7 แต่ค่าพีเอช จะเพิ่มขึ้นระหว่างเพาะเลี้ยงเป็น 7.36-9.73 ความกระด้างและความเป็นด่างมีค่า 21.13-68.21 และ 62.33-110.00 มิลลิกรัมต่อลิตร CaCO_3 ปริมาณของแข็งที่แขวนลอยในน้ำ ออกซิเจนที่ละลายน้ำ บีโอดีและซีโอดี 2.00-34.67, 3.37-13.87, 0.43-11.57 และ 1.10-29.59 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนปริมาณสารอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสระหว่างการเพาะเลี้ยงมีช่วงความเข้มข้นค่อนข้างกว้างคือ ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน ไนเตรทไนโตรเจน และออร์โทฟอสเฟตฟอสฟอรัส มีค่า $< 0.001-1.069$, $< 0.001-1.580$ และ $< 0.001-14.780$ มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

สาหร่ายไถมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดหลังเพาะเลี้ยง 1 ถึง 2 สัปดาห์ คือ 1,247 กรัม/ตารางเมตร/สัปดาห์ หลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตจะลดลง เนื่องจากสาหร่ายเจริญเติบโตเต็มที่จนแน่นบ่อ ทำให้มีการบังแสงแดกกันเอง จนสาหร่ายไถบางส่วนตาย มวลชีวภาพของสาหร่ายไถหลังจากเพาะเลี้ยงระยะเวลา 6-8 สัปดาห์ (เมื่อเก็บเกี่ยวมวลชีวภาพเพียงครั้งเดียวเมื่อสิ้นสุดการเพาะเลี้ยง) ได้สาหร่ายไถ 3,187 กรัม/ตารางเมตร (น้ำหนักเปียก) ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไถพบว่าควรเก็บเกี่ยวมวลชีวภาพของสาหร่ายไถออกบางส่วนทุก 1-2 สัปดาห์ หรือ เมื่อสาหร่ายไถมีการเจริญเติบโตจนเกือบเต็มพื้นที่บ่อ สาหร่ายไถผลิตแคโรทีนอยด์ 893.92-1,728.95 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ซึ่งปริมาณสารอาหารมีอิทธิพลต่อการผลิตแคโรทีนอยด์ของสาหร่ายไถ โดยสาหร่ายไถที่เพาะเลี้ยงโดยควบคุมให้มีปริมาณสารอาหารที่พอเหมาะ โดยมีการเติมน้ำทิ้งเพื่อเพิ่มสารอาหารทุกๆ สัปดาห์ สาหร่ายไถจะผลิตแคโรทีนอยด์ได้มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเติมออร์โทฟอสเฟตฟอสฟอรัสจะทำให้สาหร่ายไถเพิ่มการผลิตแคโรทีนอยด์ พบว่าสาหร่ายไถที่เพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งโรงอาหารที่เติมออร์โทฟอสเฟตฟอสฟอรัส 20 มิลลิกรัม จะผลิตแคโรทีนอยด์ได้สูงสุด 1,728.95 ไมโครกรัมต่อกรัม ส่วนคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไถที่เพาะเลี้ยงมีค่าโปรตีน 10.05-17.58% ไขมัน 1.84-6.02% คาร์โบไฮเดรต 30.07-49.96% เกลือ 14.39-30.22% เยื่อใย 20.15-27.90% และความชื้น 9.45-15.32%

จากการทดลองเลี้ยงปลาบึกโดยให้อาหารผสมสาหร่ายไถ 0-15% พบว่าสาหร่ายไถสามารถใช้ทดแทนปลาป่นหรืออาหารโปรตีนสูงจากแหล่งอื่นได้ถึง 15% โดยสามารถช่วยเสริมการ

เจริญเติบโต และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้โปรตีนในอาหารได้ นอกจากนี้การผสมสาหร่ายไค ในอาหารยังมีผลต่อการเพิ่มระดับคุณค่าทางโภชนาการ และแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาน้ำจืด โดยอาหารผสมสาหร่ายไค 10-15% มีผลต่อการเพิ่มแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาดีที่สุด และอาหารผสมสาหร่ายไค ในสัดส่วนดังกล่าวยังมีต้นทุนการผลิตเนื้อปลาน้ำจืดต่ำกว่าอาหารสำเร็จรูปที่ไม่ผสมสาหร่ายไค และอาหารผสมไคเพียง 5% ดังนั้นจึงสมควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในการใช้สาหร่ายไคผสมในอาหารปลา ในสัดส่วนที่สูงขึ้นเป็น 20-50 % รวมทั้งอาหารสัตว์อื่น โดยเฉพาะไก่กระตังและไก่ไข่ต่อไป

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	๑
สารบัญ	๓
สารบัญตาราง	๔
สารบัญภาพ	๕
I. บทนำและวัตถุประสงค์	1
II. ทบทวนเอกสาร	3
III. วิธีดำเนินการวิจัย	11
IV. ผลการวิจัย	23
V. อภิปรายผลการวิจัย	58
VI. สรุปผลการวิจัย	62
VII. เอกสารอ้างอิง	66
ภาคผนวก ก รายงาน “งานวิจัยที่ทำเพิ่มเติมจากวัตถุประสงค์หลักของโครงการฯ”	72
ภาคผนวก ข คุณภาพน้ำ มวลชีวภาพ อัตราการเจริญเติบโต แคโรทีนอยด์ และคุณค่าทางโภชนาการของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไค	89
ภาคผนวก ค คุณค่าทางโภชนาการ การเจริญเติบโต แคโรทีนอยด์ และคุณภาพน้ำของการเลี้ยงปลาบึก	109
ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ	120
ภาคผนวก จ ภาพกิจกรรมการอบรมเชิงปฏิบัติการ การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคเพื่อประ โยชน์เชิงพาณิชย์	123

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
3.1 ปัจจัยทางกายภาพและเคมีของคุณภาพน้ำ และวิธีวิเคราะห์	15
3.2 ส่วนผสมของอาหารเลี้ยงปลาบีกที่ผสมสาหร่ายไค 0-15%	18
3.3 คุณค่าทางโภชนาการของอาหารปลาก่อนการทดลอง (โดยน้ำหนักแห้ง)	19
4.1 คุณภาพน้ำของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคในบ่อซีเมนต์ระบบน้ำวนโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร	26
4.2 มวลชีวภาพและอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายไค (ใช้น้ำหนักเปียก) ที่เพาะเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ระบบน้ำวนโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร	27
4.3 แคโรทีนอยด์และคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไคที่เพาะเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ระบบน้ำวนโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร	28
4.4 ต้นทุนการเลี้ยงปลาบีกจำนวน 22 ตัว ในบ่อขนาด 80 ตารางเมตร (5 X 16 X 1 เมตร) เป็นระยะเวลา 18 เดือน	50
ภาคผนวก ก.1 คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี และวิธีวิเคราะห์	77
ภาคผนวก ก.2 คุณภาพน้ำของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคในบ่อดินระบบน้ำวนและการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโดยใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงปลาบีก	79
ภาคผนวก ก.3 มวลชีวภาพและอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายไค (ใช้น้ำหนักเปียก) ที่เพาะเลี้ยงในบ่อดินและเพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร	82
ภาคผนวก ก.4 มวลชีวภาพรวมของสาหร่ายไค (กรัม/ตารางเมตร น้ำหนักเปียก) ที่เพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำจากบ่อปลาบีกในชุดการทดลองที่ 3	82
ภาคผนวก ก.5 แคโรทีนอยด์และคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไคที่เพาะเลี้ยงในบ่อดินระบบน้ำวน และเพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงปลาบีก	82
ภาคผนวก ข.1 คุณภาพน้ำของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไค ชุดการทดลองที่ 1	90
ภาคผนวก ข.2 คุณภาพน้ำของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไค ชุดการทดลองที่ 2	95
ภาคผนวก ข.3 คุณภาพน้ำของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไค ชุดการทดลองที่ 3	100
ภาคผนวก ข.4 ชุดการทดลองที่ 1: น้ำหนักสาหร่ายไค	105
ภาคผนวก ข.5 ชุดการทดลองที่ 1: อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายไค	105
ภาคผนวก ข.6 ชุดการทดลองที่ 2: น้ำหนักสาหร่ายไค	106

ภาคผนวก ข.7 ชุดการทดลองที่ 2: อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายไก่อ	106
ภาคผนวก ข.8 ชุดการทดลองที่ 1: แคลโรนินอยด์ของสาหร่ายไก่อและผลการวิเคราะห์ทางสถิติ	107
ภาคผนวก ข.9 ชุดการทดลองที่ 2: แคลโรนินอยด์ของสาหร่ายไก่อและผลการวิเคราะห์ทางสถิติ	107
ภาคผนวก ข.10 ชุดการทดลองที่ 3: แคลโรนินอยด์ของสาหร่ายไก่อและผลการวิเคราะห์ทางสถิติ	107
ภาคผนวก ข.11 ชุดการทดลองที่ 1: คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไก่อ	108
ภาคผนวก ข.12 ชุดการทดลองที่ 2: คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไก่อ	108
ภาคผนวก ข.13 ชุดการทดลองที่ 3: คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไก่อ	108
ภาคผนวก ค.1 คุณค่าทางโภชนาการของอาหาร (น้ำหนักแห้ง) ก่อนการเลี้ยงปลาบึก ด้วยอาหารผสมสาหร่ายไก่อ	110
ภาคผนวก ค.2 น้ำหนักเฉลี่ยของปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายไก่อ ระยะเวลาการเลี้ยง 18 เดือน	111
ภาคผนวก ค.3 ความยาวเฉลี่ยของปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายไก่อ ระยะเวลาการเลี้ยง 18 เดือน	111
ภาคผนวก ค.4 อัตราการเจริญเติบโต (ADG) น้ำหนักเพิ่ม (%) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) อัตราการเปลี่ยนอาหารให้เป็นเนื้อ (FCR) ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (PER) อัตราการรอดตาย และต้นทุนการผลิตของปลาบึกในแต่ละหน่วยทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 18 เดือน	112
ภาคผนวก ค.5 Lutein, Zeaxanthin และ Beta-carotene ในเนื้อปลาบึก ตลอดการเลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายไก่อ ทั้ง 4 สูตร เป็นเวลา 18 เดือน	112
ภาคผนวก ค.6 แคลโรทีนอยด์ และคุณค่าทางโภชนาการในเนื้อปลาบึก ก่อนการเลี้ยงปลาบึกด้วยอาหารผสมสาหร่ายไก่อ	113
ภาคผนวก ค.7 แคลโรทีนอยด์ และคุณค่าทางโภชนาการในเนื้อปลาบึก หลังการเลี้ยงปลาบึกด้วยอาหารผสมสาหร่ายไก่อ ทั้ง 4 สูตร เป็นเวลา 18 เดือน	113
ภาคผนวก ค.8 อุณหภูมิของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึก ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน	114
ภาคผนวก ค.9 ปริมาณสารแขวนลอยในน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึก ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน	114
ภาคผนวก ค.10 ความกระด้างของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึก ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน	115
ภาคผนวก ค.11 ความเป็นด่างของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึก ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน	115
ภาคผนวก ค.12 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึก ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ทั้ง 18 เดือน	116

ภาคผนวก ค.13	ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึก ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน	116
ภาคผนวก ค.14	ค่าไบโอเคมีคัลออกซิเจนดีแมนด์ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึก ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน	117
ภาคผนวก ค.15	ค่าเคมีคัลออกซิเจนดีแมนด์ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึก ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน	117
ภาคผนวก ค.16	ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึก ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน	118
ภาคผนวก ค.17	ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึก ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน	118
ภาคผนวก ค.18	ค่าออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึก ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน	119
ภาคผนวก ง.1	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของน้ำหนักสำหรับไก่โดย ANOVA	121
ภาคผนวก ง.2	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณแคโรทีนอยด์รวมในสำหรับไก่โดย ANOVA	121
ภาคผนวก ง.3	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของคุณค่าทางโภชนาการในสำหรับไก่โดย ANOVA	122

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
2.1 สาหร่ายไคสกุส <i>Cladophora</i>	3
2.2 สาหร่ายไคที่เจริญเติบโตในลำน้ำน่าน	5
2.3 ชาวบ้านกำลังเก็บเกี่ยวสาหร่ายไคจากลำน้ำน่านไปแปรรูป	5
2.4 ผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายไค	6
2.5 ปลาบึก	9
3.1 บ่อซีเมนต์ระบบน้ำวนใช้เพาะเลี้ยงสาหร่ายไค	11
3.2 การเตรียมน้ำทิ้งจากโรงอาหาร	12
3.3 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคในบ่อซีเมนต์ระบบน้ำวน	13
3.4 บ่อเลี้ยงปลาบึกซึ่งพัฒนามาจากบ่อขนาดใหญ่เป็นบ่อขนาด 5x20x1 เมตร	16
3.5 ลูกปลาบึกอายุ 1 ปี น้ำหนัก 1 กิโลกรัม	17
3.6 อาหารปลาผสมสาหร่ายไค ทั้ง 4 สูตร	18
3.7 เนื้อปลาบึกที่นำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี	21
4.1 สาหร่ายไคที่เจริญเติบโตในบ่อซีเมนต์ระบบน้ำวน	29
4.2 มวลชีวภาพของสาหร่ายไคที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในบ่อซีเมนต์	31
4.3 น้ำหนักตัวเฉลี่ย (กรัม/ตัว) ของปลาบึกในแต่ละหน่วยทดลอง เมื่อปลาได้รับ อาหารผสมสาหร่ายไคในสัดส่วนต่าง ๆ กัน ระยะเวลาการเลี้ยง 18 เดือน	32
4.4 อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน) ของปลาบึกในแต่ละหน่วยทดลอง ตลอด ระยะเวลาการเลี้ยง 18 เดือน	33
4.5 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (%) ของปลาบึกในแต่ละหน่วยทดลอง ตลอดระยะเวลา การ เลี้ยง 18 เดือน	33
4.6 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาบึกในแต่ละหน่วยทดลอง ตลอดระยะเวลา การเลี้ยง 18 เดือน	34
4.7 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาบึก (FCR) ในแต่ละหน่วยทดลอง ตลอด ระยะเวลาการเลี้ยง 18 เดือน	34
4.8 ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของปลาบึกในแต่ละหน่วยทดลอง ตลอดระยะเวลา การเลี้ยง 18 เดือน	35

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
4.9 อัตราการรอดตาย (%) ของปลาบึกในแต่ละหน่วยทดลอง ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 18 เดือน	35
4.10 ต้นทุนการผลิตปลาบึกในแต่ละหน่วยทดลอง ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 18 เดือน	36
4.11 ปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาบึกก่อนการเลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายไค	36
4.12 ปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาบึกหลังการเลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายไค เป็นระยะเวลา 18 เดือน	37
4.13 ปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายไค ระยะเวลา 18 เดือน พบว่าในหน่วยทดลองที่ 3 และ 4 (ไค 10% และ 15%) เนื้อปลามีแคโรทีนอยด์สูง	37
4.14 ปริมาณลูทีนในเนื้อปลาบึก หลังการเลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายไคเป็นเวลา 18 เดือน	38
4.15 ปริมาณซีอาซานทินในเนื้อปลาบึก หลังการเลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายไคเป็นเวลา 18 เดือน	38
4.16 ปริมาณเบต้าแคโรทีนในเนื้อปลาบึก หลังการเลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายไค เป็นระยะเวลา 18 เดือน	39
4.17 คุณค่าทางอาหารในเนื้อปลาบึกก่อนการทดลองเลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายไค ทั้ง 4 สูตร	41
4.18 คุณค่าทางอาหารในเนื้อปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายไค ทั้ง 4 สูตร เป็นระยะเวลา 18 เดือน	42
4.19 อุณหภูมิของน้ำ (°C) ในบ่อเลี้ยงปลาบึกตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน	43
4.20 ปริมาณสารแขวนลอยที่แขวนลอยในน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึกตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน	43
4.21 ความกระด้างของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึกตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน	44
4.22 ความเป็นด่างของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึกตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน	44
4.23 ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึกตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 18 เดือน	45
4.24 ค่าออกซิเจนละลายน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึกตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน	45
4.25 ค่าไบโอเคมีคัลออกซิเจนดีแมนด์ ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึกตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน	46
4.26 ค่าเคมีคัลออกซิเจนดีแมนด์ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึกตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน	47

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
4.27 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึงตลอดระยะเวลา การเลี้ยงทั้ง 18 เดือน	47
4.28 ค่าไนเตรทไนโตรเจนของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึงตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน	48
4.29 ค่าออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึงตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ทั้ง 18 เดือน	48
4.30 पोस्टерลักษณะสาหร่ายไก่อในธรรมชาติและภายใต้กล้องจุลทรรศน์	52
4.31 पोस्टерการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อในบ่อดินระบบน้ำวน	53
4.32 पोสเตอร์ผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปจากสาหร่ายไก่อ	54
4.33 पोสเตอร์อาหารปลาผสมสาหร่ายไก่อ	55
4.34 บ่อ (ซีเมนต์และบ่อดิน) เพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อระบบน้ำวน ในพื้นที่ของเกษตรกรที่ ตำบลยุหว่า อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่	56
4.35 อบรมเรื่องการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อเชิงพาณิชย์แก่เกษตรกร ตำบลยุหว่า อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่	57
ภาคผนวก ก.1 บ่อดินระบบน้ำวน	76
ภาคผนวก ก.2 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อในบ่อดิน	77
ภาคผนวก ก.3 สาหร่ายไก่อที่เจริญเติบโตในบ่อดิน	83

I บทนำ

สาหร่าย ไก เป็นชื่อท้องถิ่นซึ่งเรียกสาหร่ายสีเขียวสกุล *Cladophora* และ *Microspora* นิยมรับประทานในหมู่ชาวไทยลื้อมากกว่าคนพื้นเมือง อย่างไรก็ตาม ความนิยมในการรับประทานสาหร่ายน้ำจืดค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับสาหร่ายทะเล ทั้งนี้เป็นเพราะชนิดและปริมาณสาหร่ายน้ำจืดที่พบในธรรมชาติมีค่อนข้างน้อย และภาวะมลพิษของแหล่งน้ำที่เพิ่มขึ้นในปัจจุบัน ทำให้การนำสาหร่ายน้ำจืดมารับประทานถูกจำกัดให้น้อยลง (สรวิศ, 2543)

สาหร่าย ไก สกุล *Cladophora* หรือมีชื่อในบางท้องถิ่นว่า ไก ไกไหม ไกเปื่อย และ ตะ นิยมรับประทานในจังหวัดน่านและเชียงราย ซึ่งพบสาหร่ายนี้ โดยพบทั้งในลำน้ำน่านและลำน้ำสาขาของกลุ่มน้ำน่าน และพบมากเช่นกันในแม่น้ำโขง เขตอำเภอเชียงของ อำเภอเวียงแก่น และอำเภอเชียงแสน แต่สาหร่าย ไก จะพบมากในช่วงฤดูหนาว และฤดูร้อน (แล้ง) ในบริเวณที่ระดับน้ำค่อนข้างตื้นและน้ำใส โดยที่จังหวัดน่านจะพบมาก 4-5 เดือน ส่วนที่จังหวัดเชียงรายจะพบมากประมาณ 3-4 เดือน เนื่องจาก *Cladophora* เป็นสาหร่ายที่มีคุณค่าทางโภชนาการและมีปริมาณแคโรทีนอยด์สูง แต่ยังมี ความจำกัดในเรื่องระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวผลผลิตสาหร่ายจากธรรมชาติ ฉะนั้นจึงเป็นสาหร่ายที่ควรเพาะเลี้ยง เพื่อให้สามารถเก็บใช้ได้ตลอดปี

ดังนั้นจึงเป็นที่มาของการศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไไกในระดับห้องปฏิบัติการในอ่างแก้วที่มีระบบน้ำหมุนเวียน เพื่อทำให้สามารถเพาะเลี้ยงและเก็บผลผลิตสาหร่ายไไกได้ตลอดทั้งปี จากรายงานโครงการวิจัย เรื่อง “การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวสกุล *Cladophora* (ไไก) เพื่อเป็นอาหารปลานิล (ระยะ 1)” ซึ่งเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไไกเบื้องต้น โดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร มาทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไไกทั้งในโหลแก้ว และเพาะเลี้ยงสาหร่ายไไกในอ่างแก้วขนาด กว้าง 0.50 เมตร ยาว 1.50 เมตร และสูง 0.50 เมตร ที่มีระบบน้ำหมุนเวียน ตรวจสอบคุณภาพน้ำ วัดอัตราการเจริญเติบโตและมวลชีวภาพของสาหร่ายไไก รวมทั้งวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ และปริมาณคาโรทีนอยด์ของสาหร่ายไไกจากการเพาะเลี้ยง ปรากฏว่าสาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้ดีตลอดระยะเวลา 1 ปี ที่ได้ทำการเพาะเลี้ยง ผลิตมวลชีวภาพที่มีคุณค่าทางโภชนาการและมีปริมาณคาโรทีนอยด์สูง (ศิริเพ็ญ และคณะ, 2548) จากการศึกษาดังกล่าวสามารถเป็นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อใช้ในการเพาะเลี้ยงในระดับมหาวิทยาลัยเพื่อนำมาผสมกับอาหารเลี้ยงปลานิลซึ่งเป็นปลาเศรษฐกิจที่น่าสนใจได้ต่อไป

ดังนั้นจึงเป็นที่มาของการนำสาหร่าย ไไก สกุล *Cladophora* มาเพาะเลี้ยงแบบหมวมวล โดยการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไไกแบบหมวมวลเป็นทางออกที่จะช่วยทำให้ได้ผลผลิตสาหร่ายไไกตลอดทั้งปี ช่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงอาหารให้มีคุณภาพดีขึ้น สามารถนำผลผลิตเหล่านี้ไปใช้ผสมอาหารเลี้ยงปลานิล

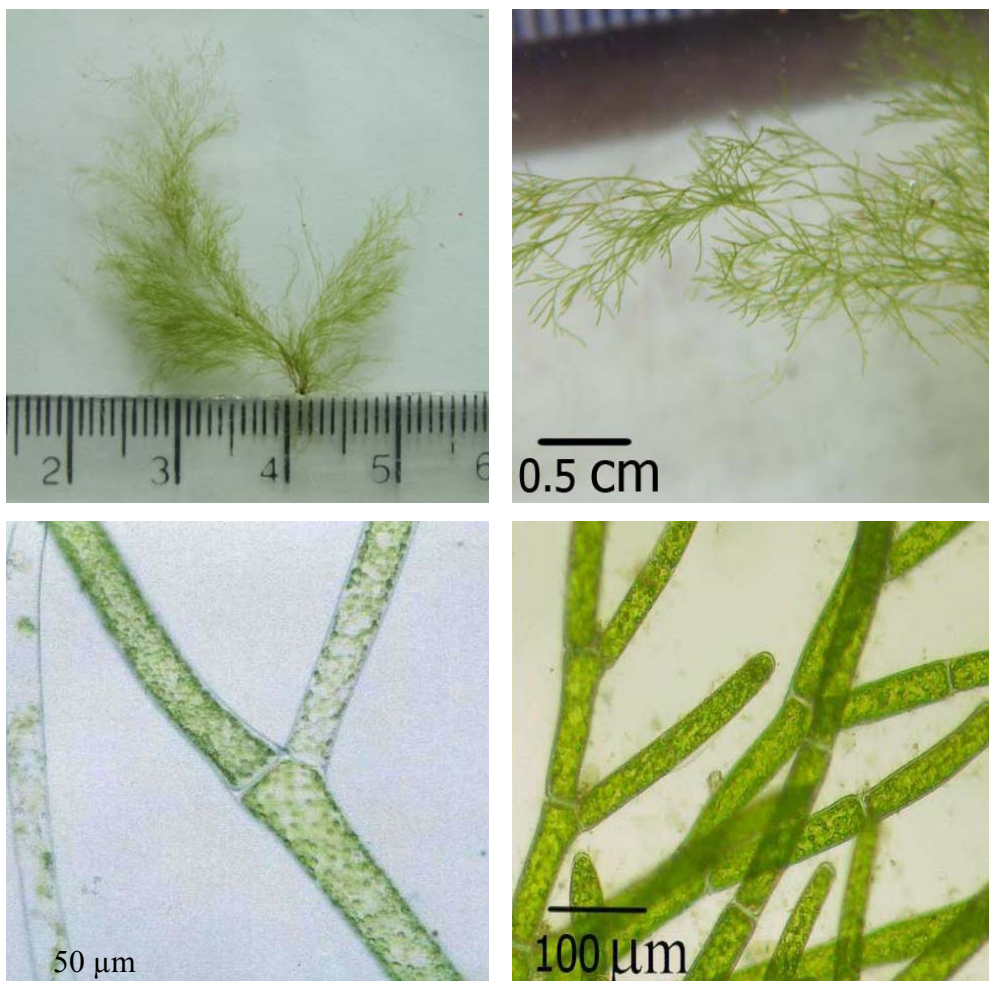
เพื่อเป็นแหล่งโปรตีนและแคโรทีนอยด์ ช่วยลดต้นทุนอาหาร และเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อปลา บิ๊ก ตลอดจนนำผลการวิจัยที่ได้เผยแพร่สู่เกษตรกร และผู้สนใจ โดยการสาธิต การประชาสัมพันธ์ จัดการอบรม และส่งเสริมวิธีการเพาะเลี้ยงต่อไป

วัตถุประสงค์หลักของการวิจัย

1. ศึกษาอัตราการเจริญเติบโต การเพิ่มผลผลิตและมวลชีวภาพของสาหร่ายไค จากการเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ขนาดที่ใช้สำหรับเพาะเลี้ยงพันธุ์ปลา
2. วิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์และคุณค่าโภชนาการของสาหร่ายไค และคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมี เมื่อเพาะเลี้ยงสาหร่ายแบบหมวลในบ่อซีเมนต์ด้วยน้ำทิ้งจากครัวเรือน
3. ศึกษาการใช้สาหร่ายไคเพื่อเป็นอาหารปลาบิ๊ก โดยใช้สาหร่ายสัดส่วนต่างๆ กัน ทดแทนปลาป่นในอาหารเลี้ยงปลาบิ๊กและเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโต อัตราการเพิ่มน้ำหนัก และอัตราการรอดตายของปลาบิ๊กเมื่อใช้สาหร่ายไค
4. วิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ และคุณค่าทางโภชนาการของปลาบิ๊ก
5. ประชาสัมพันธ์และจัดทำเอกสารเผยแพร่สู่เกษตรกรและผู้สนใจทั่วไป
6. จัดการสาธิตผล สาธิตวิธี ฝึกอบรมและส่งเสริมวิธีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไค เพื่อเป็นอาหารมนุษย์ และอาหารปลาบิ๊กสู่เกษตรกรและผู้สนใจทั่วไป

II ทบทวนเอกสาร

Cladophora เป็นสาหร่ายสีเขียวประเภทยืคเกาะขนาดใหญ่ มีลักษณะเป็นเส้นสายแบบแตกแขนงทีละ 1 คู่ หรือแบบไดโคโตมัส (dichotomous branching) ทลัสแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 เป็นฐานจะมีไรซอยด์ (rhizoid) และแขนงสั้นๆ ยึดกับพื้นผิว และส่วนที่ 2 มีลักษณะคล้ายลำต้น (caudal) ซึ่งจะแตกแขนงตั้งตรงขึ้นมาเป็นเส้นสาย ลักษณะสายของ *Cladophora* เป็นลอน ผิวสัมผัสหยาบ รูปร่างเซลล์เป็นทรงกระบอกยาว ด้านยาวยาวกว่าด้านกว้างมาก ผนังเซลล์หนา ในเซลล์ที่มีอายุมักมีคลอโรพลาสต์เป็นแบบร่างแหอยู่ด้านข้างของเซลล์ มีไฟรีนอยด์หลายอัน ใน 1 เซลล์มีมากกว่า 1 นิวเคลียส มีการสืบพันธุ์ทั้งแบบอาศัยเพศ (sexual reproduction) และไม่อาศัยเพศ (asexual reproduction) โดยมีวงจรชีวิตแบบสลับ (diplohaplontic) (Dodds and Gudder, 1992; Sze, 1998) (ภาพ 2.1)

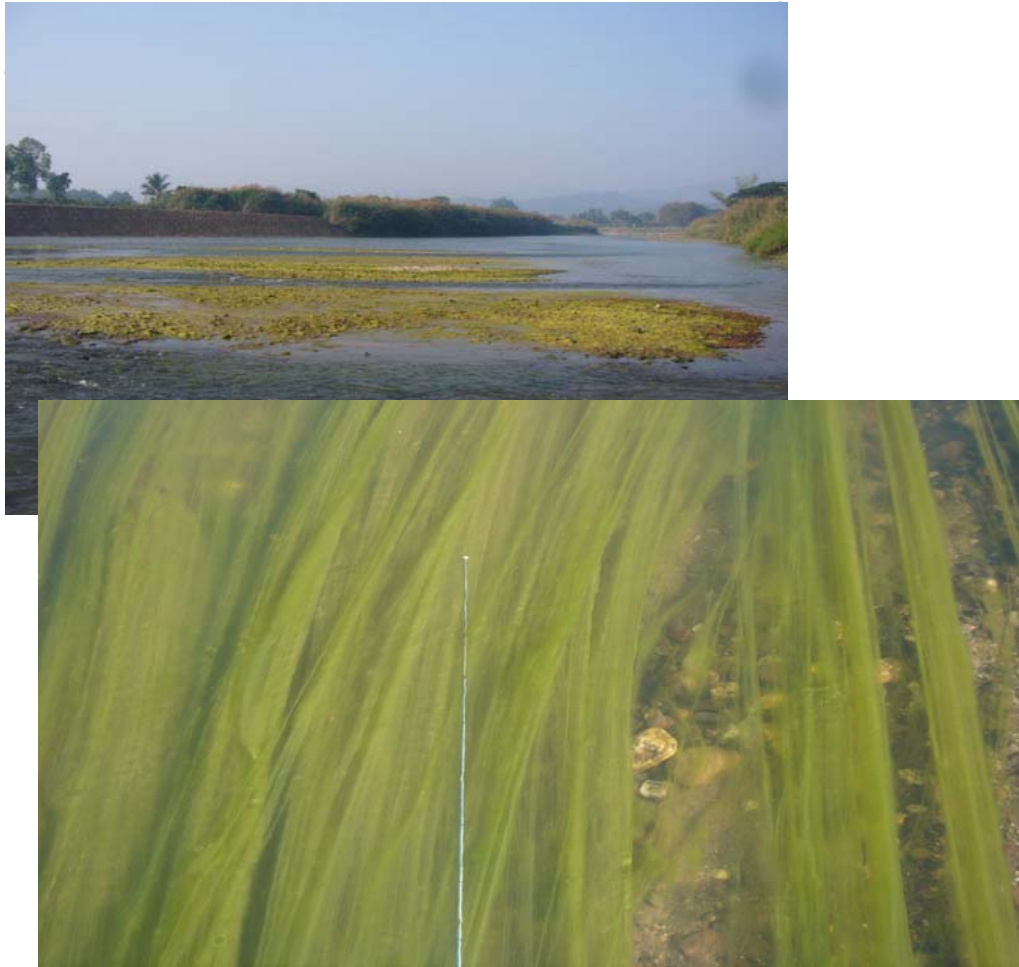


ภาพ 2.1 สาหร่ายไถสกุล *Cladophora*

van den Hoek (1963) ได้จัดจำแนกสาหร่ายสกุล *Cladophora* โดยอาศัยข้อมูลทางสัณฐานวิทยา (morphology) และได้รายงานสาหร่ายสกุลนี้ 38 ชนิด โดย *Cladophora* ที่อาศัยในน้ำจืดมีรายงานทั้งหมด 11 ชนิด คือ *Cladophora aegagropila* (L.) Rabenh., *C. fracta* var. *fracta* (Mull. Ex. Vahl) Kutz., *C. fracta* var. *intRicola* (Mull. ex Vahl) Kutz., *C. glomerata* var. *glomerata* (L.) Kutz., *C. glomerata* var. *crassior* (L.) Kutz., *C. rivularis* (L.) v.d. Hoek, *C. surera* Brand, *C. cornuta* Brand, *C. kosterae* Hoffm. & Tild., *C. basiramosa* Schmidle และ *C. pachyderma* (Kjellm.) Brand. ส่วนในประเทศไทยมีการรายงานการพบ *C. glomerata* และ *Cladophora* sp. ในแม่น้ำโขงและแม่น้ำน่าน (ศรีวรรณ และประเสริฐ, 2544; Peerapornpisal et al., 2006)

สาหร่ายไถเป็นที่นิยมบริโภคใน ไทย (ภาคเหนือ) ลาวและพม่า ในประเทศไทยพบสาหร่ายไถมากในแม่น้ำโขงบริเวณจังหวัดเชียงราย แถบอำเภอเชียงของ เวียงแก่น และเชียงแสน ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน ส่วนลุ่มน้ำน่าน จังหวัดน่าน พบมากในฤดูหนาวถึงฤดูร้อน ที่น้ำใส โดยสาหร่ายไถจะยึดเกาะอยู่กับพื้นผิวที่เป็นก้อนหินใต้น้ำอย่างหนาแน่น บางครั้งจะพบทอดตัวยาว 14 ถึง 16 เมตร (ภาพ 2.2) ชาวบ้านจะเก็บไถจากแม่น้ำ (ภาพ 2.3) ทำเป็นอาหารในรูปแบบต่างๆ เช่น ทำแห้ง ทำเป็นแผ่น (ไถน้ำจ๋า) ไถยี้ (ไถพริ้ว) ห่อหมกไถ แกงไถ เป็นต้น ซึ่งชาวบ้านมีความเชื่อว่าการรับประทานไถจะทำให้ร่างกายกระชุ่มกระชวย ชะลอความแก่ ช่วยทำให้ผมหดดำ และยังช่วยรักษาโรคต่างๆ เช่น อาการร้อนใน พิษแผลสด แผลง่อย ลดอาการปวดอักเสบได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังมีการนำมาแปรรูปในลักษณะต่างๆ เช่น ไถอบแห้ง ข้าวเกรียบไถ ไถแผ่น ไถยี้ (ภาพ 2.4) เป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนเพื่อจำหน่าย (ศรีวรรณ และประเสริฐ, 2544; อาภารัตน์, 2545)

ถึงแม้ว่าสาหร่ายไถ สกุล *Cladophora* จะมีการนำมาบริโภคอย่างแพร่หลายและมีคุณค่าทางเศรษฐกิจโดยเฉพาะประชาชนในแถบภาคเหนือตอนบน แต่การวิจัยเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Cladophora* ยังมีน้อยมาก เนื่องจากมีความยุ่งยากในการนำสาหร่ายจากสภาพธรรมชาติมาเพาะเลี้ยง รวมทั้งการทำระบบเพาะเลี้ยงก็ต้องมีทักษะในการดำเนินการ ซึ่งมีรายงานจากการวิจัยหลายฉบับว่าถ้าเพาะเลี้ยง *Cladophora* ในน้ำนิ่ง สาหร่ายไถจะเจริญเติบโตช้ามากและมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาไม่เหมือนกับสาหร่ายไถที่เจริญในสภาพธรรมชาติ (Whitton, 1967)



ภาพ 2.2 สาหร่ายไวกที่เจริญเติบโตในลำน้ำน่าน



ภาพ 2.3 ชาวบ้านกำลังเก็บเกี่ยวสาหร่ายไวกจากลำน้ำน่านไปแปรรูป



ภาพ 2.4 ผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายไก่อัดเม็ด

การศึกษานิเวศวิทยาของสาหร่ายไก่อัดเม็ด พบว่า มีหลายปัจจัยที่เป็นตัวควบคุมการเจริญเติบโต การผลิตมวลชีวภาพ (biomass production) และสัณฐานวิทยา (morphology) ได้แก่ ความเข้มแสง อุณหภูมิ น้ำ ความเป็นกรดด่าง ความเร็วของกระแส น้ำ ปริมาณของแข็งที่แขวนลอยในน้ำ และ ปริมาณสารอาหาร แต่จากรายงานต่าง ๆ ที่ผ่านมา พบว่า ฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยสำคัญที่ควบคุมการเจริญเติบโตและผลผลิตเบื้องต้นของสาหร่ายสกุลนี้ (Wong and Clark, 1976; Birch *et al*, 1981; Painter and Kamaitis, 1987; Bootsma *et al*, 2004; Higgins *et al*, 2006)

จากการศึกษาสภาพแวดล้อมของสาหร่ายไก่อัดเม็ดในแม่น้ำโขงโดยเก็บตัวอย่าง 4 ครั้ง จากจุดสำรวจ 5 จุด พบว่าประกอบด้วยสาหร่าย 2 ชนิด คือ *Cladophora glomerata* Kützinger (ไก่อัดเม็ด) และ *Microspora flucoose* Thuret (ไก่อัดเม็ด) โดยจะพบ *M. flucoose* มากกว่า *C. glomerata* เกือบทุกจุดสำรวจ โดยส่วนใหญ่จะพบ *C. glomerata* ที่บริเวณน้ำตื้นริมตลิ่ง และพบ *M. flucoose* ในบริเวณที่น้ำลึก แต่ในบางครั้งก็จะพบสาหร่ายทั้งสองชนิดขึ้นปะปนกัน ปัจจัยทางกายภาพและเคมีในแม่น้ำโขงมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงดังนี้ อุณหภูมิ น้ำ 21.8-26.8 องศาเซลเซียส ความขุ่น 14-134 NTU ความเร็วกระแส น้ำ 0.22-0.96 เมตรต่อวินาที pH 7.53-8.40 ค่าการนำไฟฟ้า 283-549 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ 140-275 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 7.2 – 9.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่าง 60-92 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนียไนโตรเจน 0.08-1.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรทไนโตรเจน 0.2-1.6 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณ soluble reactive phosphorus 0.07-0.67 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการศึกษาพบว่าปัจจัยทางกายภาพมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายทั้งสองสกุลมากกว่า

ปัจจัยทางเคมี ทั้งนี้เพราะปัจจัยทางเคมีในแม่น้ำโขงอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายทั้งสอง (ศรีวรรณ และ ประเสริฐ, 2544)

โครงการแม่น้ำเพื่อชีวิต (2549) รายงานโดยอ้างอิงคำสัมภาษณ์ของชาวบ้านที่อาศัยอยู่ชายฝั่งแม่น้ำโขงใน อ.เชียงแสน และ อ.เชียงของ จ.เชียงราย ว่าตั้งแต่จีนสร้างเขื่อนและมีการระเบิดแก่งในแม่น้ำโขง ทำให้น้ำโขงขุ่นหรือบางช่วงน้ำแห้ง ส่งผลให้สาหร่ายไคลลดลงอย่างน่าใจหาย ซึ่งปัจจุบันชาวบ้านสามารถเก็บเกี่ยวสาหร่ายไคลได้เพียงไม่กี่วันในหนึ่งปี ทำให้ชาวบ้านขาดรายได้จากการขายสาหร่ายไคลอย่างมาก

จากรายงานการวิจัยหลาย ๆ เรื่องบ่งชี้ว่าฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายสกุล *Cladophora* (Wong and Clark, 1976; Birch *et al.*, 1981; Painter and Kamaitis, 1987; Bootsma *et al.*, 2004; Higgins *et al.*, 2006) โดย Painter and Kamaitis (1987) รายงานว่าการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Cladophora* ในทะเลสาบ Ontario ประเทศ Canada จะถูกจำกัดด้วยปริมาณฟอสฟอรัสที่มีค่าต่ำกว่า 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร Bootsma *et al.* (2006) รายงานว่า สาหร่าย *Cladophora* ที่มีการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วในทะเลสาบ Michigan เกี่ยวข้องกับการมีระดับฟอสฟอรัสในน้ำสูง ซึ่งแหล่งที่มาของฟอสฟอรัสมาจากพื้นที่การเกษตร และน้ำที่ผ่านขบวนการบำบัดน้ำที่ไม่ได้มาตรฐาน

Whitton (1970), Dodds and Gudder (1992) และ Higgins *et al.* (2008) รายงานว่า สาหร่ายสกุล *Cladophora* สามารถเจริญเติบโตได้ในแหล่งน้ำที่มีสารอาหารต่ำมาก (ultraoligotrophic) จนถึงแหล่งน้ำที่มีสารอาหารสูง (eutrophic)

Hoffmann and Graham (1984) ได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ความเข้มแสง และระยะเวลาให้แสงต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย *C. glomerata* โดยเฉพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการพบว่า สาหร่ายให้มวลชีวภาพมากที่สุดเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิ 25 °C ความเข้มแสง 125 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที และให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน

Auer (1994) และ Auer and Canale (1982) รายงานว่า *Cladophora* ที่เจริญในแหล่งน้ำที่มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงจะเพิ่มการกักเก็บฟอสฟอรัสไว้ในเซลล์และทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตที่สูงขึ้น โดย *Cladophora* ที่เก็บสะสมฟอสฟอรัสในเซลล์ระหว่าง 1 ถึง 2 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม จะมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะระหว่าง 0.01 ถึง 0.25 ต่อวัน

Rönnberg and Lax (1980) รายงานว่ากระแสน้ำมีส่วนเกี่ยวข้องกับความยาวของเซลล์สาหร่าย *Cladophora* โดยพบว่าสาหร่าย *Cladophora* ที่เจริญอยู่บริเวณชายฝั่งที่มีกระแสน้ำรุนแรงจะมีความยาวของเซลล์มากกว่าสาหร่าย *Cladophora* ที่เจริญอยู่บริเวณที่มีกระแสน้ำที่ไม่น่ารุนแรงมากนัก ข้อมูลจาก Wilson *et al.* (1999), Usher and Blinn (1990) และ Salovius and Bonsdorff (2004) ชี้ให้เห็นว่าปริมาณของแข็งที่แขวนลอยในน้ำที่สูงขึ้นมีผลต่อการลดมวลชีวภาพ

และทำให้ความยาวเซลล์ของสาหร่าย *Cladophora* ลดลง แต่จะมีผลทำให้ความกว้างของเซลล์สาหร่ายเพิ่มขึ้น

Pitcairn and Hawkes (1973) พบว่าในแหล่งน้ำธรรมชาติสาหร่ายไกอเจริญเติบโตหนาแน่นมากที่สุดบริเวณที่บริเวณที่มีกระแสน้ำไหลเร็ว 20 เซนติเมตรต่อวินาที แต่ในบริเวณที่มีกระแสน้ำเชี่ยวมากจะไม่พบสาหร่ายสกุล *Cladophora* เจริญเติบโตอยู่

Cheney and Hough (1983) รายงานว่า ปัจจัยที่มีผลสำคัญต่อการสังเคราะห์แสงและสารอินทรีย์ของ *Cladophora fracta* ที่เจริญบนชายฝั่ง คือ แสง ออกซิเจน ค่าความเป็นด่าง พีเอช และสารอนินทรีย์

Ross (2006) กล่าวว่า มีการศึกษาเกี่ยวกับนิเวศวิทยาและปัจจัยทางกายภาพของสาหร่าย *Cladophora* ในอเมริกาเหนืออย่างมากมาย แต่การจัดจำแนกชนิดของสาหร่ายสกุลนี้ยังไม่ชัดเจนมากนัก เนื่องจากการจัดจำแนกสาหร่าย *Cladophora* ระดับชนิด (species) โดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยานั้นยากที่จะจัดจำแนก เนื่องจากสาหร่าย *Cladophora* จะมีรูปร่างและสัณฐานวิทยาเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อม

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไก่อ พบว่า มีโปรตีน 28%, ไขมัน 6.81%, เยื่อใย 19.29%, เถ้า 20.80%, ความชื้น 13.19%, ฟอสฟอรัส 0.36%, คาร์โบไฮเดรต 30.34% ส่วนวิตามินและเกลือแร่ พบว่า มีวิตามิน บี 1, วิตามิน บี 2, วิตามิน อี, แคลเซียม, โซเดียม, แมกนีเซียม, แมงกานีส, เหล็ก, ทองแดง และ สังกะสี เท่ากับ 169.50 , 541.10, 4.20, 943.90, 716.90, 170.50, 5.36, 162.00, 310.00 และ 0.65 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ แคลโรทีนอยด์เท่ากับ 340 ไมโครกรัมต่อกรัม (สรวิศ, 2543; ชูดี และคณะ, 2547) ส่วน Yoshii *et al.* (2004) ได้วิเคราะห์องค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตใน *Cladophora* 8 ชนิด ได้แก่ *Cladophora albida*, *C. coelothrix*, *C. glomerata*, *C. japonica*, *C. ohkuboana*, *C. pellucida*, *C. sericea* and *C. vagabunda* พบว่า มีเบต้า-แคลโรทีน 22, 14, 13, 12, 12, 11, 14 และ 16 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และมีลูทีน 22, 4, 36, 2, 7, 3, 37 และ 29 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ

ผลการศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อสกุล *Cladophora* ในระดับห้องปฏิบัติการโดยเพาะเลี้ยงในอ่างแก้วระบบน้ำวน ได้มวลชีวภาพสูงสุด 376.00 กรัมต่อตารางเมตร (น้ำหนักเปียก) และ 26.32 กรัมต่อตารางเมตร (น้ำหนักแห้ง) ส่วนคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไก่อโดยน้ำหนักแห้งมีค่าสูงสุดของ โปรตีน 31.49 % คาร์โบไฮเดรต 20.78% ไขมัน 4.17 % เยื่อใย 19.20% ความชื้น 8.71% เถ้า 27.33 % และแคลโรทีนอยด์ 820.49 ไมโครกรัมต่อกรัม (ศิริเพ็ญ และคณะ, 2548)

ปลาบึก (*Pangasianodon gigas*, Chevey) (ภาพ 2.5) เป็นปลาน้ำจืดขนาดใหญ่ มีถิ่นกำเนิดและแพร่พันธุ์ในลำน้ำโขง เป็นปลาที่กินพืชซึ่งรวมถึงสาหร่ายขนาดใหญ่เป็นอาหารหลัก กรมประมงได้ทำการขยายพันธุ์ปลาบึกโดยวิธีผสมเทียม และส่งเสริมให้เกษตรกรได้มีการเลี้ยงในบ่อเป็นอาชีพมากขึ้น โดยการให้อาหารสำเร็จรูป ซึ่งโปรตีนส่วนใหญ่ได้มาจากปลาป่น จึงทำให้ต้นทุนในการเลี้ยงปลาบึกสูง



ภาพ 2.5 ปลาบึก

ปัจจุบันได้มีการนำสาหร่ายมาผสมในอาหารปลากันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสาหร่ายมีรงควัตถุที่ช่วยเพิ่มสีส้มให้กับสัตว์น้ำ ทำให้สัตว์น้ำเจริญเติบโตได้ดี มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และมีอัตราการรอดตายสูง Kiriranikom *et al.* (2005) และ Lu *et al.* (2003) รายงานว่าปลาที่กินอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาจะมีรงควัตถุสะสมที่เนื้อและหนังมากขึ้น นอกจากนี้ Phromkunthong and Pipattanawattankul (2005) ยังพบว่า ปลาอุกที่กินอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาจะมีแคโรทีนอยด์สะสมในเนื้อเพิ่มขึ้นตามระดับของสไปรูลินาที่ผสมในอาหาร

การทดลองปรับปรุงคุณภาพเนื้อปลาคูกรัสเซียโดยใช้สาหร่ายสไปรูลินา และสาหร่ายไคนำสาหร่ายมาผสมในอาหาร 4 สูตร ได้แก่ อาหารผสมสาหร่าย 0 % อาหารผสมสาหร่าย *Spirulina platensis* 5 % อาหารผสมสาหร่าย *S. platensis* 10 % และอาหารผสมสาหร่าย *Cladophora* sp. 5 % นำอาหารผสมเลี้ยง ปลาคูกในบ่อดิน ระยะเวลาในการเลี้ยง 60 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า แค

โรทีนอยด์ในเนื้อปลาคุกรัสเซีย ที่เลี้ยงในสูตรอาหารผสมสาหร่าย *Cladophora* 5% มีค่า แคโรทีนอยด์ในเนื้อมากกว่าอาหารผสมสาหร่าย *S. platensis* 10% อาหารผสมสาหร่าย *S. platensis* 5% และ อาหารผสมสาหร่าย 0% ตามลำดับ ที่ความเชื่อมั่น 95% (จงกล และคณะ 2548) นอกจากนี้ยังมีการนำสาหร่ายสไปรูลินาแทนปลาป่น 5 ระดับคือ 0, 25, 50, 75 และ 100 % ในอาหารปลาที่สก็ทพบว่าการแทนที่ปลาป่นด้วยสาหร่ายสไปรูลินาในระดับที่สูงกว่า 25 % ส่งผลต่อน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะดีที่สุด และอัตราการแลกเนื้อมีค่าต่ำที่สุด รวมถึงมีการนำเอาสาหร่าย *Spirulina* มาผสมในอาหารให้ปลากินเพื่อเร่งสีปลา โดยผสมสาหร่าย *Spirulina* ในอาหารปลาปริมาณ 15 % ของอาหารทั้งหมด นำไปเลี้ยงปลาแฟนซีกร๊าฟ พบว่าปลาแฟนซีกร๊าฟมีสีแดงเข้มดีกว่าสูตรอาหารอื่นๆ (วุฒิพร, 2527 อ้างโดย บานชื่น, 2532) จึงกล่าวได้ว่า สาหร่ายสไปรูลินาเป็นแหล่งโปรตีนที่มีศักยภาพ ที่สามารถใช้เป็นอาหารสัตว์ โดยมีโปรตีนสูงและแร่ธาตุที่สำคัญหลายชนิด โดยเฉพาะสาหร่าย *S. platensis* ไม่มีผนังเซลล์ (cell wall) จึงทำให้ย่อยง่ายและดูดซึม (Becker and Venkataraman, 1984; Nandeesh et al., 1998)

สุรศักดิ์ (2544) ได้ทดลองเลี้ยงปลานิลแดง (ปลาทับทิม) โดยใช้สูตรอาหารต่างกัน สูตรที่ 1 อาหารผสมโปรตีน 25 % สูตรที่ 2 อาหารผสมโปรตีน 25 % และผสมสาหร่าย *Spirulina* 15 % ของอาหารทั้งหมด สูตรที่ 3 อาหารผสมโปรตีน 25 % ผสมสาหร่าย *Cladophora* sp. 15 % ของอาหารทั้งหมด ใช้เวลาทดลอง 2 เดือน เมื่อวิเคราะห์แคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาได้ผลดังนี้ 5.927 ± 1.212 , 17.568 ± 2.431 และ 18.553 ± 1.431 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ เห็นได้ว่าอาหารปลาที่มีส่วนผสมของ *Cladophora* sp. ช่วยเพิ่มแคโรทีนอยด์ให้เนื้อปลา

III วิธีดำเนินการวิจัย

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวสกุล *Cladophora* (ไถ) เพื่อเป็นอาหารปลาบึก ระยะที่ 2 ได้ดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไถแบบหมวมวล และการเลี้ยงปลาบึก โดยให้อาหารผสมสาหร่ายไถในสัดส่วนต่าง ๆ กัน ซึ่งมีรายละเอียดของการดำเนินการวิจัยดังนี้

3.1 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไถแบบหมวมวล

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไถแบบหมวมวลในบ่อซีเมนต์ระบบน้ำวนโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหารมีการดำเนินการ ดังนี้

3.1.1. บ่อซีเมนต์เพาะเลี้ยงสาหร่ายไถ

ใช้บ่อซีเมนต์ระบบน้ำวนที่ติดตั้งเครื่องดันน้ำให้มีกระแสน้ำไหลเวียน 0.15-0.20 เมตรต่อวินาที บ่อดังอยู่ในโรงเรือนผนังเปิด มีหลังคาที่กรองแสง 50% (รูป 3.1)



ภาพ 3.1 บ่อซีเมนต์ระบบน้ำวนใช้เพาะเลี้ยงสาหร่ายไถ

3.1,2 การเตรียมน้ำทิ้งจากโรงอาหาร

น้ำทิ้งโรงอาหารสำหรับเพาะเลี้ยงสาหร่ายนำมาจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยกรองและปั้มน้ำทิ้งลงในถังพลาสติกขนาด 1 ตัน ขนส่งโดยรถบรรทุกขนาดเล็กไปพื้นที่วิจัย เก็บน้ำทิ้งในบ่อคอนกรีตขนาด 10 ตัน ป้องกันน้ำฝนและแสงแดดด้วยหลังคาพลาสติกประกอบด้วยชาแลน พักน้ำทิ้งไว้ 4-5 สัปดาห์ ตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้งโดยตรวจปริมาณสารอาหารได้แก่ ไนโตรเจนในโตรเจน แอมโมเนียไนโตรเจน และฟอสเฟตฟอสฟอรัส ค่ายีโอดี และซีโอดี ซึ่งบ่งบอกถึงปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำก่อนนำมาเพาะเลี้ยงสาหร่าย โดยน้ำทิ้งที่นำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย 1 ชุดการทดลอง จะเป็นน้ำทิ้งชุดเดียวกันที่เก็บไว้ในบ่อพัก เพื่อให้ใช้น้ำทิ้งในการเพาะเลี้ยงมีคุณภาพน้ำมาตรฐานเดียวกัน และจะนำไปใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเมื่อพบว่าคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายได้แล้ว จึงสูบน้ำทิ้งจากบ่อพักกรองด้วยผ้าดิบและใยแก้ว ก่อนนำไปใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายต่อไป (ภาพ 3.2)



ภาพ 3.2 การเตรียมน้ำทิ้งจากโรงอาหาร

- ก. ดูดน้ำทิ้งจากบ่อพักน้ำทิ้งโรงอาหารมหาวิทยาลัยแม่โจ้
- ข. ขนน้ำทิ้งมาพื้นที่วิจัย
- ค. นำน้ำทิ้งพักไว้ในบ่อพัก
- ง. กรองและดูดนำไปใช้เพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อ

3.1.3 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคแบบหมวลในบ่อซีเมนต์ระบบน้ำวน

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคแบบหมวลในบ่อซีเมนต์ระบบน้ำวน (ภาพ 3.3) โดยใช้ น้ำที่จากโรงอาหาร ดำเนินการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโดยแบ่งการทดลองเป็นชุดๆ โดย 1 ชุดการทดลองจะ ใช้ความเข้มข้นของน้ำที่จากโรงอาหารในระดับต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ 0-15% (ในแต่ละความเข้มข้นมี 3 ซ้ำ) เพาะเลี้ยงโดยใช้แสงธรรมชาติ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

วิเคราะห์คุณภาพน้ำที่จากโรงอาหารที่พักไว้ กำหนดปริมาณสารอาหารไนโตรเจน ในโตรเจน แอมโมเนียไนโตรเจน และออร์โทฟอสเฟตฟอสฟอรัส

เมื่อทราบปริมาณสารอาหารในน้ำที่ ใจองน้ำที่โดยใช้ น้ำคลองชลประทานที่ผ่าน ระบบกรองและกักเก็บไว้ โดยใช้ น้ำที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กันหลายความเข้มข้น ซึ่งน้ำที่นำมาใช้ ในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย 1 ชุดการทดลอง จะเป็นน้ำที่ชุดเดียวกันที่เก็บไว้ในบ่อพัก

ชั่งน้ำหนักหัวเชื้อสาหร่ายไคก่อนนำลงเพาะเลี้ยง จากนั้นนำหัวเชื้อสาหร่ายไคลง เพาะเลี้ยงโดยให้ยึดเกาะกับตาข่ายพลาสติก (ภาพ 3.3) ใช้หัวเชื้อสาหร่ายไคประมาณ 10% ของพื้นที่ และหลังเพาะเลี้ยงมีการกรองน้ำสัปดาห์ละครั้ง



ภาพ 3.3 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคในบ่อซีเมนต์ระบบน้ำวน

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคในบ่อซีเมนต์โดยใช้ น้ำที่จากโรงอาหารแบ่งการทดลองเป็น 3 ชุดการทดลอง โดยแต่ละชุดการทดลองใช้น้ำที่จากโรงอาหารที่สูบมาต่างเวลากัน ซึ่งแต่ละชุดการทดลองมีรายละเอียดดังนี้

ชุดที่ 1* เพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร 5, 10 และ 15% ระหว่างเพาะเลี้ยงมีการเติมน้ำทิ้งให้อยู่ในระดับความเข้มข้นเหมือนเริ่มเพาะเลี้ยงทุกสัปดาห์ ส่วนชุดควบคุมเพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำทิ้ง 10% แต่ตลอดการเพาะเลี้ยงไม่มีการเติมน้ำทิ้งโรงอาหารอีก โดยเริ่มต้นเพาะเลี้ยงมีแอมโมเนียไนโตรเจน ไนเตรทไนโตรเจน และออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสของทุกทริทเมนต์อยู่ระหว่าง 0.033-0.129, 0.014-0.038 และ 0.238-1.019 มิลลิกรัมต่อลิตร

ชุดที่ 2 เพาะเลี้ยงสาหร่ายไคด้วยน้ำทิ้งจากโรงอาหาร 10% และเติมไดโปแทสเซียมไฮโดรเจนออร์โธฟอสเฟต (K_2HPO_4) 5, 10, 15 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนชุดควบคุมไม่เติมไดโปแทสเซียมไฮโดรเจนออร์โธฟอสเฟต โดยเริ่มต้นเพาะเลี้ยงมีแอมโมเนียไนโตรเจน ไนเตรทไนโตรเจน และออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสของทุกทริทเมนต์อยู่ระหว่าง 1.431-1.580, 1.431-1.580 และ 1.070-14.780 มิลลิกรัมต่อลิตร

ชุดที่ 3* เพาะเลี้ยงสาหร่ายไคด้วยน้ำทิ้งจากโรงอาหาร 1, 3 และ 5% และเติมน้ำทิ้งจากโรงอาหารที่เจือจางในระดับที่ใช้เพาะเลี้ยงเมื่อสารอาหารในน้ำขาดแคลน ส่วนชุดควบคุมเพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำคลองชลประทานอย่างเดียว โดยเริ่มต้นเพาะเลี้ยงมีแอมโมเนียไนโตรเจน ไนเตรทไนโตรเจน และออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสของทุกทริทเมนต์อยู่ระหว่าง 0.012-0.023, 0.215-0.730 และ 0.072-0.243 มิลลิกรัมต่อลิตร

หมายเหตุ. * เติมน้ำทิ้งใส่บ่อเพาะเลี้ยงเพื่อให้ น้ำที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงมีระดับความเจือจางของน้ำทิ้งเท่ากับหรือใกล้เคียงกับน้ำที่ใช้เมื่อเริ่มเพาะเลี้ยงสาหร่าย ทำโดยนำน้ำทิ้ง (ที่เก็บไว้ใน บ่อพักน้ำเสียของโครงการฯ) เติมนลงในบ่อเพาะเลี้ยงสัปดาห์ละครั้ง เช่นเมื่อเพาะเลี้ยงสาหร่ายได้เป็นเวลาหนึ่งสัปดาห์ พบว่าระดับน้ำลดลงเหลือ 15 เซนติเมตรเนื่องจากน้ำระเหย ซึ่งเติมน้ำลึก 20 เซนติเมตร ถ้าใช้น้ำทิ้ง 10% เมื่อเริ่มต้นเพาะเลี้ยง จะปรับระดับน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงให้เป็น 18 เซนติเมตรก่อน และเติมน้ำทิ้งลงไปเพิ่มอีก 2 เซนติเมตร หมายถึงการเติมน้ำทิ้งลงไปให้น้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงมีความเข้มข้นของน้ำจากโรงอาหารอยู่ 10 % เท่ากับเมื่อเริ่มต้นเพาะเลี้ยง เก็บน้ำมาวิเคราะห์ว่ามีสารอาหารเท่าไรหลังจากการเพาะเลี้ยง ไปอีก สัปดาห์ เหตุผลที่เติมน้ำทิ้งเพราะต้องการเติมสารอาหารลงไปทดแทนสารอาหารที่สาหร่ายไคใช้ในการเจริญเติบโต และต้องการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของสาหร่ายไคที่เติมน้ำทิ้งทุกสัปดาห์ กับชุดควบคุมซึ่งไม่มีการเติมน้ำทิ้งเพิ่ม

*การเพาะเลี้ยงในชุดที่ 3 กระทำคล้ายกับการเพาะเลี้ยงชุดที่ 1 แต่จะใช้น้ำทิ้งมาเจือจางให้ได้ความเข้มข้น 1, 3 และ 5% และเมื่อการวิเคราะห์คุณภาพน้ำพบว่าสารอาหารในน้ำ ไม่ว่าจะเป็นออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส แอมโมเนียไนโตรเจน หรือไนเตรทไนโตรเจน ตัวใดตัวหนึ่งขาดแคลน (มีค่าต่ำกว่า detection limit) จะมีการเติมน้ำทิ้งลงไปให้มีความเข้มข้นเหมือนเริ่มการเพาะเลี้ยงคือ 1, 3 และ 5% โดยมีวิธีการทำเช่นเดียวกับในข้อ 2.1 (ซึ่งพบว่าต้องเติมทุกสัปดาห์)

3.1.4 การวิเคราะห์และวัดผล

3.1.3.1 ปัจจัยแวดล้อมและคุณภาพน้ำ

- วัดปัจจัยแวดล้อมและคุณภาพน้ำ ทุกวันได้แก่ อุณหภูมิ น้ำ อุณหภูมิอากาศ ความเข้มแสง และค่าความเป็นกรดต่างของน้ำ

- วิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี สัปดาห์ละครั้ง (ตาราง 3.1)

ตาราง 3.1 ปัจจัยทางกายภาพและเคมีของคุณภาพน้ำ และวิธีวิเคราะห์

ปัจจัย	วิธี	อ้างอิง
ค่าความเป็นกรดต่าง	pH meter	APHA, 1998;
ปริมาณของแข็งที่แขวนลอยในน้ำ	Oven dried	ศิริเพ็ญ, 2543
ความกระด้าง	EDTA titrimetric	
ความเป็นด่าง	Phenolphthalein methy orange indicator	
ออกซิเจนที่ละลายน้ำ	Azide modification	
บีโอดี	Azide modification	
ซีโอดี	Closed reflux	
แอมโมเนียไนโตรเจน	Nesslerization	
ไนเตรทไนโตรเจน	Phenoldisulfonic acid	
ออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส	Stannous chloride	

3.1.3.2 มวลชีวภาพ การเจริญเติบโต และอัตราการเจริญของสาหร่ายไค

วัดมวลชีวภาพของสาหร่ายไคสัปดาห์ละครั้งโดยการชั่งน้ำหนักเปียก และนำไปคำนวณเป็นอัตราการเจริญเติบโต

3.1.3.3 แคโรทีนอยด์ของสาหร่ายไค

หลังจากเสร็จสิ้นการทดลองเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคในแต่ละชุด เก็บตัวอย่างสาหร่ายไคมาทำแห้งโดยใช้เครื่อง Freeze Dryer หลังจากนั้นนำตัวอย่างสาหร่ายไคมาวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์รวม (Total carotenoids) ตามวิธีของ Britton (2005)

3.1.3.4 คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไค

หลังจากเสร็จสิ้นการทดลองเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคในแต่ละชุด เก็บตัวอย่างสาหร่ายไคมาทำแห้ง และวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ความชื้น เยื่อใย และเถ้า ตามวิธีของ AOAC (1990)

3.1.3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เปรียบเทียบการเจริญเติบโต แครอทินอยด์ และคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไถที่เพาะเลี้ยงในชุดการทดลองเดียวกัน โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างระหว่าง Treatment โดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

3.2 การเลี้ยงปลาบึกโดยให้อาหารผสมสาหร่ายไถ

3.2.1 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.2.1.1 การเตรียมอุปกรณ์ ใช้บ่อดินขนาด 5x16x1 เมตร (ภาพ 3.4) ทำความสะอาดบ่อและใส่ปูนขาว 50-100 กก./ไร่ ทิ้งไว้ประมาณ 7 วัน และเติมน้ำจากบ่อพักน้ำ โดยให้ระดับน้ำในบ่อทดลองสูง 1 เมตร ใส่ปุ๋ยคอก 250 กก./ไร่ เพื่อให้เกิดแพลงก์ตอนในบ่อ และติดตั้งอุปกรณ์ให้อาหาร โดยให้อาหารตอนกลางคืน และวันที่อากาศปิด



ภาพ 3.4 บ่อเลี้ยงปลาบึกซึ่งพัฒนามาจากบ่อขนาดใหญ่เป็นบ่อขนาด 5x20x1 เมตร

3.2.1.2 การเตรียมสัตว์ทดลอง ปลาบึกจำนวน 240 ตัว น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว 900-1,000 กรัม (ภาพ 3.5) จากฟาร์มเอกชน จังหวัดเชียงราย มาเลี้ยงในบ่ออนุบาลขนาด 5x20x1 เมตร และให้อากาศตลอดเวลา เพื่อให้ปลาคู่คุ้นเคยกับอาหารทดลอง 2 สัปดาห์ โดยใช้อาหารสูตรควบคุม (อาหารผสมสาหร่ายไค 0%) ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง คือ เวลา 8.30 น. และ 16.30 น. สังเกตพฤติกรรมการยอมรับอาหาร และนำลูกปลาดูตรวจสอบสุขภาพเพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีโรคใด ๆ จากนั้นจึงคัดขนาดให้ใกล้เคียงกัน และนำมาเลี้ยงใน บ่อดินที่ใช้ทดลองขนาด 5x16x1 เมตร จำนวน 20 ตัว/ช้ำ (60 ตัว/ชุดทดลอง มีทั้งหมด 4 ชุดทดลอง ๆ ละ 3 ช้ำ โดยใช้ปลาทดลองทั้งหมด จำนวน 240 ตัว)



ภาพ 3.5 ลูกปลาบึกอายุ 1 ปี น้ำหนัก 1 กิโลกรัม

3.2.1.3 การเตรียมสาหร่ายไค ทำการเพาะเลี้ยงในบ่อระบบน้ำวน ประมาณ 20-30 วัน เก็บเกี่ยวผลผลิตของสาหร่ายสด นำไปอบแห้ง บดเป็นผง และผสมในอาหารปลาบึกแต่ละสูตร นำอาหารปลาไปอบที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 12-15 ชั่วโมง เมื่อแห้งสนิทแล้วจึงนำมาบรรจุถุง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (จงกล และจรรยาเกียรติ, 2548)

3.2.1.4 การเตรียมอาหารทดลอง เตรียมวัตถุดิบอาหารสัตว์ ได้แก่ รำ ปลาป่น กากถั่วเหลือง ปลาขี้ขาว วิตามิน และแร่ธาตุ ซึ่งซื้อจากร้านขายอาหารสัตว์ จากนั้นนำมาทำอาหารผสมสาหร่ายไค (ภาพ 3.6) โดยมีวิธีการเตรียมสูตรอาหารผสมสาหร่าย ดังนี้

หน่วยทดลองที่ 1 อาหารผสม 100% + สาหร่ายไค 0% ระดับโปรตีน 30%
 หน่วยทดลองที่ 2 อาหารผสม 95% + สาหร่ายไค 5% ระดับโปรตีน 30%
 หน่วยทดลองที่ 3 อาหารผสม 90% + สาหร่ายไค 10% ระดับโปรตีน 30%
 หน่วยทดลองที่ 4 อาหารผสม 85% + สาหร่ายไค 15% ระดับโปรตีน 30 %
 ปริมาณส่วนผสมอาหารโปรตีน คำนวณโดยวิธีเขียนรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ซึ่งได้

สัดส่วนดังตาราง 3.2



ภาพ 3.6 อาหารปลาผสมสาหร่ายไค ทั้ง 4 สูตร

ตาราง 3.2 ส่วนผสมของอาหารเลี้ยงปลาบีกที่ผสมสาหร่ายไค 0-15%

ชุด ทดลอง	สาหร่าย ไค (%)	ปลา ป่น (%)	กาก ถั่ว เหลือง (%)	รำ (%)	ปลาย ข้าว (%)	พรีมิกซ์ (%)	รวม ทั้งหมด (%)	ราคา อาหารปลา (บาท/กก.)
1	0	23.25	23.25	36.34	15.16	2	100	24.89
2	5	20.90	23.25	36.34	12.51	2	100	25.70
3	10	18.56	23.25	36.34	9.85	2	100	26.00
4	15	16.21	23.25	36.34	7.20	2	100	27.66

นำอาหารปลาทั้ง 4 หน่วยทดลอง มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาการ ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า และเยื่อใย (AOAC, 1990) และวิเคราะห์แคลอรีที่น้อย (Sommer *et al.*, 1992) ดังแสดงในตาราง 3.3 และคำนวณสูตรอาหารแต่ละสูตรให้มีโปรตีน 30%

ตาราง 3.3 คุณค่าทางโภชนาการของอาหารปลาก่อนการทดลอง (โดยน้ำหนักแห้ง)

ชุดทดลอง	โปรตีน (%)	คาร์โบไฮเดรต (%)	ไขมัน (%)	เยื่อใย (%)	ความชื้น (%)	เถ้า (%)	แคลอรีที่น้อย (ไมโครกรัม/กรัม)
<i>Cladophora</i> 0%	29.87	37.40	9.20	4.93	9.11	9.50	21.54
<i>Cladophora</i> 5%	29.95	35.92	9.30	5.48	9.30	10.05	62.15
<i>Cladophora</i> 10%	29.82	34.31	9.56	6.33	9.58	10.40	123.33
<i>Cladophora</i> 15%	29.82	32.45	9.60	7.05	10.02	11.06	184.68

3.2.2 แผนการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD: Completely randomized design) โดยแบ่งการทดลองเป็น 4 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ศึกษาปริมาณแคลอรีที่น้อยในเนื้อปลา และประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลาบึก เริ่มจากสุ่มปลาในบ่อดินที่ปักปลาไว้ และปล่อยลงในบ่อทดลองขนาด 5x16x1 เมตร จำนวน 20 ตัว/ซ้ำ โดยมีน้ำหนักเฉลี่ย 900-1,000 กรัม/ตัว ให้อาหารทดลองวันละ 2 ครั้ง คือ 8.30 น. และ 16.30 น. ให้ปลากินอาหารประมาณ 2-3% ต่อน้ำหนักตัว/วัน โดยใช้วิธีการให้อาหารในบ่อ และเช็คน้ำหนักอาหารในบ่อหลังการให้อาหาร 1 ชั่วโมง บันทึกปริมาณอาหารที่เหลือ รวมทั้งบันทึกปริมาณอาหารที่ปลากินทุกวัน สุ่มชั่งน้ำหนักปลา และวัดความยาวของปลา (Standard length) ทุก ๆ 1 เดือน โดยสุ่มปลาประมาณ 4-5 ตัว

3.2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูล

3.2.3.1 การตรวจสอบพฤติกรรม และลักษณะที่แสดงออกภายนอก ในขณะทำการทดลองสังเกตลักษณะภายนอกทั่วไปของปลาทุกการชุดทดลอง เพื่อติดตามและตรวจสอบสุขภาพของปลา การกินอาหารของปลา และความสะอาดของน้ำในบ่อ โดยเปลี่ยนถ่ายน้ำครั้งละ 20% ของปริมาตรน้ำทั้งหมด

3.2.3.2 การศึกษาการเจริญเติบโตของปลา โดยการเก็บข้อมูลนำไปประเมินค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Weight gain) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate; SGR) อัตราการ

เปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion rate; FCR) ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (Protein efficiency ratio; PER) และอัตราการรอด นำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยเพื่อใช้ในการคำนวณ ดังนี้

$$\text{อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน)} = \frac{\text{น้ำหนักสุดท้าย}-\text{น้ำหนักเริ่มต้น}}{\text{จำนวนวันการทดลอง}}$$

$$\text{อัตราน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักสุดท้าย}-\text{น้ำหนักเริ่มต้น}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

$$\begin{aligned} &\text{อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR \% /วัน)} \\ &= \frac{(\ln \text{ น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{ น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มทดลอง})}{\text{จำนวนวันที่ทำการทดลอง}} \times 100 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)} \\ &\text{FCR} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ให้ (g)}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (g)}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (PER)} \\ &\text{PER} = \frac{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}{\text{ปริมาณโปรตีนที่กิน}} \end{aligned}$$

$$\text{อัตราการรอดตาย (\%)} = \frac{\text{จำนวนปลาที่เหลือ}}{\text{จำนวนปลาเริ่มต้น}} \times 100$$

3.3.2.3 ตรวจสอบคุณภาพน้ำ เดือนละครั้ง เพื่อควบคุมคุณภาพน้ำให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลา (ศิริเพ็ญ, 2543 และ APHA, 1998) ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำ ปริมาณสารแขวนลอยที่ละลายน้ำทั้งหมด (TSS) ความกระด้างของน้ำ (Hardness) ความเป็นด่าง (Alkalinity) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) ไบโอดีแมคัลออกซิเจนดีแมนด์ (BOD) เคมีคัลออกซิเจนดีแมนด์ (COD) แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ไนเตรท-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$) ไนไตรต์-ไนโตรเจน ($\text{NO}_2\text{-N}$) และออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส ($\text{PO}_4\text{-P}$)

3.3.2.4 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการและแคโรทีนอยด์ของเนื้อปลาบึก
 สุ่มตัวอย่างปลา ก่อนเริ่มทดลอง และหลังทดลองแต่ละชุดการทดลองจำนวน 1-2 ตัว แล้วเอาเนื้อปลา (ภาพ 3.9) นำมาสับให้ละเอียด ไปผ่านกระบวนการทำแห้ง โดยนำไปอบที่อุณหภูมิ 60°C นาน 48 ชั่วโมง นำไปวิเคราะห์ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เชื้อยีสต์ และคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 1990) และ วิเคราะห์แคโรทีนอยด์ (Sommer *et al.*, 1992) รวมถึงหาปริมาณ beta-carotene, lutein และ zeaxanthin โดยใช้ High Performance Liquid Chromatography (HPLC)



ภาพ 3.7 เนื้อปลาบึกที่นำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

3.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เปรียบเทียบผลของการใช้สาหร่ายไคต่อน้ำหนัก ที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเจริญเติบโต/วัน ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน อัตรา การรอดตาย ปริมาณแคโรทีนอยด์ การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลา และคุณภาพน้ำทาง กายภาพและเคมี โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) เพื่อศึกษาความ แตกต่างระหว่าง Treatment โดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

3.3 ประเมินต้นทุนการเลี้ยงปลาบึก

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการลงทุนเลี้ยงปลาบึก โดยวิธีทางเศรษฐศาสตร์ (สร้อย, 2532) ทางโครงการจะคำนวณเฉพาะต้นทุนผันแปร ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนผันแปร} &= \text{ค่าพันธุ์ปลา} + \text{ค่าอาหารปลา} + \text{ค่าแรงงาน} + \text{ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน} \\ \text{รายได้} &= \text{ผลผลิตปลา} \times \text{ราคาขาย} \end{aligned}$$

การประเมินต้นทุนในการวิจัยนี้ คิดเฉพาะค่าพันธุ์ปลา และค่าอาหารปลาในการทดลองเท่านั้น โดยจะไม่คิดค่าเสื่อมอุปกรณ์บ่อปลา ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน และค่าแรงงาน ทั้งนี้เนื่องจากเป็นการทำวิจัย ซึ่งจะให้ผลการวิจัยที่มีคุณค่าทางวิชาการ เป็นองค์ความรู้ที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยและพัฒนาต่อไป

3.4 การสาธิตผล สาธิตวิธี การอบรมและการส่งเสริมฯ

ให้การอบรมและส่งเสริมวิธีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไค สู่เกษตรกร และผู้สนใจ จัดทำ/จัดหาบ่อเลี้ยงสาหร่ายไคเพื่อการสาธิตผลแก่เกษตรกรและผู้สนใจ ในพื้นที่ของเกษตรกรในเขตอำเภอ สันทราย และอำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ จัดการฝึกอบรม พร้อมเอกสารเผยแพร่ และสาธิตวิธี เพื่อเผยแพร่ความรู้แก่เกษตรกร และผู้สนใจทั่วไปในเขตอำเภอใกล้เคียง

IV ผลการวิจัย

การทดลองเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคแบบหมวมวล และการเลี้ยงปลาบึกโดยให้อาหารผสมสาหร่ายไคในสัดส่วนต่างๆ กัน ได้ผลการศึกษาวิจัย ดังนี้

4.1 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคแบบหมวมวล

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคแบบหมวมวลในบ่อซีเมนต์โดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร ได้ผลการศึกษาวิจัยดังนี้

4.1.1 ปัจจัยแวดล้อมและคุณภาพน้ำ

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคในบ่อซีเมนต์ระบบน้ำวนโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหารมีปัจจัยแวดล้อมและคุณภาพน้ำในแต่ละชุดการทดลอง ดังแสดงในตาราง 4.1

4.1.2 มวลชีวภาพ การเจริญเติบโต และอัตราการเจริญเติบโต (ตาราง 4.1, ภาพ 4.1, 4.2)

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคในบ่อซีเมนต์ระบบน้ำวนโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหารระยะเวลา 8 สัปดาห์ ได้มวลชีวภาพและอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายไคในรูปน้ำหนักเปียกของแต่ละชุดการทดลอง ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 สาหร่ายไคมีมวลชีวภาพระหว่าง 281-1,990 กรัม/ตารางเมตร โดยสาหร่ายไคที่เพาะเลี้ยงในทุกรูปแบบมีมวลชีวภาพสูงสุดหลังจากเพาะเลี้ยง 5 สัปดาห์ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า มวลชีวภาพของสาหร่ายไคที่เพาะเลี้ยงในแต่ละรูปแบบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) (ภาคผนวก ง)

อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายไคมีค่าระหว่าง -1,132 - 840 กรัม/ตารางเมตร/สัปดาห์ โดยสาหร่ายไคที่เพาะเลี้ยงในทุกรูปแบบมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดหลังเพาะเลี้ยง 1 สัปดาห์ หลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตจะลดลง จนในบางสัปดาห์อัตราการเจริญเติบโตมีค่าติดลบเนื่องจากการตายของสาหร่ายไคบางส่วน

ชุดการทดลองที่ 2 สาหร่ายไคมีมวลชีวภาพระหว่าง 370-2,226 กรัม/ตารางเมตร โดยสาหร่ายไคที่เพาะเลี้ยงในทุกรูปแบบมีมวลชีวภาพสูงสุดหลังจากเพาะเลี้ยง 4 สัปดาห์ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า มวลชีวภาพของสาหร่ายไคที่เพาะเลี้ยงในแต่ละรูปแบบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (ภาคผนวก ง) โดยมีค่าสูงสุดในการเพาะเลี้ยงที่ไม่เติมโคโปแทสเซียมไฮโดรเจนออร์โทฟอสเฟต (K_2HPO_4) และมีค่าต่ำสุดในการเพาะเลี้ยงที่เติม K_2HPO_4 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่ง

สามารถแบ่งกลุ่มได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 การเพาะเลี้ยงที่ไม่เติม K_2HPO_4 และกลุ่มที่ 2 การเพาะเลี้ยงที่เติม K_2HPO_4 5, 10, 15 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายไกมีค่าระหว่าง -166 - 973 กรัม/ตารางเมตร/สัปดาห์ โดยสาหร่ายไกที่เพาะเลี้ยงในทุกรูปแบบมีอัตราการเจริญสูงสุดหลังเพาะเลี้ยง 1 สัปดาห์ หลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตจะลดลง จนในบางสัปดาห์อัตราการเจริญเติบโตมีค่าติดลบเนื่องจากการตายของสาหร่ายไกบางส่วน

ชุดการทดลองที่ 3 สาหร่ายไกมีมวลชีวภาพระหว่าง 150-1,070 กรัม/ตารางเมตร โดยสาหร่ายไกมีมวลชีวภาพสูงสุดหลังจากเพาะเลี้ยง 4 สัปดาห์ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า มวลชีวภาพของสาหร่ายไกที่เพาะเลี้ยงในแต่ละรูปแบบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) (ภาคผนวก ง) โดยมีค่าสูงสุดในการเพาะเลี้ยงที่น้ำทิ้งจากโรงอาหาร 3% และมีค่าต่ำสุดในการเพาะเลี้ยงที่ใช้น้ำคลองชลประทานอย่างเดียว ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 การเพาะเลี้ยงที่ใช้น้ำคลองชลประทาน และกลุ่มที่ 2 การเพาะเลี้ยงที่ใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร 1, 3 และ 5%

อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายไกมีค่าระหว่าง -212 - 488 กรัม/ตารางเมตร/สัปดาห์ โดยสาหร่ายไกที่เพาะเลี้ยงในทุกรูปแบบมีอัตราการเจริญสูงสุดหลังเพาะเลี้ยง 1 สัปดาห์ หลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตจะลดลง จนในบางสัปดาห์อัตราการเจริญเติบโตมีค่าติดลบเนื่องจากการตายของสาหร่ายไกบางส่วน

4.1.3 แคลโรทีนอยด์ของสาหร่ายไก (ตาราง 4.3)

ปริมาณแคลโรทีนอยด์ของสาหร่ายไกที่เพาะเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ระบบน้ำวนโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหารในแต่ละชุดการทดลองมีค่าดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 สาหร่ายไกมีแคลโรทีนอยด์ระหว่าง 893.92-1,245.27 ไมโครกรัม/กรัม โดยมีค่าสูงสุดในการเพาะเลี้ยงที่ใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร 5% และมีการเติมน้ำทิ้งจากโรงอาหารทุกสัปดาห์ แต่ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ปริมาณแคลโรทีนอยด์ที่เพาะเลี้ยงในแต่ละรูปแบบไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) (ภาคผนวก ง)

ชุดการทดลองที่ 2 สาหร่ายไกมีแคลโรทีนอยด์ระหว่าง 953.78-1,728.95 ไมโครกรัม/กรัม โดยมีค่าสูงสุดในการเพาะเลี้ยงที่เติม K_2HPO_4 20 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าต่ำสุดในการเพาะเลี้ยงที่ไม่เติม K_2HPO_4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ปริมาณแคลโรทีนอยด์ที่เพาะเลี้ยงในแต่ละรูปแบบมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) (ภาคผนวก ง) ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 การ

เพาะเลี้ยงที่เติม K_2HPO_4 0, 5, 10 และ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร และกลุ่มที่ 2 การเพาะเลี้ยงที่เติม K_2HPO_4 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

ชุดการทดลองที่ 3 สาหร่ายไกมีแคโรทีนอยด์ระหว่าง 909.84-1,084.36 ไมโครกรัม/กรัม โดยมีค่าสูงสุดในการเพาะเลี้ยงที่ใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร 5% แต่ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ปริมาณแคโรทีนอยด์ที่เพาะเลี้ยงในแต่ละรูปแบบไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) (ภาคผนวก ง)

4.1.4 คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไก (ตาราง 4.3)

คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไกที่เพาะเลี้ยงในบ่อซีเมนต์โดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหารในแต่ละชุดการทดลองมีดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 สาหร่ายไกมีโปรตีน 10.79-12.86% ไขมัน 2.70-4.43% คาร์โบไฮเดรต 33.66-35.71% เถ้า 25.72-30.22% เยื่อใย 20.15-22.41% และความชื้น 9.45-14.12% ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า คุณค่าทางโภชนาการทุกปัจจัยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ภาคผนวก ง)

ชุดการทดลองที่ 2 สาหร่ายไกมีโปรตีน 10.05-17.58% ไขมัน 1.84-2.45% คาร์โบไฮเดรต 39.35-49.96% เถ้า 14.39-19.51% เยื่อใย 20.78-27.90% และความชื้น 10.05-13.11% ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า โปรตีนและคาร์โบไฮเดรตของสาหร่ายไกที่เพาะเลี้ยงในรูปแบบต่าง ๆ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ภาคผนวก ง) โดยโปรตีนมีค่ามากที่สุดในการเพาะเลี้ยงที่เติม K_2HPO_4 20 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าต่ำสุดในการเพาะเลี้ยงที่ไม่เติม K_2HPO_4 ส่วนคาร์โบไฮเดรตมีค่าสูงสุดในการเพาะเลี้ยงที่ไม่เติม K_2HPO_4 และมีค่าสูงสุดในการเพาะเลี้ยงที่เติม K_2HPO_4 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

ชุดการทดลองที่ 3 สาหร่ายไกมีโปรตีน 13.67-17.45% ไขมัน 3.67-6.02% คาร์โบไฮเดรต 30.07-36.93% เถ้า 22.67-26.45% เยื่อใย 21.41-23.56% และความชื้น 12.45-15.32% ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า คุณค่าทางโภชนาการทุกปัจจัยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ภาคผนวก ง)

ตาราง 4.1 คุณภาพน้ำของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโนบอดีในระบบน้ำวนโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร

ปัจจัย	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2	ชุดการทดลองที่ 3
อุณหภูมิน้ำ (°ซ)	27.00-32.00	26.40-29.00	26.00-28.00
อุณหภูมิอากาศ (°ซ)	26.00-33.00	28.50-34.00	27.00-30.00
ความเข้มแสง (ลักซ์)	6,500-43,200	12,267-38,833	5,600-31,900
ค่าความเป็นกรดต่าง	7.36-9.73	8.20-8.95	8.33-8.84
ของแข็งที่แขวนลอยในน้ำ	4.00-25.33	2.00-34.67	3.33-4.67
ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร ของ CaCO_3)	32.66-54.28	33.14-68.21	21.13-48.03
ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร ของ CaCO_3)	76.00-102.33	80.00-110.00	62.33-92.00
ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	3.37-13.93	6.53-11.75	3.23-10.40
บีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	1.00-11.57	1.00-10.87	0.43-3.65
ซีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	2.83-29.59	2.83-25.59	1.10-8.41
แอมโมเนียไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	<0.001-0.665	0.043-1.069	<0.001-0.067
ไนเตรทไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.011-1.300	0.020-1.580	<0.001-0.790
ออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมต่อลิตร)	<0.001-1.019	0.004-14.780	<0.001-0.243

หมายเหตุ ชุดที่ 1 เพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโนบอดีใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร 5, 10 และ 15% ระหว่างเพาะเลี้ยงมีการเติมน้ำทิ้งให้อยู่ในระดับความเข้มข้นเริ่มเพาะเลี้ยงทุกสัปดาห์
ชุดที่ 2 เพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโนบอดีใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร 10% และเติมไดโปแทสเซียมไฮโดรเจนออร์โธฟอสเฟต 0, 5, 10, 15 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร
ชุดที่ 3 เพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโนบอดีใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหารที่เจือจางในระดับที่ใช้น้ำเพาะเลี้ยงมีสารอาหารในน้ำขาดแคลน

ตาราง 4.2 มวลชีวภาพและอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายโก (ใช้น้ำหนักเปียก) ที่เพาะเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ระบบน้ำวนโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร

ระยะเวลาเพาะเลี้ยง (สัปดาห์)	มวลชีวภาพของสาหร่ายโก (กรัม/ตารางเมตร)			อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายโก (กรัม/ตารางเมตร/สัปดาห์)		
	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2	ชุดการทดลองที่ 3	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2	ชุดการทดลองที่ 3
0	300	370	150			
1	870-1,140	959-1,343	537-638	570-840	540-973	387-488
2	1,038-1,415	870-1,665	697-962	32-290	(-40)-322	160-324
3	1,010-1,358	1,036-1,862	872-1,068	(-58)-320	(-34)-197	62-193
4	938-1,718	1,067-2,226	678-1,070	(-72)-277	(-18)-364	(-212)-65
5	1,100-1,990	999-2,078	583-1,000	162-355	(-166)-(-51)	(-114)-67
6	560-1,060	897-1,964	550-992	(-1,132)-(-430)	(-142)-56	(-127)-(-5)
7	428-941	857-1,850	533-920	(-231)-(-43)	(-114)-3	(-84)-(-17)
8	281-813	829-1,705	500-953	(-175)-(-51)	(-145)-(-18)	(-75)-33

หมายเหตุ ชุดที่ 1 เพาะเลี้ยงสาหร่ายโกโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร 5, 10 และ 15% ระหว่างเพาะเลี้ยงมีการเติมน้ำทิ้งให้อยู่ในระดับความเข้มข้นที่เริ่มเพาะเลี้ยงทุกสัปดาห์
ชุดที่ 2 เพาะเลี้ยงสาหร่ายโกด้วยน้ำทิ้งจากโรงอาหาร 10% และเติมโคโคแทสเซียมไฮโดรเจนออกไซด์โรฟอสเฟต 0, 5, 10, 15 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร
ชุดที่ 3 เพาะเลี้ยงสาหร่ายโกด้วยน้ำทิ้งจากโรงอาหาร 1, 3 และ 5% และเติมน้ำทิ้งจากโรงอาหารที่เจือจางในระดับที่ใช้เพาะเลี้ยงเมื่อสารอาหารในน้ำขาดแคลน

ตาราง 4.3 แคลโรทีนอยด์และคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไคที่เพาะเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ระบบน้ำวน
โดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร

ปัจจัย/หน่วย	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2	ชุดการทดลองที่ 3
แคลโรทีนอยด์ (ไมโครกรัม/กรัม)	893.92-1,245.27	953.78-1,728.95	909.84-1,084.36
โปรตีน (%)	10.79-12.86	10.05-17.58	13.67-17.45
ไขมัน (%)	2.70-4.43	1.84-2.45	3.67-6.02
คาร์โบไฮเดรต (%)	33.66-35.71	39.35-49.96	30.07-36.93
เถ้า (%)	25.72-30.22	14.39-19.51	22.67-26.45
เยื่อใย (%)	20.15-22.41	20.78-27.90	21.41-23.56
ความชื้น (%)	9.45-14.12	10.05-13.11	12.45-15.32



ภาพ 4.1 สำหรับไก่ที่เจริญเติบโตในบ่อซีเมนต์ระบบน้ำวน (เริ่มเพาะเลี้ยง)



ภาพ 4.1 (ต่อ) สาหร่ายไวกที่เจริญเติบโตในบ่อซีเมนต์ระบบน้ำวน (เพาะเลี้ยง 4 สัปดาห์)



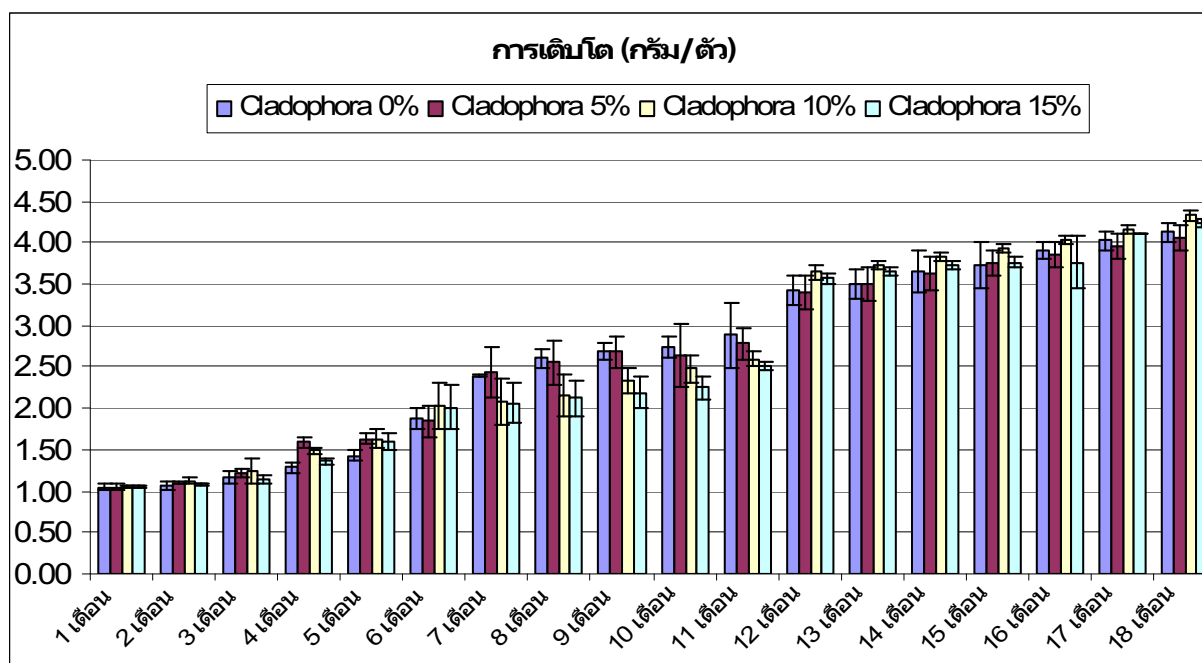
ภาพ 4.2 มวลชีวภาพของสาหร่ายไคที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในบ่อซีเมนต์

4.2 การเลี้ยงปลาบึกโดยให้อาหารผสมสาหร่ายไค

การเลี้ยงปลาบึกโดยให้อาหารผสมสาหร่ายไคได้ผลการศึกษา ดังนี้

4.2.1 การเจริญเติบโตของปลาบึก

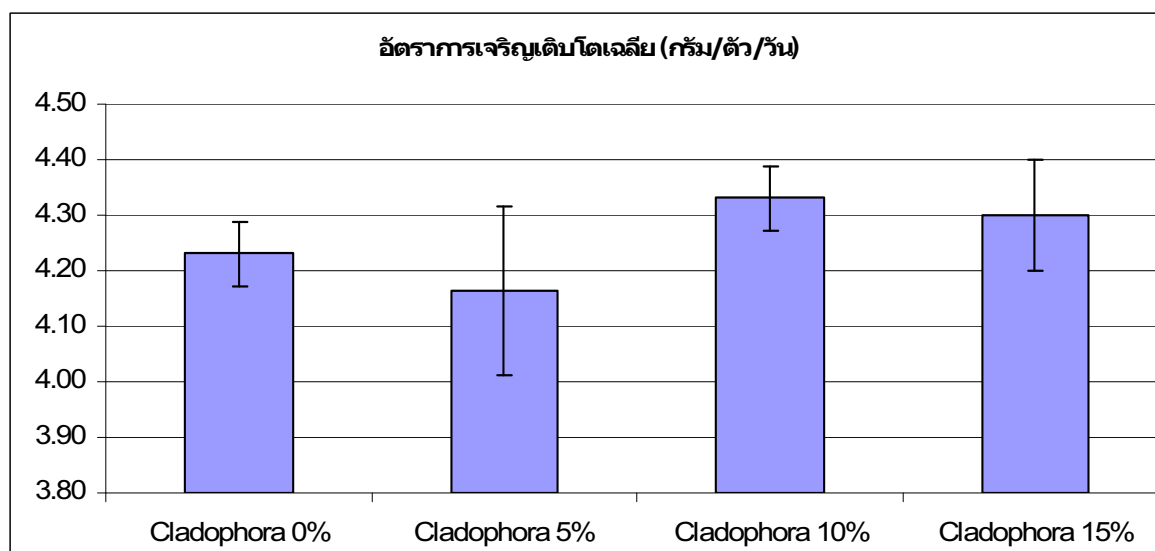
น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เมื่อเริ่มต้นทดลองน้ำหนักเฉลี่ยของปลาอยู่ในช่วง 1,000 กรัม น้ำหนักของปลาเพิ่มขึ้นตามเวลาที่เลี้ยง และเริ่มมีความแตกต่างทางสถิติตั้งแต่เดือนที่ 4 ($p < 0.05$) ของการเลี้ยง โดยในเดือนที่ 4, 5 และ 6 ปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไค 5-15% มีการเจริญเติบโตดีกว่าชุดควบคุม ($p < 0.05$) ส่วนเดือนที่ 7-18 ปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไค 5-15% ไม่แตกต่างกับชุดควบคุม ดังแสดงในภาพ 4.3



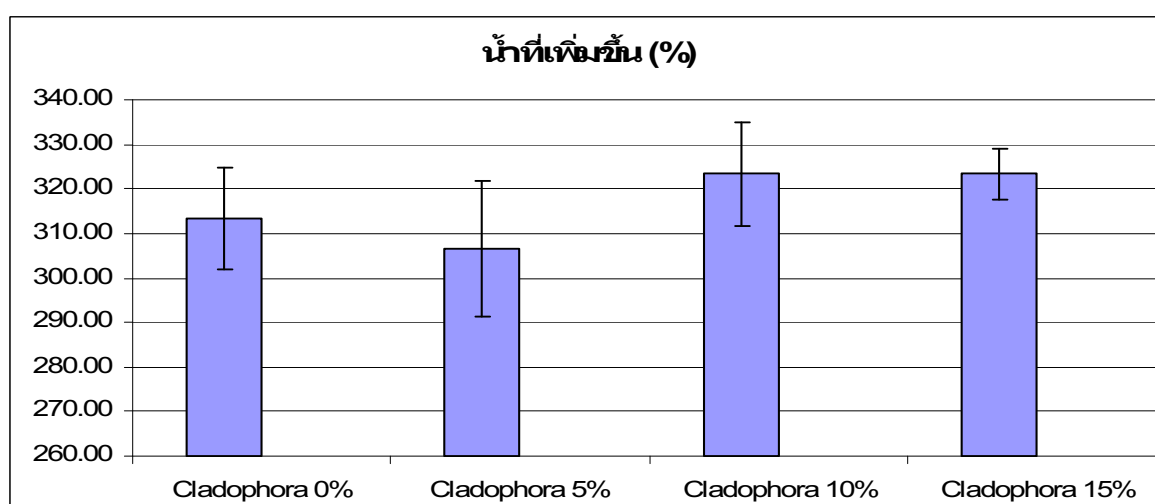
ภาพ 4.3 น้ำหนักตัวเฉลี่ย (กรัม/ตัว) ของปลาบึกในแต่ละหน่วยทดลอง เมื่อปลาได้รับอาหารผสมสาหร่ายไคในสัดส่วนต่าง ๆ กัน ระยะเวลาการเลี้ยง 18 เดือน

อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน) ปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไคทั้ง 4 สูตร อยู่ในช่วง 4.10 ± 0.38 - 4.40 ± 0.38 กรัม/ตัว/วัน และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพ 4.4)

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (%) ปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไค 10-15% มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น โดยมีแนวโน้มดีกว่าปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไค 5% และชุดควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพ 4.5)



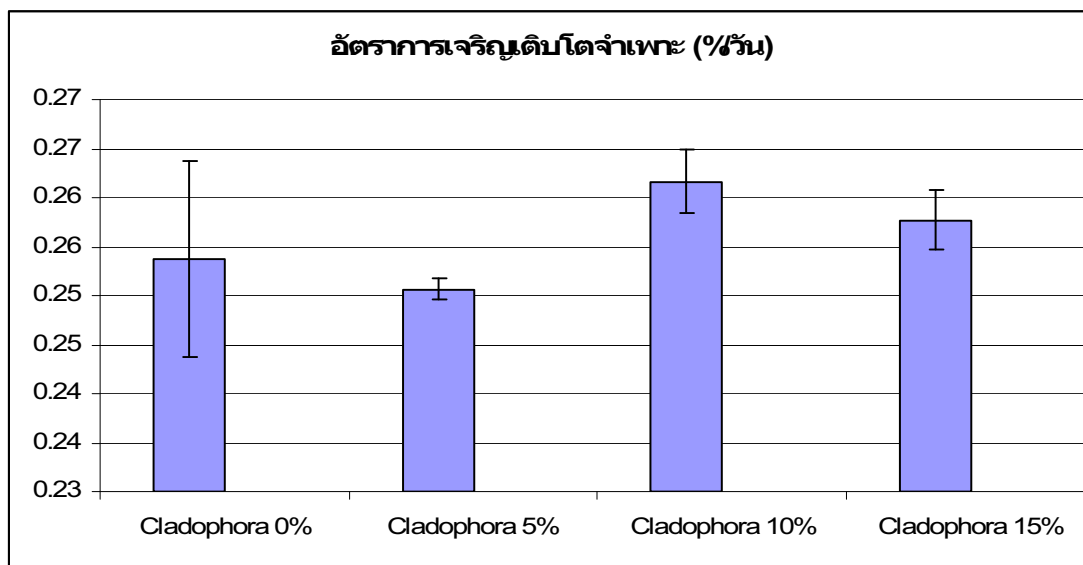
ภาพ 4.4 อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน) ของปลานิลในแต่ละหน่วยทดลอง ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 18 เดือน



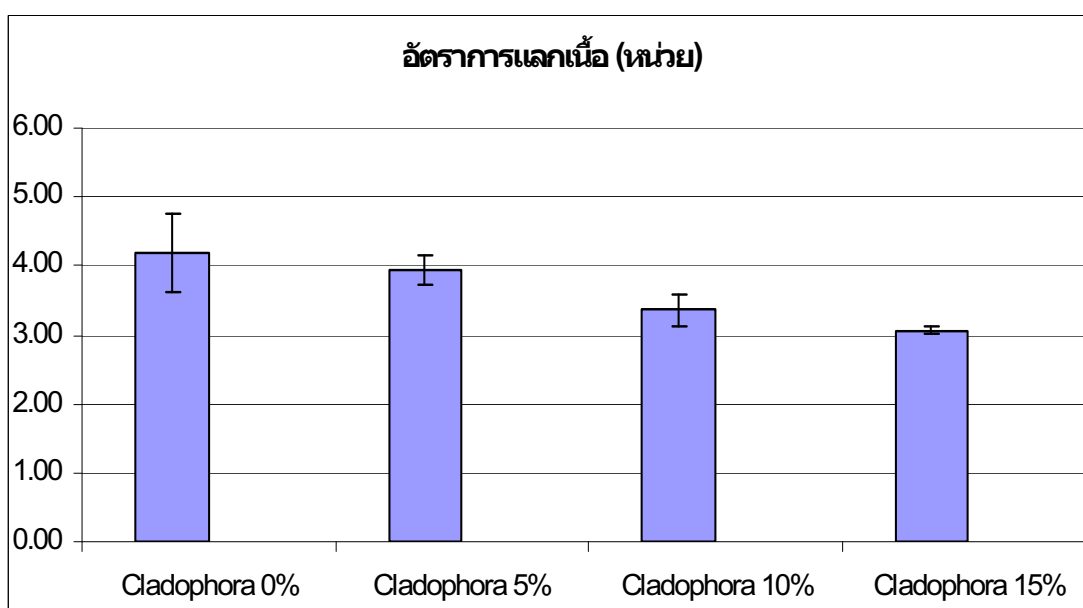
ภาพ 4.5 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (%) ของปลานิลในแต่ละหน่วยทดลอง ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 18 เดือน

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (%/วัน) ปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไคทั้ง 4 สูตร อยู่ในช่วง $0.20 \pm 0.01 - 0.25 \pm 0.01$ %/วัน และไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ (ภาพ 4.6)

อัตราการเปลี่ยนอาหารให้เป็นเนื้อ (Units) ปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไค 15% มีอัตราการเปลี่ยนอาหารให้เป็นเนื้อดีกว่าปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไค 10, 5% และชุดควบคุมตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงในภาพ 4.7



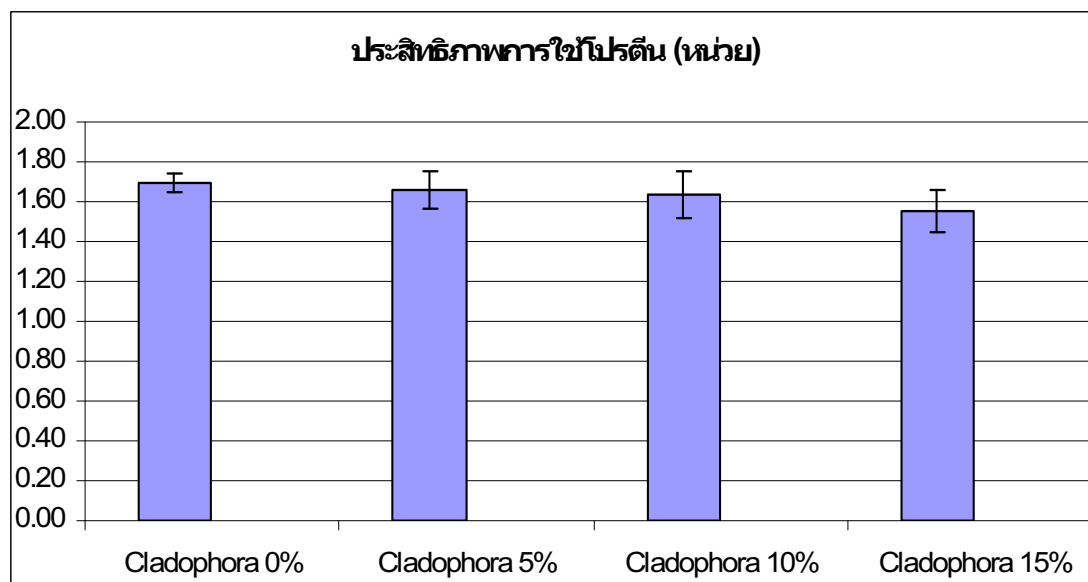
ภาพ 4.6 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาบึกในแต่ละหน่วยทดลอง ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 18 เดือน



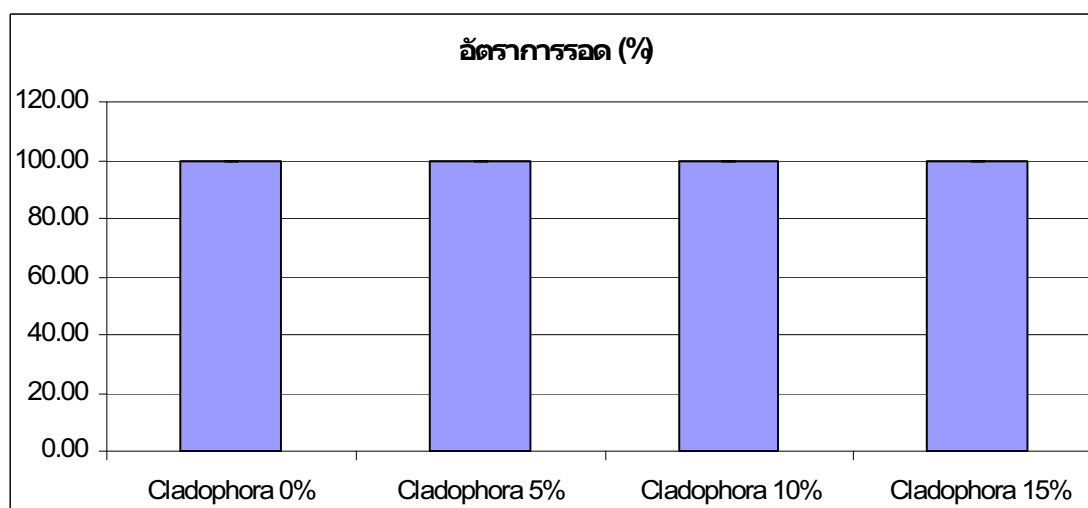
ภาพ 4.7 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาบึก (FCR) ในแต่ละหน่วยทดลอง ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 18 เดือน

ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไก่ทั้ง 4 สูตร อยู่ในช่วง $1.55 \pm 0.11 - 1.69 \pm 0.04$ หน่วย และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพ 4.8)

อัตราการรอดตาย ปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไก่ทั้ง 4 สูตร มีอัตราการรอดตายเท่ากับ 100% ในทุก ๆ ชุดการทดลอง และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพ 4.9)

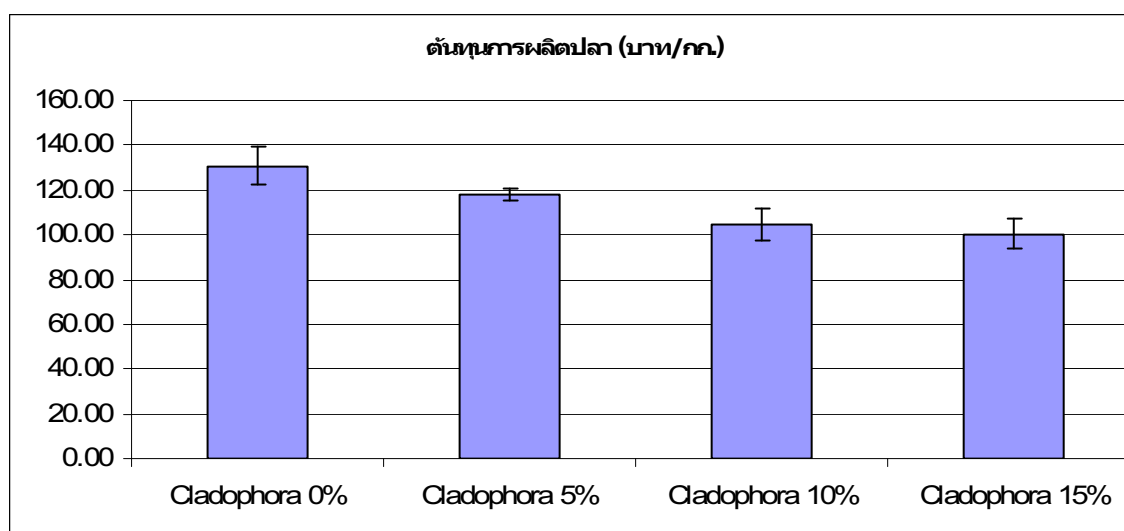


ภาพ 4.8 ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของปลาบึกในแต่ละหน่วยทดลอง ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 18 เดือน



ภาพ 4.9 อัตราการรอดตาย (%) ของปลาบึกในแต่ละหน่วยทดลอง ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 18 เดือน

4.2.2 ต้นทุนการผลิตปลาบึก ปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไก่ 15% มีต้นทุน การผลิต (บาท/กก.) ต่ำกว่าปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไก่ 10, 5% และชุดควบคุม ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงในภาพ 4.10

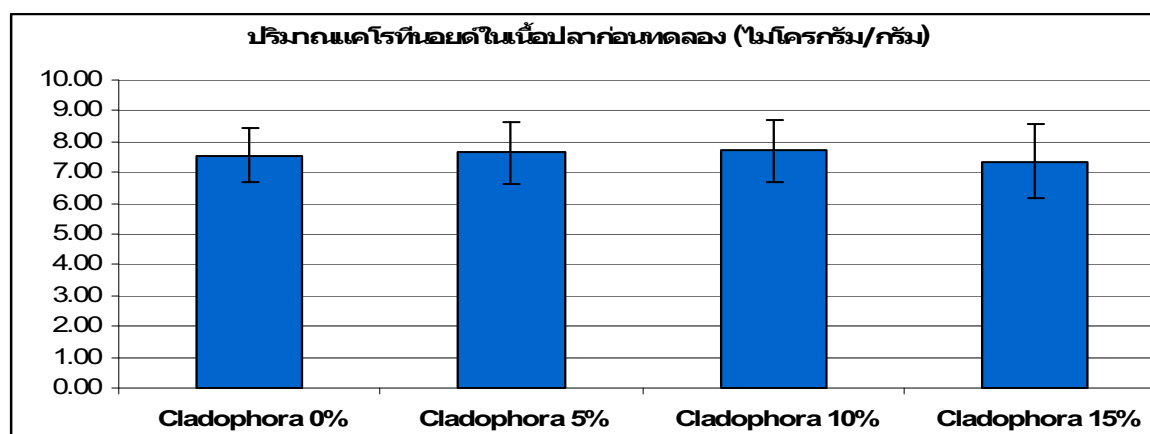


ภาพ 4.10 ต้นทุนการผลิตปลาบึกในแต่ละหน่วยทดลอง ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 18 เดือน

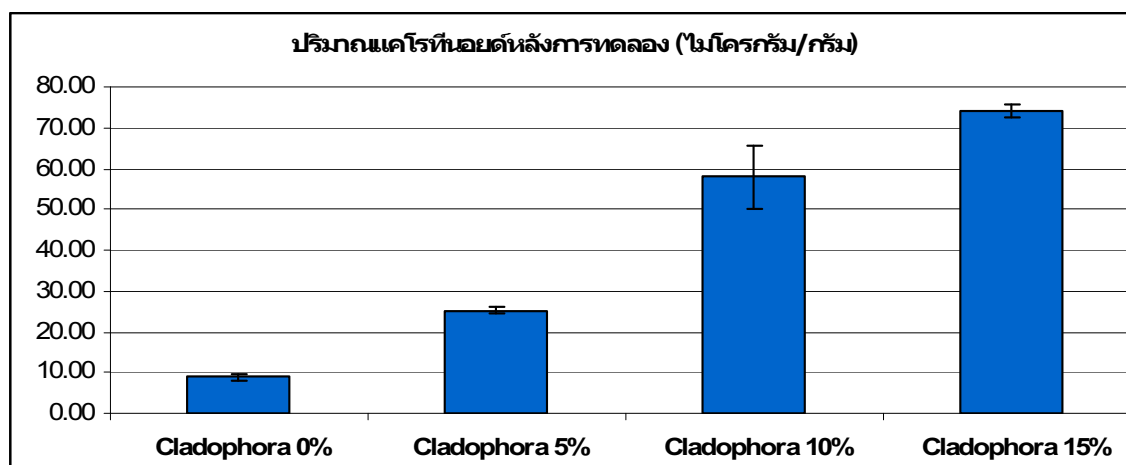
4.2.3 แครอทินอยต์ในเนื้อปลาบึก

ปริมาณแคโรทีนอยด์และอนุพันธ์ของแคโรทีนอยด์ของปลาบึกก่อนและหลังเลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายไกมีค่าดังนี้

แคโรทีนอยด์รวม แคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาก่อนทดลองอยู่ในช่วง 7.37 ± 1.18 - 7.70 ± 1.15 ไมโครกรัม/เนื้อปลา 1 กรัม และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพ 4.11) ส่วนแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาหลังการทดลอง เป็นระยะเวลา 18 เดือน พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไกแต่ละระดับมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณของสาหร่ายไกที่เพิ่มขึ้นในอาหารทดลอง โดยปลาที่ได้รับอาหารที่ไม่ผสมสาหร่ายไกมีปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาดำกว่าทุกชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ภาพ 4.12 และ 4.13)



ภาพ 4.11 ปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาบึกก่อนการเลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายไก



ภาพ 4.12 ปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาบึกหลังการเลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายไก่อ เป็นระยะเวลา 18 เดือน



T1 ไก่ 0%

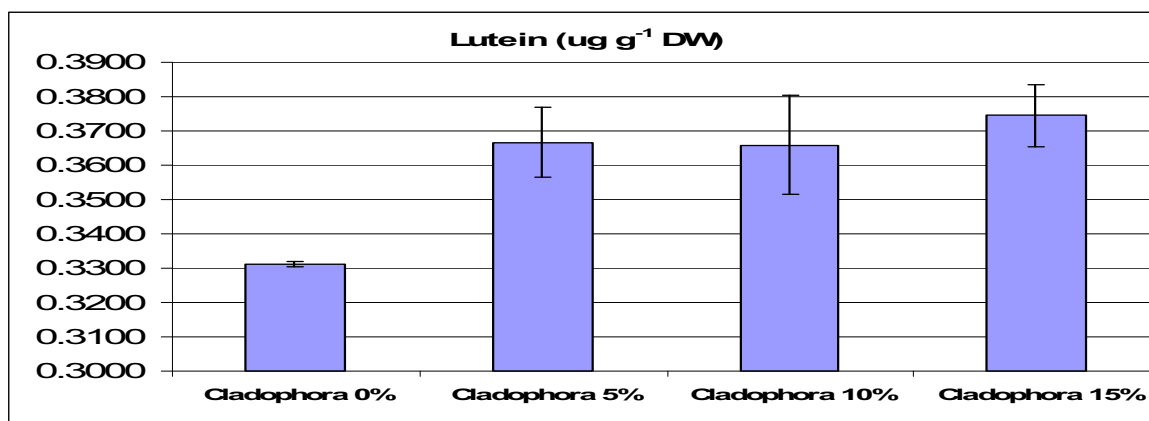
T2 ไก่ 5%

T3 ไก่ 10%

T4 ไก่ 15%

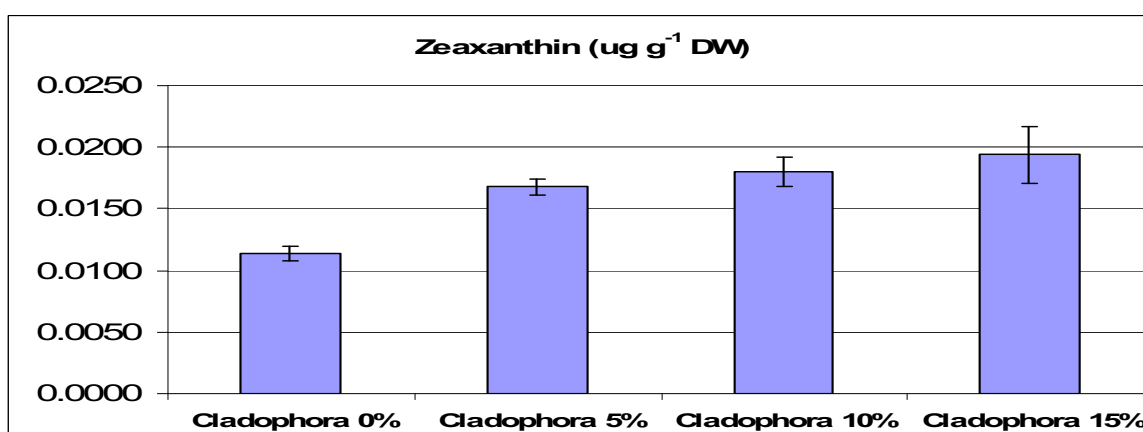
ภาพ 4.13 ปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายไก่อ ระยะเวลา 18 เดือน พบว่าในหน่วยทดลองที่ 3 และ 4 (ไก่อ 10% และ 15%) เนื้อปลามีแคโรทีนอยด์สูง

ปริมาณ ลูทีน (Lutein) ในเนื้อปลาน้ำจืดหลังการทดลอง เป็นเวลา 18 เดือน พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไคแต่ละระดับมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณของสาหร่ายไคที่เพิ่มขึ้นในอาหารทดลอง โดยปลาที่ได้รับอาหารที่ไม่ผสมสาหร่ายไคมีปริมาณ ลูทีนต่ำกว่าทุกชุดการทดลอง ($p < 0.05$) ดังแสดงในภาพ 4.14



ภาพ 4.14 ปริมาณลูทีนในเนื้อปลาน้ำจืด หลังการเลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายไคเป็นเวลา 18 เดือน

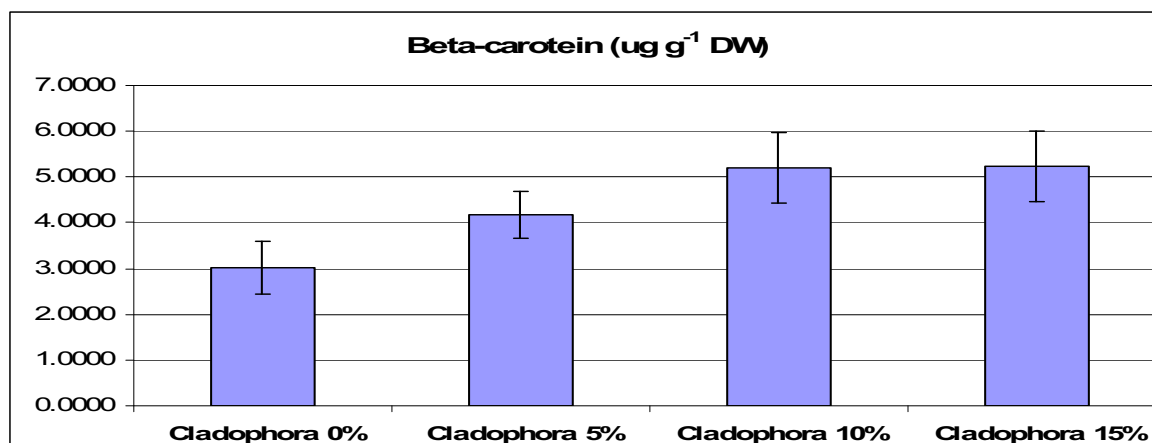
ปริมาณ ซีอาซานทีน (Zeaxanthin) ในเนื้อปลาน้ำจืดหลังการทดลอง เป็นระยะเวลา 18 เดือน พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไคในแต่ละระดับมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณของสาหร่ายไคที่เพิ่มขึ้นในอาหารทดลอง โดยปลาที่ได้รับอาหารที่ไม่ผสมสาหร่ายไคมีปริมาณซีอาซานทีนต่ำกว่าทุกชุดการทดลอง ($p < 0.05$) ดังแสดงในภาพ 4.15



ภาพ 4.15 ปริมาณซีอาซานทีนในเนื้อปลาน้ำจืด หลังการเลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายไคเป็นเวลา 18 เดือน

ปริมาณ เบต้าแคโรทีน (Beta-carotene) ในเนื้อปลาน้ำจืดหลังการทดลอง เป็นระยะเวลา 18 เดือน พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไคแต่ละระดับมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณของสาหร่าย

โกที่เพิ่มขึ้นในอาหารทดลอง โดยปลาที่ได้รับอาหารที่ไม่ผสมสาหร่ายไกมีปริมาณเบต้าแคโรทีนต่ำกว่าทุกชุดการทดลอง ($p<0.05$) ดังแสดงในภาพ 4.16



ภาพ 4.16 ปริมาณเบต้าแคโรทีนในเนื้อปลาบิก หลังการเลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายไก เป็นระยะเวลา 18 เดือน

4.2.4 คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อปลาบิก

คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อปลาก่อนและหลังการทดลองเลี้ยงปลาบิกด้วยอาหารผสมสาหร่ายไกทั้ง 4 สูตร เป็นระยะเวลา 18 เดือน ได้ผลดังนี้ (ภาพ 4.17 และ 4.18)

โปรตีน ในเนื้อปลาก่อนการทดลองเลี้ยงปลาบิกด้วยอาหารทั้ง 4 สูตร อยู่ในช่วง $35.81 \pm 0.33 - 39.40 \pm 0.71\%$ และไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ ส่วนโปรตีนในเนื้อปลาหลังการทดลองเลี้ยงปลาบิกด้วยอาหารทั้ง 4 สูตร เป็นระยะเวลา 18 เดือน อยู่ในช่วง $39.33 \pm 0.66 - 39.61 \pm 1.02\%$ ซึ่งไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ แต่เนื้อปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไกในแต่ละระดับ พบว่าค่าโปรตีนมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณของสาหร่ายไกที่เพิ่มขึ้นในอาหารทดลองมากกว่าในเนื้อปลาก่อนทดลอง

คาร์โบไฮเดรต ในเนื้อปลาก่อนการทดลองเลี้ยงปลาบิกด้วยอาหารทั้ง 4 สูตร อยู่ใน ช่วง $2.25 \pm 0.29 - 3.56 \pm 0.25\%$ และไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ ส่วนคาร์โบไฮเดรตในเนื้อปลาหลังการทดลองเลี้ยงปลาบิกด้วยอาหารทั้ง 4 สูตร เป็นระยะเวลา 18 เดือน อยู่ในช่วง $3.25 \pm 2.43 - 4.75 \pm 1.62\%$ และไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งเนื้อปลาก่อนทดลองและเนื้อปลาหลังการทดลองมีค่าคาร์โบไฮเดรตในเนื้อปลาใกล้เคียงกัน

ไขมัน ในเนื้อปลาก่อนการทดลองเลี้ยงปลาบิกด้วยอาหารทั้ง 4 สูตร อยู่ใน ช่วง $4.18 \pm 0.53 - 6.08 \pm 0.22\%$ และไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ ส่วนไขมันในเนื้อปลาหลังการทดลองเลี้ยงปลาบิกด้วยอาหารทั้ง 4 สูตร เป็นระยะเวลา 18 เดือน อยู่ในช่วง $3.65 \pm 0.79 - 4.17 \pm 0.53\%$ และไม่มี ความ

แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งเนื้อปลาหลังการทดลองแนวโน้มน้ำมันในเนื้อน้อยกว่าเนื้อปลาก่อนการทดลอง

เยื่อใย ในเนื้อปลาก่อนการทดลองเลี้ยงปลาบิกด้วยอาหารทั้ง 4 สูตร อยู่ในช่วง 0.03 ± 0.005 - $0.04 \pm 0.005\%$ และไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนไขมันในเนื้อปลาหลังการทดลองเลี้ยงปลาบิกด้วยอาหารทั้ง 4 สูตร เป็นระยะเวลา 18 เดือน อยู่ในช่วง 0.02 ± 0.009 - $0.04 \pm 0.009\%$ และไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งเนื้อปลาก่อนการทดลองและเนื้อปลาหลังการทดลองมีค่าเยื่อใยในเนื้อใกล้เคียงกัน

ความชื้น ในเนื้อปลาก่อนการทดลองเลี้ยงปลาบิกด้วยอาหารทั้ง 4 สูตร อยู่ในช่วง 50.63 ± 0.99 - $54.27 \pm 0.32\%$ และไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนความชื้นในเนื้อปลาหลังการทดลองเลี้ยงปลาบิกด้วยอาหารทั้ง 4 สูตร เป็นระยะเวลา 18 เดือน อยู่ในช่วง 50.01 ± 0.50 - $51.96 \pm 0.17\%$ และไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งเนื้อปลาก่อนการทดลองและเนื้อปลาหลังการทดลองมีค่าความชื้นในเนื้อใกล้เคียงกัน

เถ้า ในเนื้อปลาก่อนการทดลองเลี้ยงปลาบิกด้วยอาหารทั้ง 4 สูตรอยู่ในช่วง 1.09 ± 0.05 - $1.56 \pm 0.38\%$ และไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนความชื้นในเนื้อปลาหลังการทดลองเลี้ยงปลาบิกด้วยอาหารทั้ง 4 สูตร เป็นระยะเวลา 18 เดือน อยู่ในช่วง 1.36 ± 0.09 - $1.93 \pm 0.06\%$ และไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งเนื้อปลาก่อนการทดลองและเนื้อปลาหลังการทดลองมีค่าของเถ้าในเนื้อปลาบิกใกล้เคียงกัน

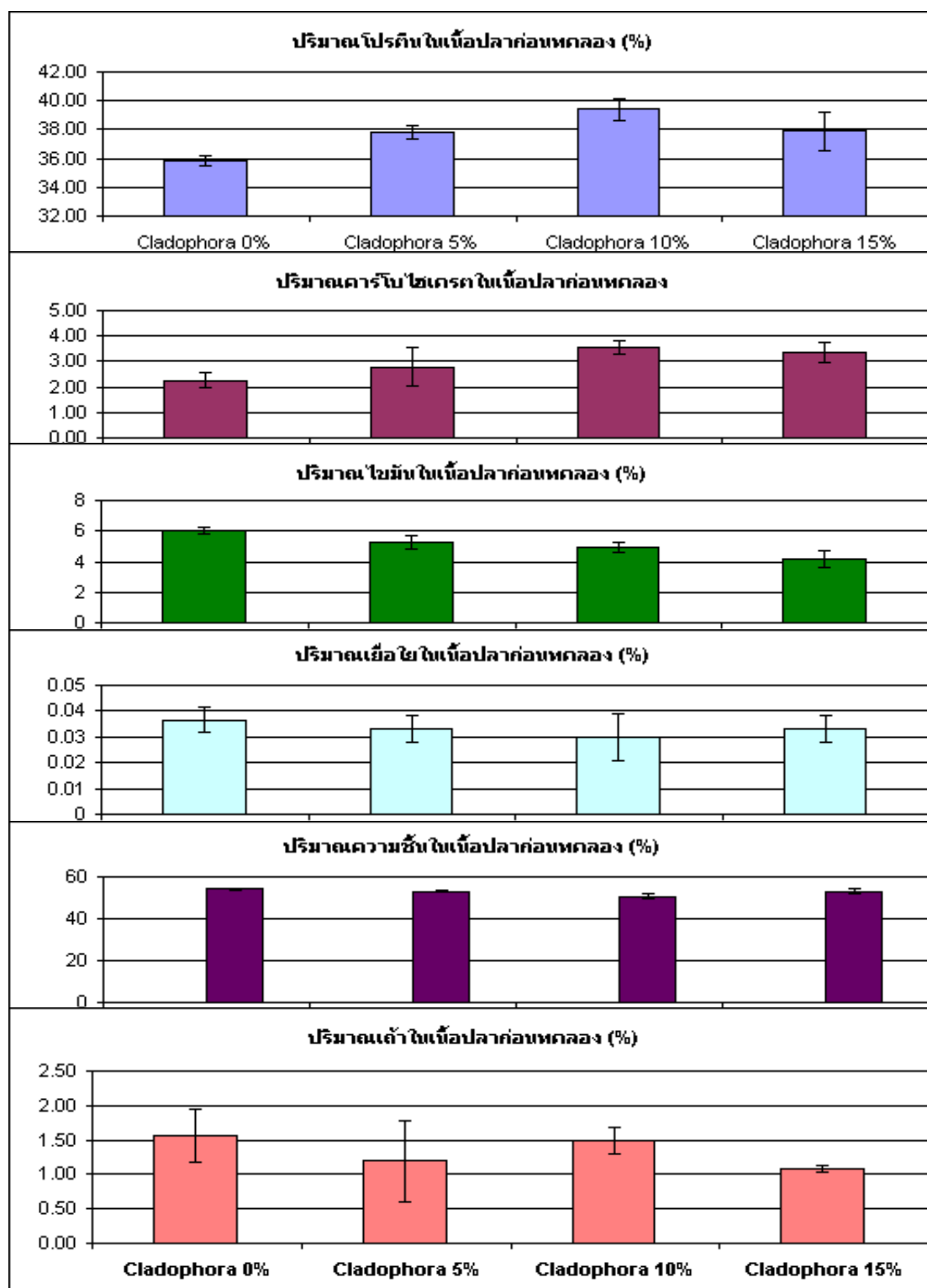
4.2.5 คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีในบ่อเลี้ยงปลาบิก

คุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาบิกตลอดการทดลองมีคุณภาพน้ำ ดังนี้

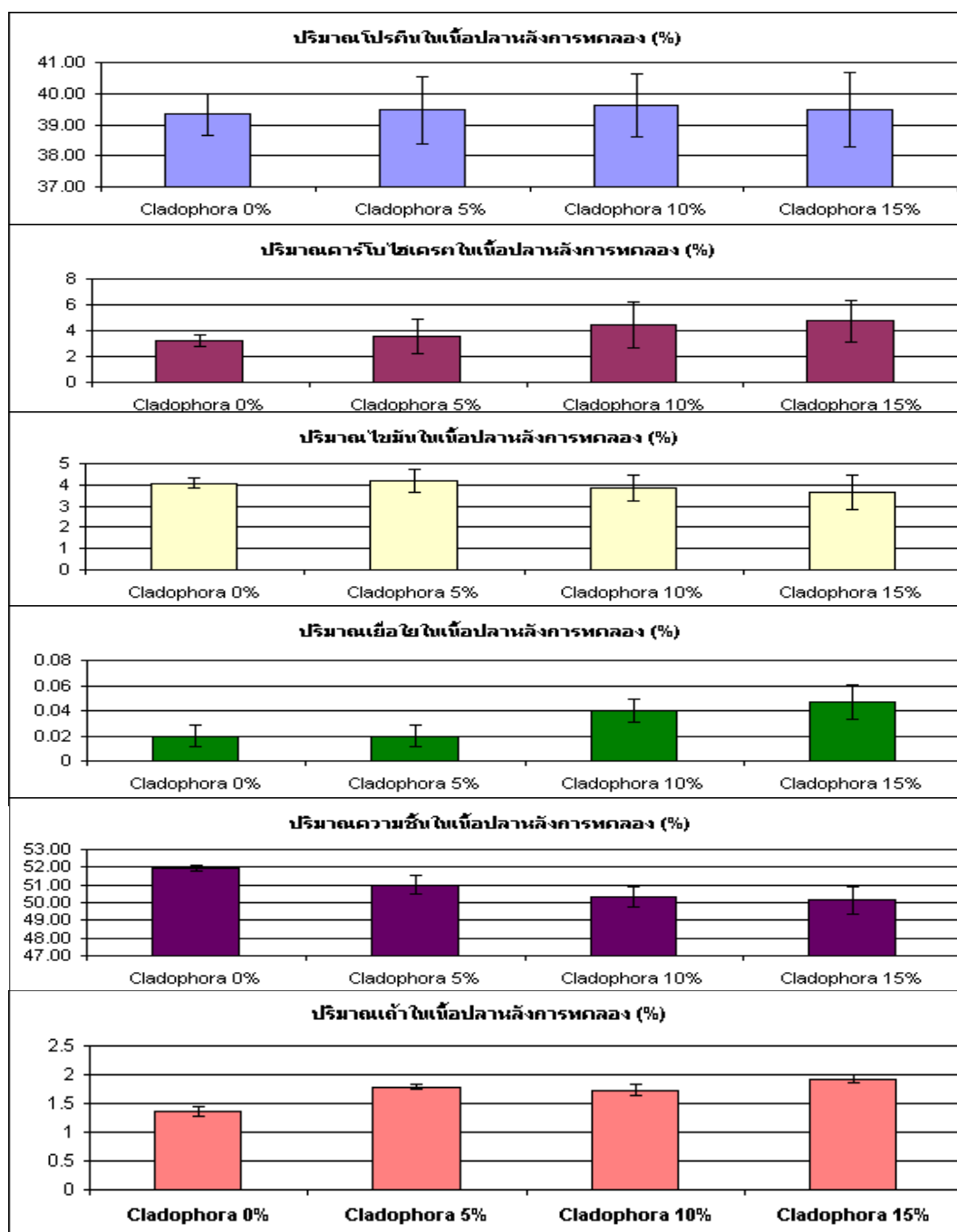
อุณหภูมิของน้ำ ในบ่อที่เลี้ยงปลาบิกด้วยอาหารผสมสาหร่ายไก่ทั้ง 4 สูตร เป็นเวลา 18 เดือน พบว่า มีอุณหภูมิของน้ำอยู่ระหว่าง 25.87 ± 1.50 - 29.67 ± 0.58 °ซ และไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพ 4.19)

ปริมาณสารแขวนลอยที่แขวนลอยในน้ำ ในบ่อที่เลี้ยงปลาบิกด้วยอาหารผสมสาหร่ายไก่ทั้ง 4 สูตร เป็นเวลา 18 เดือน พบว่า มีปริมาณสารแขวนลอยที่แขวนลอยในน้ำอยู่ระหว่าง 0.02 ± 0.00 - 0.37 ± 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งในช่วงวันที่ 30 มิถุนายน-30 กุมภาพันธ์ 2552 จะมีค่า TSS สูงกว่าเดือนอื่น ๆ เนื่องจากเป็นช่วงฤดูฝน (ภาพ 4.20)

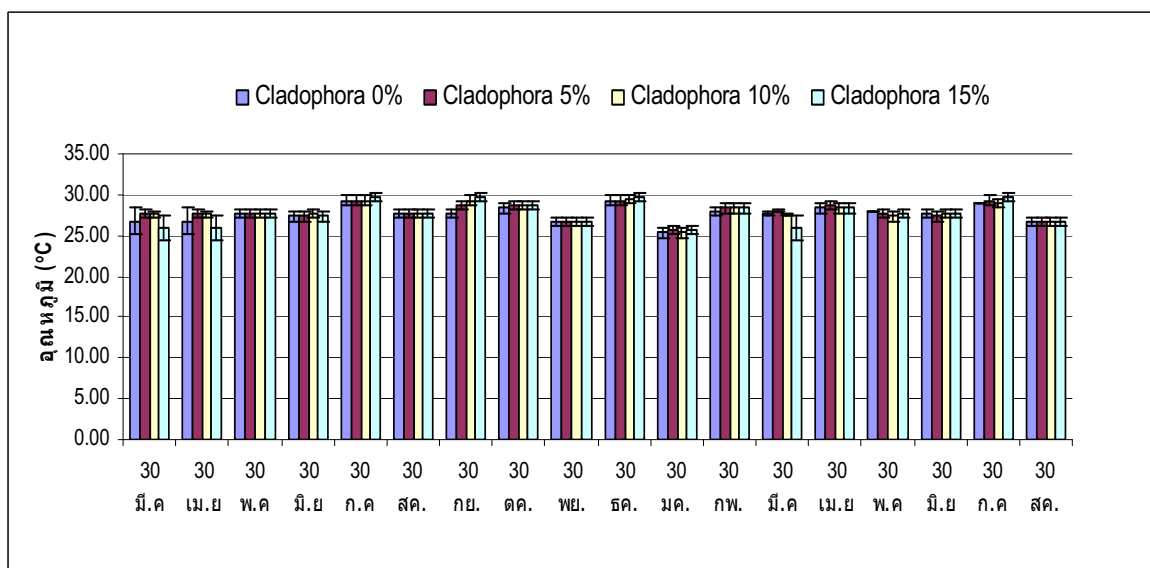
ค่าความกระด้าง ในบ่อที่เลี้ยงปลาบิกด้วยอาหารผสม สาหร่ายไก่ ทั้ง 4 สูตร เป็นเวลา 18 เดือน พบว่า มีค่าความกระด้างอยู่ระหว่าง 36.99 ± 6.00 - 121.04 ± 57.57 มิลลิกรัมต่อลิตร ของ CaCO_3) โดยในช่วงเริ่มต้นการทดลอง น้ำที่ใช้เลี้ยงจะมีค่าความกระด้างค่อนข้างสูง หลังจากเลี้ยงปลาไป 1 เดือน ค่าความกระด้างก็ลดลง ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ภาพ 4.21)



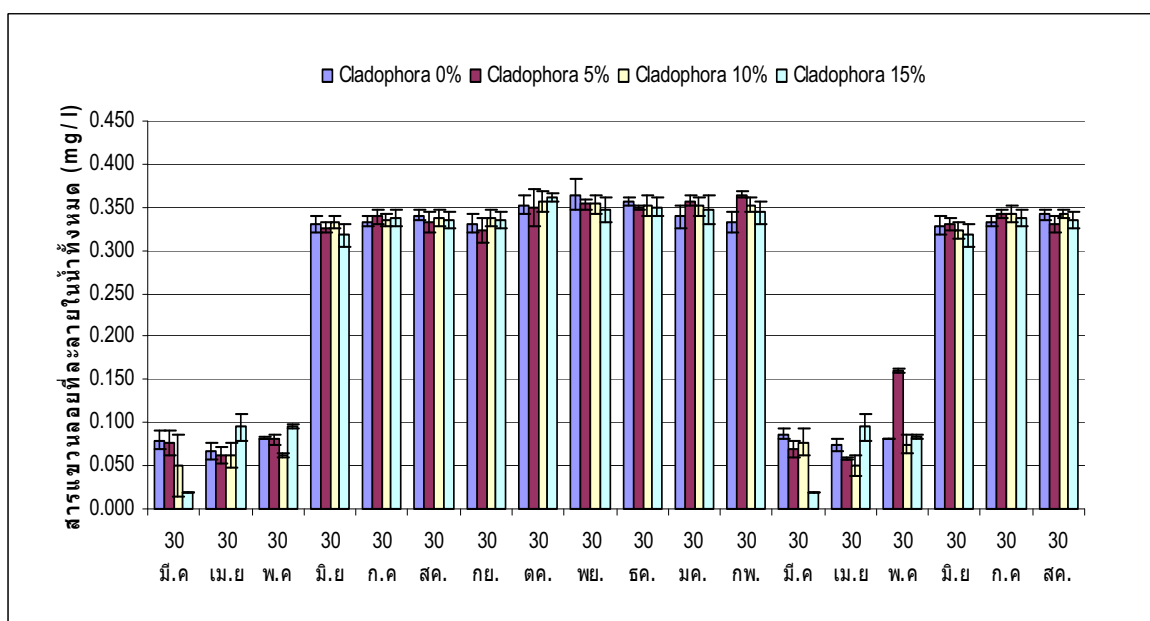
ภาพ 4.17 คุณค่าทางอาหารในเนื้อปลาบีก่อนการทดลองเลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายไค ทั้ง 4 สูตร



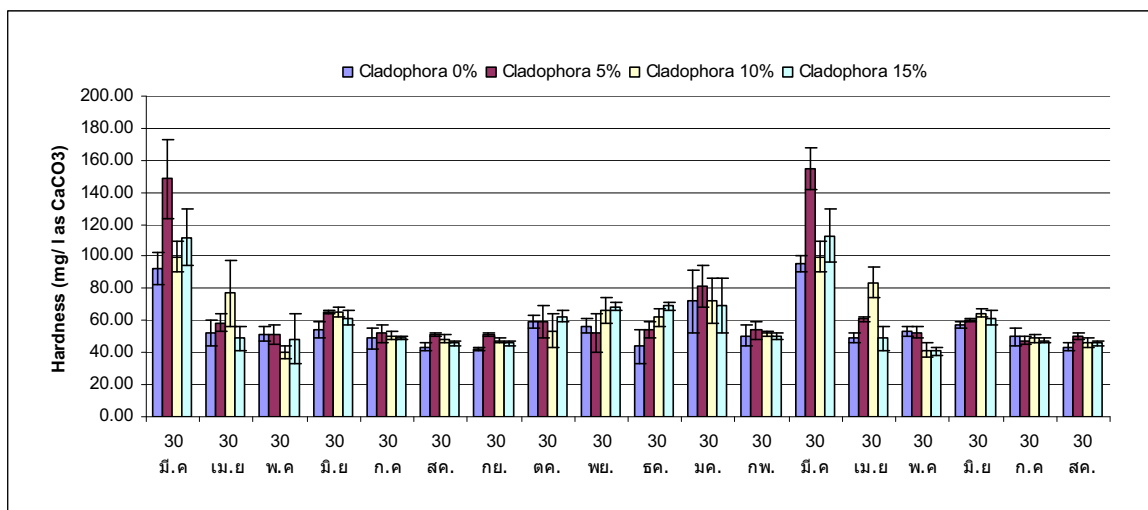
ภาพ 4.18 คุณค่าทางอาหารในเนื้อปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายไค ทั้ง 4 สูตร เป็นระยะเวลา 18 เดือน



ภาพ 4.19 อุณหภูมิของน้ำ (°C) ในบ่อเลี้ยงปลาบึงตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน

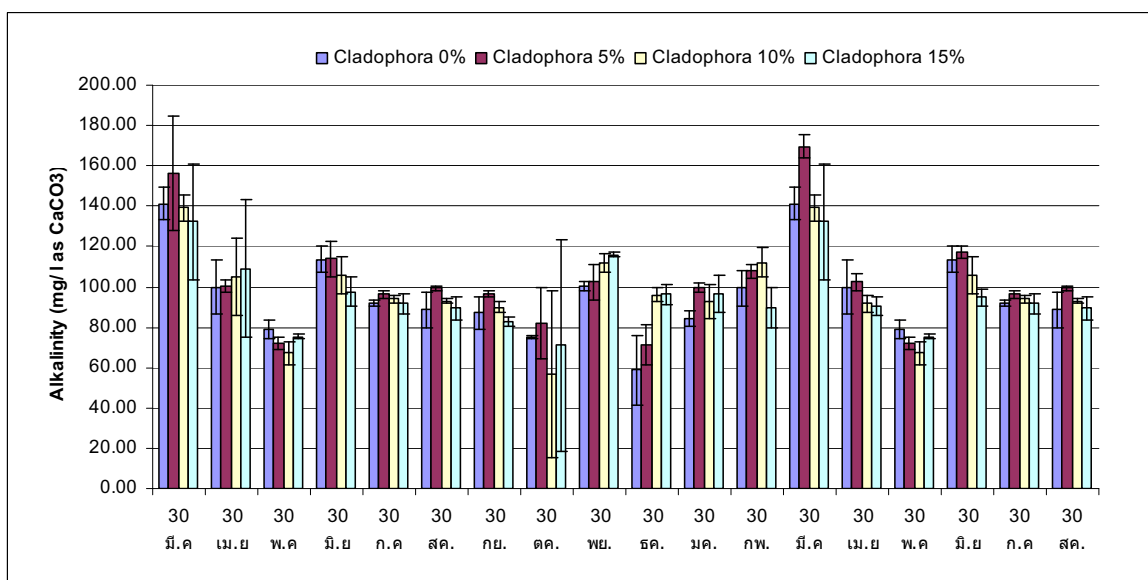


ภาพ 4.20 ปริมาณสารแขวนลอยที่แขวนลอยในน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึงตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน



ภาพ 4.21 ความกระด้างของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบิกทดลองระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน

ค่าความเป็นด่าง ในบ่อที่เลี้ยงปลาบิกด้วยอาหารผสมสาหร่ายไค ทั้ง 4 สูตร เป็นเวลา 18 เดือน พบว่า มีค่าความเป็นด่างอยู่ระหว่าง $40.35 \pm 4.32 - 148.33 \pm 24.66$ มิลลิกรัมต่อลิตร ของ CaCO_3 โดยในช่วงเริ่มต้นการทดลอง น้ำที่ใช้เลี้ยงจะมีค่าความเป็นด่างค่อนข้างสูง หลังจากทดลองผ่านไป 1 เดือน พบว่า ความเป็นด่างมีค่าลดลง ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ภาพ 4.22)

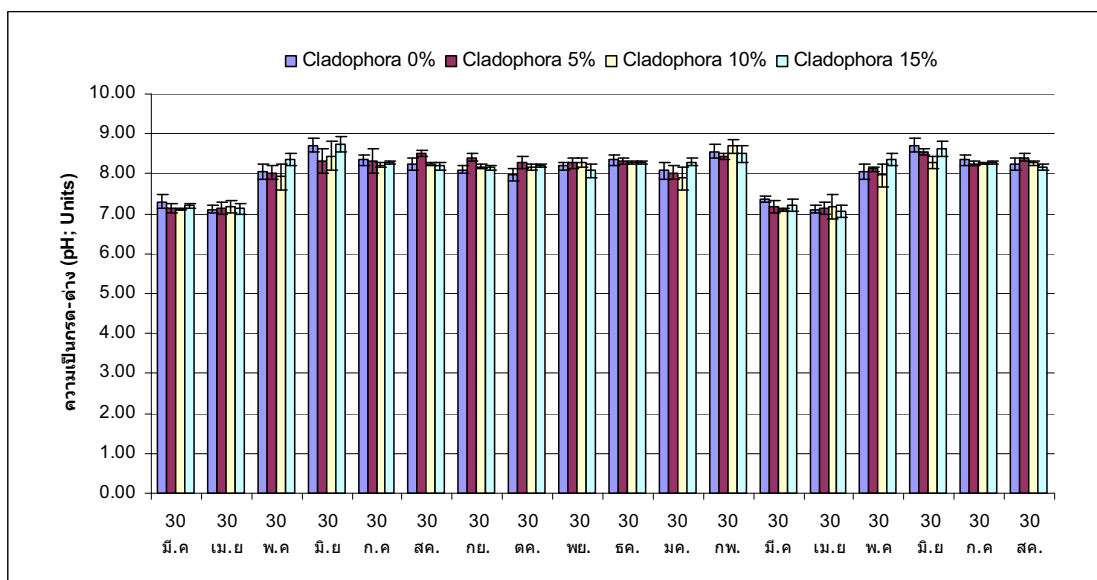


ภาพ 4.22 ความเป็นด่างของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบิกทดลองระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน

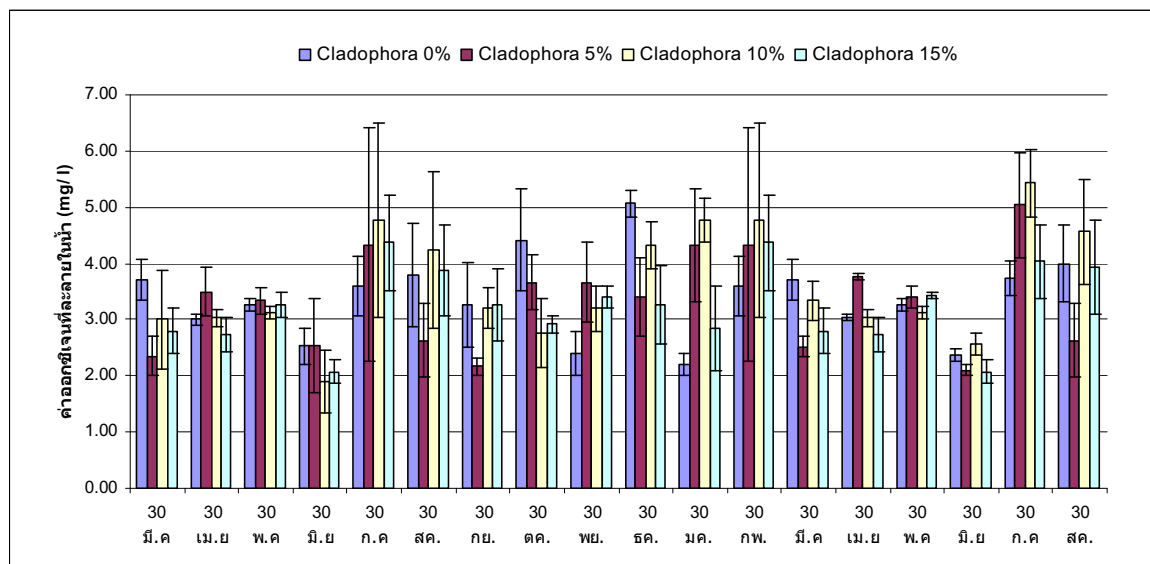
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ในบ่อที่เลี้ยงปลาบิกด้วยอาหารผสมสาหร่ายไค ทั้ง 4 สูตร เป็นเวลา 18 เดือน พบว่า มีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง $7.06 \pm 0.16 - 8.74 \pm 0.20$ และหลังจากการทดลองผ่าน

ไป 2 เดือน พบว่า น้ำมีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นจากเดือนเริ่มต้น แต่ก็ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพ 4.23)

ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ ในบ่อเลี้ยงปลาบึกด้วยอาหารผสมสาหร่ายไค ทั้ง 4 สูตร เป็นเวลา 18 เดือน พบว่า มีค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำอยู่ระหว่าง 1.90 ± 0.56 - 5.43 ± 0.60 มิลลิกรัมต่อลิตร และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพ 4.24)

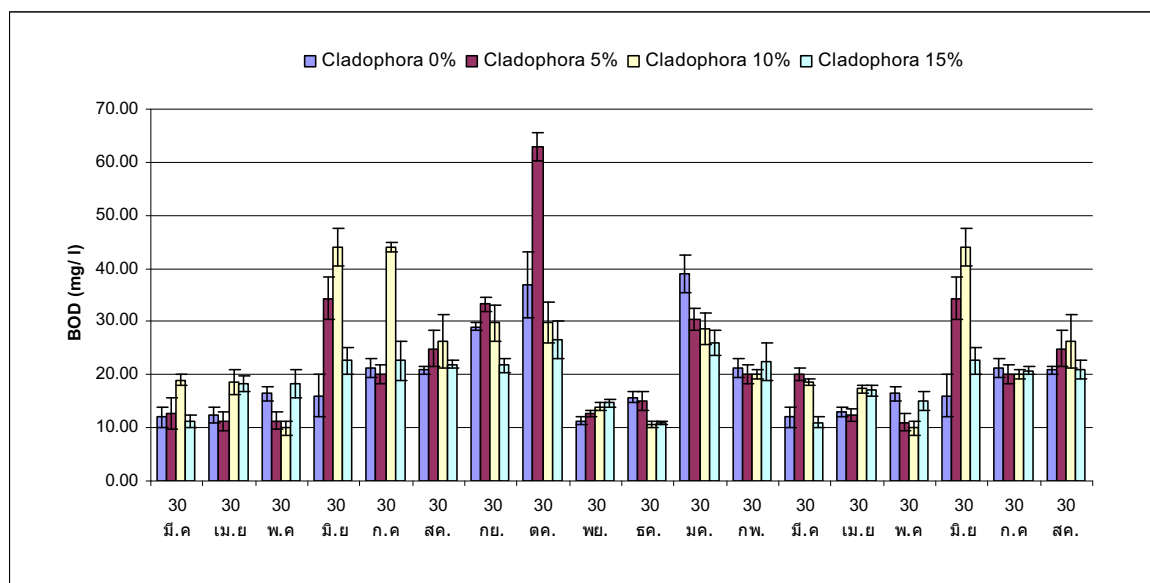


ภาพ 4.23 ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึกตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 18 เดือน



ภาพ 4.24 ค่าออกซิเจนละลายน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึกตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน

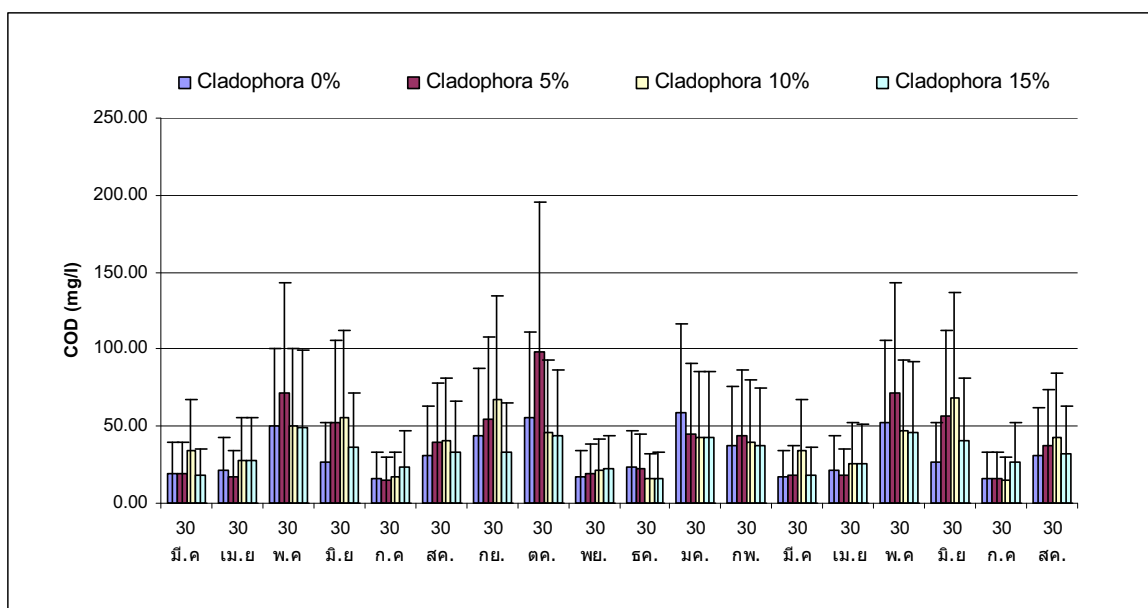
ไบโอเคมีคัลออกซิเจนดีแมนด์ (บีโอดี) ในบ่อที่เลี้ยงปลาบึกด้วยอาหารผสมสาหร่ายไถ ทั้ง 4 สูตร เป็นเวลา 18 เดือน พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง $9.98 \pm 1.33 - 63.00 \pm 2.65$ มิลลิกรัมต่อลิตร และช่วงเริ่มต้นการทดลอง น้ำที่ใช้เลี้ยงมีค่าบีโอดีค่อนข้างต่ำ แต่หลังจากทดลองผ่านไป 3 เดือน ค่าบีโอดีจะมีค่าสูงขึ้น อาจเกิดจากการสะสมของ ๆ เสีย เช่น อาหารปลา ซึ่งบางช่วงสูงถึง 60 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยจะทำการเปลี่ยนน้ำในบ่อจนค่าบีโอดีอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ภาพ 4.25)



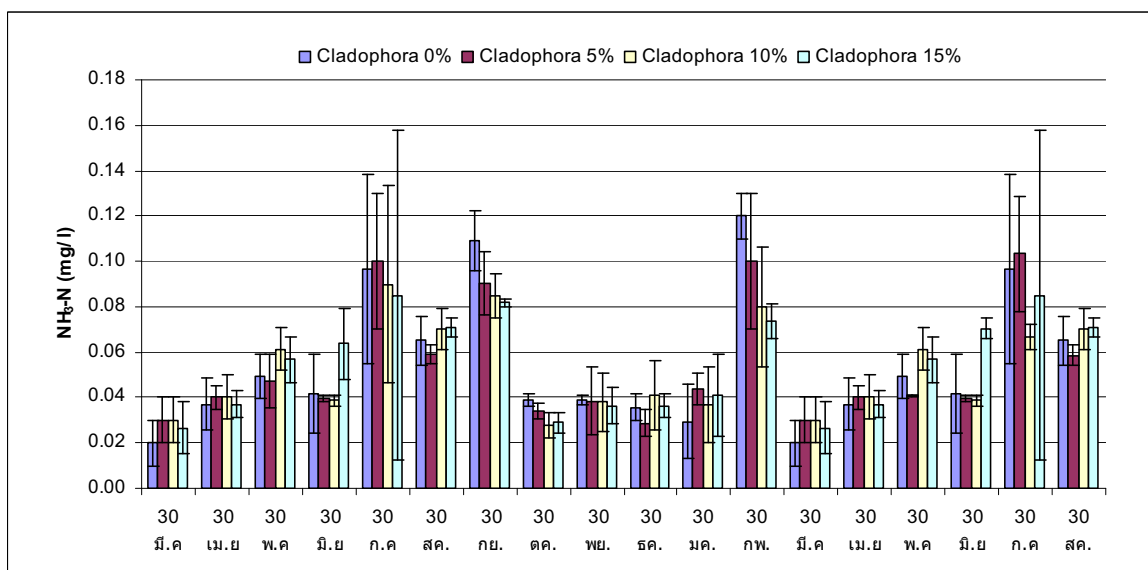
ภาพ 4.25 ค่าไบโอเคมีคัลออกซิเจนดีแมนด์ ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึกทดลองระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน

เคมีคัลออกซิเจนดีแมนด์ (ซีโอดี) ในบ่อที่เลี้ยงปลาบึกด้วยอาหารผสมสาหร่ายไถ ทั้ง 4 สูตร เป็นเวลา 18 เดือน พบว่า มีค่าซีโอดีอยู่ระหว่าง $15.00 \pm 2.65 - 98.00 \pm 9.17$ มิลลิกรัมต่อลิตร และช่วงเริ่มต้นการทดลอง น้ำที่ใช้เลี้ยงจะมีค่าซีโอดีค่อนข้างต่ำ และหลังจากทดลองผ่านไป 3 เดือน พบว่า ค่าซีโอดีจะมีค่าค่อนข้างสูง ซึ่งค่าซีโอดีจะแปรผันตามค่าบีโอดี (ภาพ 4.26)

แอมโมเนียไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ในบ่อที่เลี้ยงปลาบึกด้วยอาหารผสมสาหร่ายไถ ทั้ง 4 สูตร เป็นเวลา 18 เดือน พบว่า มีค่าแอมโมเนียไนโตรเจนอยู่ระหว่าง $0.03 \pm 0.01 - 0.12 \pm 0.01$ มิลลิกรัมต่อลิตร และช่วงเริ่มต้นการทดลอง น้ำที่ใช้เลี้ยงจะมีค่าแอมโมเนียไนโตรเจนค่อนข้างต่ำ และหลังจากการทดลองผ่านไป 4 เดือน ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนจะมีค่าค่อนข้างสูง แต่ก็ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ภาพ 4.27)

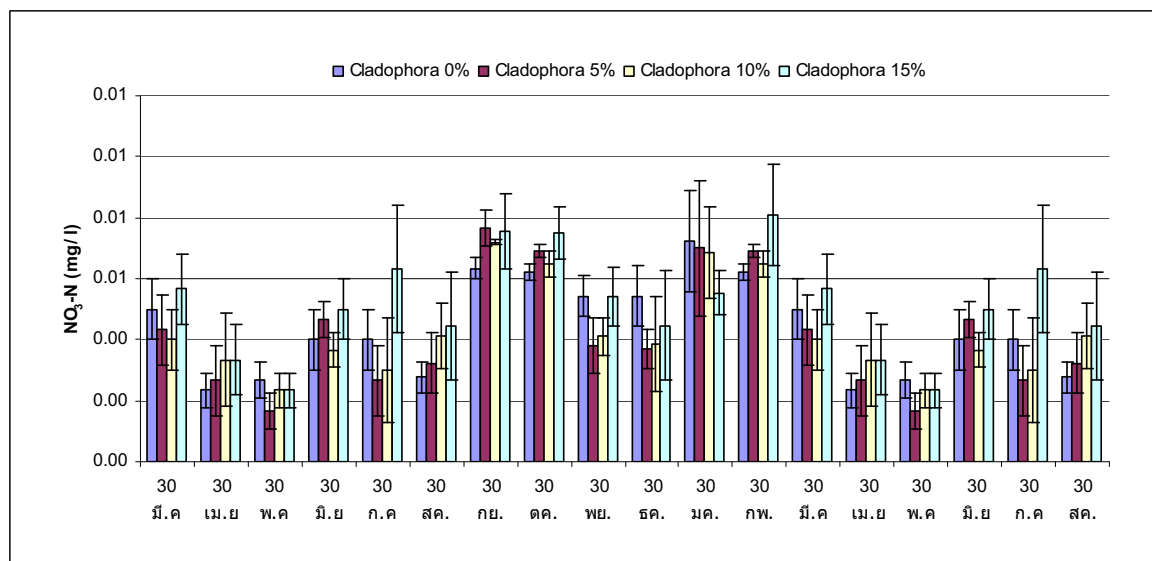


ภาพ 4.26 ค่าเคมีคัลออกซิเจนดีแมนด์ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบิกตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน



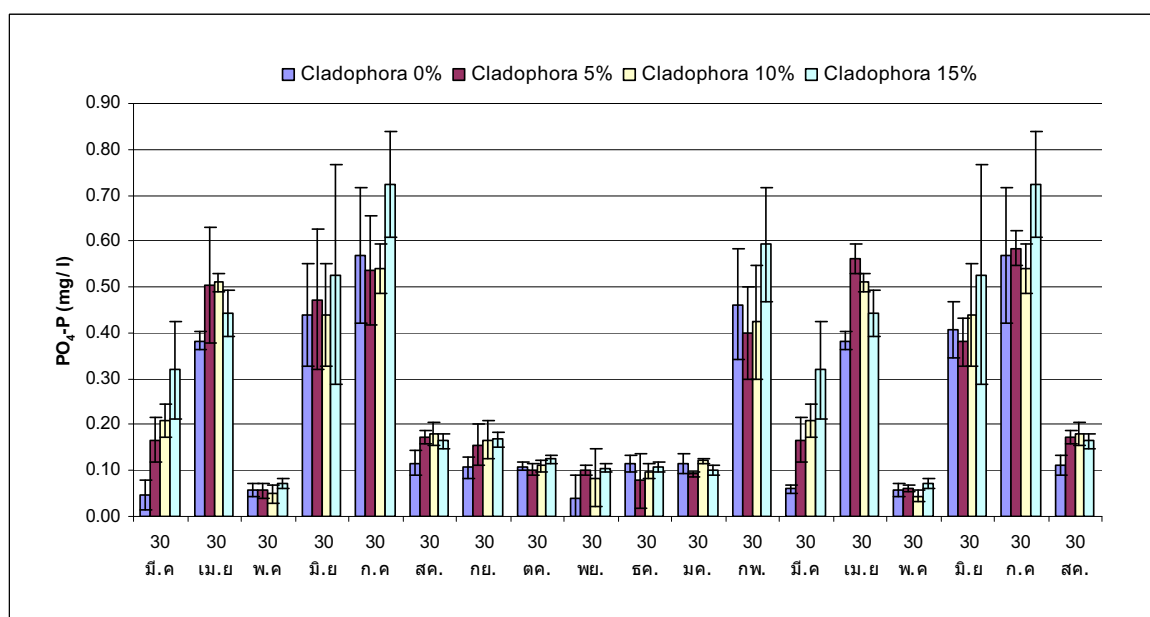
ภาพ 4.27 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบิกตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน

ไนเตรทไนโตรเจน (NO₃-N) ในบ่อเลี้ยงปลาบิกด้วยอาหารผสมสาหร่ายไค ทั้ง 4 สูตร เป็นเวลา 18 เดือน พบว่า มีค่าไนเตรทไนโตรเจนอยู่ระหว่าง $0.002 \pm 0.00-0.008 \pm 0.001$ มิลลิกรัมต่อลิตร และช่วงเริ่มต้นการทดลอง น้ำที่ใช้เลี้ยงจะมีค่าไนเตรทไนโตรเจนค่อนข้างต่ำ หลังจากการทดลองผ่านไป 4 เดือน ค่าไนเตรทไนโตรเจนจะมีค่าค่อนข้างสูง อาจเกิดจากการสะสมของ ๆ เสีย เช่น อาหารปลา เป็นต้น แต่ก็ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ภาพ 4.28)



ภาพ 4.28 ค่าไนเตรทไนโตรเจนของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึงตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน

ออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส ($\text{PO}_4\text{-P}$) ในบ่อเลี้ยงปลาบึงด้วยอาหารผสมสาหร่ายไค ทั้ง 4 สูตร เป็นเวลา 18 เดือน พบว่า มีค่าออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสอยู่ระหว่าง $0.04 \pm 0.05 - 0.72 \pm 0.12$ มิลลิกรัมต่อลิตร และช่วงเริ่มต้นการทดลอง น้ำที่ใช้เลี้ยงจะมีค่าออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสค่อนข้างต่ำ หลังจากทดลองผ่านไป 3 เดือน ค่าออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสจะมีค่าค่อนข้างสูง อาจเกิดจากการสะสมของ ๆ เสีย เช่น อาหารปลา เป็นต้น โดยจะทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำในบ่อให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ภาพ 4.29)



ภาพ 4.29 ค่าออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึงตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน

4.2.6 ต้นทุนการเลี้ยงปลาบึก

การคำนวณต้นทุนผันแปรในการเลี้ยงปลาบึกด้วยอาหารผสมสำหรับปลาในสัดส่วนต่างๆกัน ดังแสดงในตาราง 4.4 การคำนวณราคาอาหาร โดยคิดจากราคาวัตถุดิบในสัดส่วนต่างๆกัน***

** ราคาวัตถุดิบสำหรับผสมอาหารปลา		บาท/กก.
-สำหรับไก่แห้ง(เมื่อเลี้ยงเอง)	15.00	
-ปลาป่น	50.00	
-กากถั่วเหลือง	35.00	
-รำละเอียด	8.00	
-ปลายข้าว	12.00	
-ฟริมิกซ์	100.00	

*** แสดงปริมาณส่วนผสมอาหารโปรตีนคำนวณโดยวิธีเขียนรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

ชุดทดลอง	สารรายไก่ (กก)	ราคาไก่ (บาท)	ปลาป่น (กก)	ปลาป่น (บาท)	กากถั่วเหลือง (กก)	กากถั่วเหลือง (บาท)	รำ (กก)	รำ (บาท)	ปลายข้าว (กก)	ปลายข้าว (บาท)	ฟริมิกซ์ (กก)	ฟริมิกซ์ (บาท)	รวมทั้งหมด (กก)	รวมทั้งหมด (บาท)	ราคาอาหารปลา (บาท/กก.)
1	0	0	23.25	1163	23.25	813.75	36.34	290.72	15.16	181.92	2	200	100	2648.9	26.49
2	5	75	20.9	1045	23.25	813.75	36.34	290.72	12.51	150.12	2	200	100	2574.6	25.75
3	10	150	18.56	928	23.25	813.75	36.34	290.72	9.85	118.2	2	200	100	2500.7	25.01
4	15	225	16.21	810.5	23.25	813.75	36.34	290.72	7.2	86.4	2	200	100	2426.4	24.26

ตาราง 4.4 ต้นทุนการเลี้ยงปลาบึกจำนวน 22 ตัว ในบ่อขนาด 80 ตารางเมตร (5 X 16 X 1 เมตร)เป็นระยะเวลา 18 เดือน

อาหารผสม สำหรับ ไก่	น้ำหนัก				ราคาอาหาร (บาท/ กิโลกรัม) ***	ต้นทุน ค่าอาหาร (บาท)	ต้นทุน แปรร (บาท)	น้ำหนักปลา (กิโลกรัม/ บ่อ)	ราคาขาย (บาท/ กิโลกรัม)	รายได้ (บาท/บ่อ)	กำไร (บาท/บ่อ)
	ราคา พันธุ์ปลา (บาท/ตัว)	ต้นทุนพันธุ์ ปลา (บาท/บ่อ)	ต้นทุนพันธุ์ อาหาร เลี้ยงปลา 18 เดือน (กิโลกรัม)	อาหาร							
๒๒ ไก่ 0%	100	2,200	156.83	156.83	26.49	4,154.43	6354.43	93.13	175	16,297.75	9,943.32
๒๒ ไก่ 5%	100	2,200	157.05	157.05	25.75	4,044.04	6,244.04	90.20	175	15,785.00	9,540.96
๒๒ ไก่ 10%	100	2,200	159.18	159.18	25.01	3,981.09	6,181.09	95.70	175	16,747.50	10,566.41
๒๒ ไก่ 15%	100	2,200	149.14	149.14	24.26	3,618.14	5,818.14	94.60	175	16,555.00	10,736.86

หมายเหตุ ราคาขายปลาบึกคิดจากราคาขายตัวเฉลี่ยหน้าฟาร์ม หัวปลา กิโลกรัมละ 150 บาท เนื้อปลา กิโลกรัมละ 200

4.3 การสาธิตผล สาธิตวิธี การอบรมและการส่งเสริมฯ

4.3.1 จัดให้มีการสาธิตผล สาธิตวิธีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคแบบมหวมวล โดยสาธิตวิธีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคแบบมหวมวลโดยใช้บ่อดินและบ่อซีเมนต์ ใช้น้ำเพาะเลี้ยงจากโรงอาหารและน้ำจากบ่อปลาบึก โดยไม่ใช้สารเคมีเลย

มีการชี้แจงเกี่ยวกับต้นทุนในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคเพื่อประโยชน์เชิงพาณิชย์ว่ามีต้นทุนต่ำมากโดยเฉพาะเมื่อเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโดยใช้บ่อดิน พร้อมทั้งได้แสดงวิธีการเก็บเกี่ยวสาหร่ายไคและการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยว

จัดแสดงตัวอย่างบ่อเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคทั้งบ่อซีเมนต์และบ่อดินให้เป็นต้นแบบแก่ผู้สนใจ

4.3.2 ได้สาธิตวิธีการนำสาหร่ายไคไปใช้ประโยชน์

- ใช้เป็นอาหารเสริมแก่ปลาบึก ได้สาธิตวิธีการผสมสาหร่ายไคในอาหารปลา แนะนำเกี่ยวกับต้นทุนค่าอาหารปลาและคุณค่าทางโภชนาการของอาหารปลาที่ผสมสาหร่ายไค และผลผลิตของปลาที่กินอาหารผสมสาหร่ายไค จะทำให้เนื้อปลามีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น โดยมีต้นทุนผันแปรไม่แพงกว่าใช้อาหารสำเร็จรูป

- การใช้เป็นอาหารมนุษย์ ได้สาธิตวิธีการนำสาหร่ายไคมาปรุงเป็นอาหารพื้นบ้าน เช่นการทำไกย (อย่างไรก็ตามสาหร่ายไคที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในน้ำทั้งโรงอาหารและน้ำจากบ่อปลา จะต้องมีการตรวจปริมาณจุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยง เพื่อให้เป็นที่ยอมรับในการจะนำมาทำเป็นอาหารมนุษย์ต่อไป)

นอกจากนี้ได้มีการเผยแพร่โดยหนังสือ แสดงภาพโปสเตอร์สาหร่ายไคที่ปรุงเป็นอาหารจำหน่ายอย่างแพร่หลาย ซึ่งจัดเป็นสินค้าโอท็อป ของอำเภอบัว และอำเภอดำรงฟ้า จังหวัดน่าน (ภาพ 4.30 - ภาพ 4.33)



ภาพ 4.30 पोสเตอร์ลักษณะสาหร่ายไก่อในธรรมชาติและภายใต้กล้องจุลทรรศน์

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อในบ่อดินระบบน้ำวน

บ่อดินระบบน้ำวน

บ่อดินระบบน้ำวน
ควรอยู่ในโรงเรือนเปิด

มีหลังคากรองแสง 50-80% การทำบ่อดินระบบน้ำวนทำโดยขุดดินเป็นร่องยาวมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีมุมมน และมีคั่นกลาง กว้างประมาณ 30-50 เซนติเมตร ลึกประมาณ 30 เซนติเมตร โดยขุดให้บ่ออยู่ติดกันเพื่อประหยัดเนื้อที่ หลังจากนั้นรองพื้นด้วยพลาสติก ดังรูป



บ่อดินระบบน้ำวน

การเตรียมน้ำสำหรับ เพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อ

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อโดยไม่ใช้สารเคมีจะใช้น้ำที่มีสารอาหารที่พอเพียงต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายไก่อ แต่ไม่มีการปนเปื้อนของสารพิษ และโลหะหนัก เช่น น้ำจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ น้ำทิ้งจากโรงอาหาร เป็นต้น โดยนำน้ำมาพักไว้ในบ่อพักให้ตกตะกอน ถ้าเป็นน้ำจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำสามารถพักไว้ให้ใสประมาณ 3-4 วัน จึงสูบลงบ่อเลี้ยง ถ้าเป็นน้ำทิ้งโรงอาหารควรพักไว้ประมาณ 2-3 สัปดาห์ จึงสูบลงบ่อเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อ โดยผสมกับน้ำประปา แต่ควรผสมน้ำทิ้งไม่มากเกินไปจนน้ำขุ่น

การเพาะเลี้ยง สาหร่ายไก่อ

นำหัวเชื้อสาหร่ายไก่อมาคลึงกับตาข่ายพลาสติก (ที่ได้ตัดไว้ให้มีขนาดพอเหมาะกับบ่อ) นำตาข่ายที่ใส่หัวเชื้อสาหร่ายไก่อแล้ว วางลงในบ่อที่ได้เตรียม

น้ำแล้ว ทับตาข่ายด้วยวัสดุ เพื่อไม่ให้ตาข่ายลอย (ดังรูป) ควรใช้หัวเชื้อสาหร่ายไม่น้อยกว่า 10% ของพื้นที่ หลังจากเพาะเลี้ยงควรเติมน้ำทิ้งเพิ่มลงไปทุกสัปดาห์เพื่อเพิ่มสารอาหารในน้ำ และทดแทนน้ำที่ระเหยออกไป ระหว่างเพาะเลี้ยงควรมีการกรองน้ำ เพื่อป้องกันน้ำขุ่น สัปดาห์ละครั้ง



การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อโดยให้ยึดเกาะกับตาข่ายพลาสติก

การเก็บเกี่ยวผลผลิต

หลังจากเพาะเลี้ยง 1-4 สัปดาห์ (ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ) สาหร่ายไก่อจะเจริญเป็นเส้นยาว ซึ่งสามารถเก็บผลผลิตสาหร่ายไก่อได้ โดยใช้กรรไกรตัดสาหร่ายไก่อออก โดยให้เหลือส่วนที่ยึดกับตาข่ายไว้ให้สาหร่ายส่วนที่เหลือนี้เจริญขึ้นอีก



การเก็บเกี่ยวผลผลิต



สาหร่ายไก่อที่เจริญเติบโตและสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้



จัดทำโดย โครงการ การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Chlorella* เพื่อเป็นอาหารปลาปาก รหัส RDG5020065 สนับสนุนโดย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)



ภาพ 4.31 पोสเตอร์การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อในบ่อดินระบบน้ำวน

ผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายไก่อ

สาหร่ายไก่อ สามารถนำมาแปรรูปเป็นอาหารได้หลากหลายรูปแบบ โดยชาวบ้านจะเก็บสาหร่ายไก่อจากแม่น้ำนำมาล้างทำความสะอาด และตากให้แห้ง จึงนำมาแปรรูปเป็นอาหารเพื่อรับประทานในครัวเรือนและออกจำหน่าย เช่น ไกยี่ ไกน้ำเกลือก ข้าวเกรียบไก่อ ข้าวตังหน้าไก่อ ไกแผ่น น้ำพริกข้าว น้ำพริกตาแดง ห่อหิ้งไก่อ กะหรี่ปั๊บก ไกยอบม้วน เป็นต้น



ชาวบ้านเก็บสาหร่ายไก่อจากแม่น้ำ



ไก่อที่เก็บได้



ล้างทำความสะอาดโดย
ใช้เครื่องซักผ้า



ไก่อที่ล้างและสะเด็ดน้ำแล้ว



ตากให้แห้งก่อนนำไปแปรรูป

ข้าวตังหน้า
สาหร่ายไก่อ

ไกยี่



ไกยี่

ไกน้ำเกลือก

ข้าวเกรียบไก่อ

ไกแผ่น



ไกแผ่น

กะหรี่ปั๊บก



ผลิตภัณฑ์จาก
สาหร่ายไก่อ



จัดทำโดย: โครงการ "การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวหูกวาง *Cladophora* เพื่อเป็นอาหารปลา" รหัส RDG5020065 สนับสนุนโดย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)



ภาพ 4.32 पोस्เตอร์ผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปจากสาหร่ายไก่อ



ภาพ 4.33 पोस्เตอร์อาหารปลาผสมสาหร่ายไค

4.3.3 การอบรมและการส่งเสริมฯ

จัดอบรมเรื่อง ”การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคเชิงพาณิชย์เพื่อพัฒนาเศรษฐกิจชุมชน” จำนวน 3 ครั้ง มีผู้รับการอบรมครั้งทั้งหมด 88 คน ประกอบด้วย เกษตรกร ข้าราชการและพนักงานจากองค์กรส่วนท้องถิ่น พนักงานจากรัฐวิสาหกิจ (สวนสัตว์เชียงใหม่) ผู้ประกอบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ข้าราชการจากกรมชลประทาน นักศึกษา (จากวิทยาลัยเกษตรกรรมและมหาวิทยาลัย) และพนักงานและข้าราชการจากศูนย์การเรียนรู้ปรัชญาทฤษฎีเศรษฐกิจพอเพียงภาคเหนือ

ได้มีการส่งเสริมและติดตามผลการอบรม ซึ่งพบว่าหลายหน่วยงานมีความประสงค์จะจัดตั้งบ่อเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคเชิงพาณิชย์ต่อไป เช่น ชลประทานแม่แฝก กรมชลประทาน สวนสัตว์เชียงใหม่ ศูนย์การเรียนรู้ปรัชญาทฤษฎีเศรษฐกิจพอเพียง และศูนย์การเรียนรู้ของเกษตรกรที่ตำบลยุหว่า อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ ได้ทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคและอบรมแก่เกษตรกร (ภาพ 4.34) ดังนั้น ควรมีการสานต่อและประสานความร่วมมือกับหน่วยงานที่สนใจดังกล่าวในการจัดตั้งเป็นแหล่งเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคเชิงพาณิชย์ต่อไป ส่วนภาพกิจกรรมการอบรม ณ สถานีวิจัยได้แสดงไว้ในภาคผนวก จ



ภาพ 4.34 บ่อ(ซีเมนต์และบ่อดินระบบน้ำวน) เพาะเลี้ยงสาหร่ายไค ในพื้นที่ของเกษตรกรที่ตำบลยุหว่า อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่



ภาพ 4.35 อบรมเรื่องการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคเจิงพาณิชย์แก่เกษตรกร ตำบลยุหว่า อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่

V อภิปรายผลการวิจัย

5.1 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคแบบหมวมวล

5.1.1 ปัจจัยแวดล้อมและคุณภาพน้ำ

จากการทดลองชี้ให้เห็นว่าน้ำทิ้งจากโรงอาหารสามารถเจือจางให้น้ำมีคุณภาพที่เหมาะสมและน้ำจากบ่อปลาบึกโดยไม่ต้องเจือจาง (ภาคผนวก ก) สามารถนำมาเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคได้ เมื่อเริ่มต้นเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคแบบหมวมวลโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหารและบ่อปลา ค่าความเป็นกรดต่างมีค่าเป็นกลาง ตลอดการเพาะเลี้ยงมีค่าความเป็นกรดต่างอยู่ในช่วง 7.42-9.72 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของสาหร่ายไค (Dodds and Gudder, 1992) ส่วนปริมาณสารอาหารในน้ำเมื่อเริ่มต้นการเพาะเลี้ยงมีอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต แต่เมื่อการเพาะเลี้ยงผ่านไปในช่วงสัปดาห์พบว่าสารอาหารบางตัวมีค่าต่ำกว่าระดับวิกฤตที่จะทำให้สาหร่ายไคชะงักการเจริญเติบโต (น้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร) (Dodds and Gudder, 1992) ดังนั้นในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคจึงควรเติมน้ำทิ้งจากโรงอาหาร เพื่อเพิ่มสารอาหารในน้ำระหว่างการเพาะเลี้ยง เพื่อให้การเจริญเติบโตของสาหร่ายไคไม่หยุดชะงัก

ตลอดการทดลองเพาะเลี้ยงสาหร่ายไค กล่าวได้ว่ามีปัจจัยแวดล้อมนอกจากสารอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือ อุณหภูมิและแสง มีส่วนสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายไค พบว่าในฤดูฝน ซึ่งมีแสงแดดไม่สม่ำเสมอ ทำให้การสังเคราะห์แสงของสาหร่ายไคไม่สามารถเกิดได้อย่างต่อเนื่อง จึงทำให้การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคแบบหมวมวลโดยใช้แสงธรรมชาติ สาหร่ายไคจะเจริญเติบโตได้ดีมากที่สุดในช่วงฤดูหนาวซึ่งมีอุณหภูมิต่ำ และมีแสงแดดสม่ำเสมอมากกว่าแสงแดดในฤดูฝน

5.1.2 การเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายไค

ตลอดการทดลองเพาะเลี้ยงสาหร่ายไค พบว่า สาหร่ายไคให้มวลชีวภาพสูงสุดเมื่อเพาะเลี้ยงในช่วงฤดูหนาวซึ่งมีอุณหภูมิน้ำระหว่าง 16-27 องศาเซลเซียส โดยในธรรมชาติฤดูหนาวเป็นช่วงที่สาหร่ายไคในลำน้ำนานและลำน้ำโขงเจริญเติบโต นอกจากนี้ Hoffmann and Graham (1984) ยังรายงานว่าสาหร่าย *Cladophora glomerata* เจริญเติบโตได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคในฤดูหนาว

จากการทดลองที่ผ่านมา พบว่า น้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงสาหร่ายไคสามารถใช้ได้ทั้งน้ำทิ้งจากโรงอาหาร และน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาบึก ซึ่งมีสารอาหารที่พอเพียงต่อการเพาะเลี้ยง สอดคล้องกับรายงานของ Whitton (1970), Dodds and Gudder (1992) และ Higgins *et al.* (2008) ที่กล่าวว่าสาหร่ายสกุล

Cladophora สามารถเจริญเติบโตได้ในแหล่งน้ำที่มีสารอาหารต่ำมาก (ultraoligotrophic status) จนถึงแหล่งน้ำที่มีสารอาหารสูง (eutrophic status) ผลจากการทดลองเพิ่มเกี่ยวกับการควบคุมให้น้ำไหลวนตลอด 24 ชั่วโมงหรือเพียง 12 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งพบว่าสาหร่ายไก่อให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน ทำให้ช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าได้ ดังนั้นการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อสามารถเปิดเครื่องดีน้ำเฉพาะช่วงเวลากลางวัน

เมื่อเปรียบเทียบมวลชีวภาพของสาหร่ายไก่อที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในบ่อซีเมนต์กับบ่อดินพบว่า การเพาะเลี้ยงในบ่อดิน (ภาคผนวก ก) ได้มวลชีวภาพของสาหร่ายไก่อสูงกว่า ทั้งนี้จะมาจากปัจจัยหลักเรื่องแสง และอุณหภูมิ เนื่องจากการเพาะเลี้ยงในบ่อดินแสงสามารถส่องลงไปได้สม่ำเสมอทั่วบ่อและอุณหภูมิน้ำไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงมากในรอบวัน ส่วนการเพาะเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ (ที่เป็นบ่อเพาะพันธุ์ปลา) ซึ่งบ่อนี้มีความสูงเป็นเมตร ซึ่งผนังบ่อสูงทำให้บังแสงในช่วงเช้าและบ่าย ทำให้สาหร่ายได้รับแสงแดดไม่สม่ำเสมอและช่วงเวลารับแสงก็จะสั้นกว่าปกติ ทำให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงลดลงได้ นอกจากนี้ผนังบ่อซีเมนต์ยังดูดความร้อนจากแสงแดด ทำให้อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นด้วย ดังนั้นการสร้างบ่อซีเมนต์ควรสร้างบ่อให้สูงไม่เกิน 50 เซนติเมตร หรือควรสร้างบ่อซีเมนต์ฝังลงในดินเพื่อควบคุมอุณหภูมิไม่ให้เปลี่ยนแปลงมากในรอบวัน

อัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด ของสาหร่ายไก่อ พบในการเพาะเลี้ยงสัปดาห์แรกถึงสัปดาห์ที่ 2 จากนั้นอัตราการเจริญเติบโตจะลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อในห้องปฏิบัติการ (ทวีศักดิ์ และคณะ, 2550) ดังนั้นในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อเมื่อสาหร่ายเจริญเติบโตควรเก็บมวลชีวภาพของสาหร่ายบางส่วนออกสัปดาห์ละครั้ง เพื่อให้สาหร่ายที่เหลือเจริญเติบโตขึ้นใหม่

5.1.3 แครโทีนอยด์ของสาหร่ายไก่อ

สาหร่ายไก่อที่เพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหารและน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาบึก (ภาคผนวก ก) มีแครโทีนอยด์ระหว่าง 909.84-1,100.16 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งมากกว่าสาหร่ายไก่อที่เพาะเลี้ยงในงานวิจัยระยะที่ 1 (820 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) (ศิริเพ็ญ และคณะ, 2548) และมากกว่าสาหร่ายไก่อในธรรมชาติ (340 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) (สรวิศ, 2543) แต่การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อโดยใช้น้ำคลองชลประทานเพียงอย่างเดียว สาหร่ายมีแครโทีนอยด์ 702.36 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งน้อยกว่าแครโทีนอยด์ของสาหร่ายไก่อที่เพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร และน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาบึก ซึ่งให้เห็นว่าการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อควรมีการเติมน้ำทิ้งลงไปเพื่อเพิ่มสารอาหารในน้ำไม่ให้สารอาหารขาดแคลน เนื่องจากสารอาหารโดยเฉพาะฟอสเฟตฟอสฟอรัสและไนเตรทมีผลต่อการผลิตแครโทีนอยด์ของสาหร่าย (Latasa and Berdalet, 1993; Brinda et al. 2004; Leonardos and Geider, 2005) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองที่มีการเติมออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส ที่ชี้ให้เห็นว่าการเติมออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสจะช่วยเพิ่มการผลิตแครโทีนอยด์ให้กับสาหร่ายไก่อได้ดี

5.1.4 คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไถ

สาหร่ายไถที่เพาะเลี้ยงแบบหมวมวลโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหารและน้ำจากบ่อปลาบึก (ภาคผนวก ก) มีโปรตีนระหว่าง 10.05-17.58% คาร์โบไฮเดรต 30.07-49.96% ไขมัน 1.84-6.02% เยื่อใย 20.15-27.90% เถ้า 14.39-30.22% และความชื้น 9.05-15.32% ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับสาหร่ายไถที่เพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งโรงอาหาร 10% (Khuantairong and Traichaiyaporn, 2009) แต่มีโปรตีนน้อยกว่าสาหร่ายไถที่เพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ (31.49 เปอร์เซ็นต์) (ศิริเพ็ญ และคณะ, 2548) และน้อยกว่าสาหร่ายไถในธรรมชาติ (28 เปอร์เซ็นต์) (สรวิศ, 2543) แต่มีคาร์โบไฮเดรตสูงกว่า ส่วนไขมัน เยื่อใย เถ้า และความชื้นมีค่าใกล้เคียงกัน

ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวเมื่อเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไถกับอาหารอื่น ๆ พบว่า สาหร่ายไถมีโปรตีนสูงพอ ๆ กับเนื้อสัตว์ (14-26%) แต่มีคาร์โบไฮเดรต และเยื่อใยสูงกว่าพืชผักมาก (สถาบันวิจัยโภชนาการ, 2552)

5.2 การเลี้ยงปลาบึกโดยให้อาหารผสมสาหร่ายไถ

จากผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่า การเจริญเติบโต โดยเฉพาะน้ำหนักของปลาที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ทำการทดลอง และเริ่มมีความแตกต่างทางสถิติตั้งแต่เดือนที่ 4 ของการเลี้ยง โดยปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไถ 5-15% มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวดีกว่าปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไถ 0% ซึ่งมีปลาปนเป็นแหล่งโปรตีน (Positive control) ในขณะที่อาหารผสมสาหร่ายไถ 10% และ 15% มีแนวโน้มที่ทำให้ผลของน้ำหนักปลาเพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารให้เป็นเนื้อ และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน สูงกว่าอาหารผสมสาหร่ายไถ 5% และสูตรควบคุม ซึ่ง Duncan and Klesius (1996) กล่าวว่า สาหร่ายเป็นแหล่งโปรตีนที่มีศักยภาพในอาหารสัตว์ เนื่องจากมีโปรตีนค่อนข้างสูง อีกทั้งยังประกอบด้วยวิตามินและเกลือแร่ในปริมาณสูง นอกจากนี้ผนังเซลล์ยังมีองค์ประกอบที่ง่ายต่อการย่อย อย่างไรก็ตามระดับการผสมสาหร่ายในอาหารปลาแต่ละชนิดจะต้องมีระดับที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับพฤติกรรมการกินอาหารของปลา และการย่อยโปรตีนจากพืชของปลาแต่ละชนิด

มีรายงานการทดลองปรับปรุงคุณภาพเนื้อปลาอุกรัสเซีย ซึ่งเป็นปลาตระกูล Catfish คล้ายปลาบึก โดยมีการใช้สาหร่ายสไปรูลินา และสาหร่ายไถ มาผสมในอาหาร 4 สูตร คือ อาหารผสมสาหร่าย 0% อาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินา 5% อาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินา 10% และอาหารผสมสาหร่ายไถ *Cladophora* 5% นำอาหารผสมมาเลี้ยงปลาอุกรัสเซียในบ่อดิน เป็นระยะเวลา 60 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าแคโรทีนอยด์ ในเนื้อปลาอุกรัสเซียที่เลี้ยงในสูตรอาหารผสมสาหร่ายไถ 5% มีค่ามากกว่าอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินา 10% อาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินา 5% และอาหารผสม

สาหร่าย 0% ตามลำดับ (จกกล และคณะ, 2548) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองเลี้ยงปลาชุกเทศ โดยใช้สาหร่ายทดแทนปลาป่นที่มีปริมาณสูงกว่า 25% ส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตที่สูง และอัตราการแลกเนื้อที่มีค่าต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม เช่นเดียวกับ การทดลองใช้สาหร่ายสไปรูลิน่า 10% ผสมในอาหารปลาดุก พบว่า ปลาดุกมีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนดีที่สุด และมีปริมาณของแคโรทีนอยด์ในเนื้อเพิ่มขึ้น (วุฒิพร และอัญชลี, 2548) นอกจากนี้ยังมีการทดลองใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าผง 10-15% ผสมในอาหารปลานิลแดงเพื่อทดแทนปลาป่น โดยมีปริมาณโปรตีนในอาหารเท่ากับ 30% พบว่า ปลานิลแดงมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะดีที่สุด รวมถึงยังทำให้ปลานิลแดงมีปริมาณของแคโรทีนอยด์ในเนื้อเพิ่มขึ้น (จกกล และคณะ, 2546)

จากผลการทดลองนี้ ใช้สาหร่ายไคผสมในอาหารประมาณ 5-15% ทำให้แคโรทีนอยด์และองค์ประกอบทางโภชนาการของเนื้อปลา โดยเฉพาะโปรตีนในเนื้อปลาหลังการทดลองนั้นมีความเพิ่มขึ้นตามปริมาณของสาหร่ายไคที่เพิ่มขึ้นในอาหารทดลอง ปลาที่ได้รับอาหารไม่ผสมสาหร่ายไคมีปริมาณ แคโรทีนอยด์ในเนื้อต่ำ ซึ่งคล้ายกับการทดลองของ Sato and Regier (1971) พบว่า ระดับของแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลามีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ ซึ่งอยู่ในรูปของแคโรทีนอยด์รวม (total carotenoids) โดยการสะสมของแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลานั้นจะสะสมบริเวณผิวหนัง เนื้อ ไข่ และตับ นอกจากนี้มีการทดลองนำเบต้า-แคโรทีน ลูทีน และซีแซนทีน ที่มีคาร์บอนกัมมันตรังสี (radio-active carbon) ผสมในอาหารของปลาเรนโบว์เทราท์ จากนั้น 48 ชั่วโมง สามารถตรวจพบแคโรทีนอยด์ทั้ง 3 ชนิด ที่บริเวณผิวหนัง เนื้อ ตับ และระบบทางเดินอาหาร สอดคล้องกับ Latscha (1991) ที่รายงานว่าสาหร่ายมีผลต่อการเกิดสีในหนัง และเนื้อของสัตว์น้ำ โดยขึ้นอยู่กับปริมาณของสาหร่าย และระยะเวลา รวมทั้งแคโรทีนอยด์มีผลต่อสุขภาพของปลา โดยสามารถลดความเครียด ทำให้ปลา มีสุขภาพดี สามารถทนต่อเชื้อก่อโรคต่าง ๆ ได้ดีขึ้น (Nakano *et al.*, 2003)

ด้านคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึก เช่น ความกระด้าง ความเป็นด่าง บีโอดี ซีโอดี และสารอาหารในบ่อเลี้ยงปลาบึกที่ใช้อาหารผสมสาหร่ายไค ทั้ง 4 สูตร เป็นเวลา 18 เดือน พบว่า ความกระด้าง ความเป็นด่าง บีโอดี ซีโอดี และสารอาหารในช่วงเริ่มต้นของการเลี้ยงมีค่าค่อนข้างต่ำ และหลังจากการทดลองผ่านไป 1 เดือน พบว่าค่าของคุณภาพน้ำดังกล่าวจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น อาจเนื่องมาจากการสะสมของ ๆ เสีย เช่น จากอาหารปลา ซึ่งได้มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำในบ่อจนค่าของคุณภาพน้ำต่าง ๆ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยพีเอชมีค่าอยู่ระหว่าง 6.5-9 ค่าออกซิเจนละลายน้ำไม่ต่ำกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความกระด้างไม่ต่ำกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ของ CaCO_3 ค่าความเป็นด่างไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ของ CaCO_3 ค่าบีโอดีไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าซีโอดีไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสอยู่ระหว่าง 0.1-0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร (สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2538)

VI สรุปผลการวิจัย

การทดลองเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคแบบหมวมวลในบ่อซีเมนต์โดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร สามารถสรุปได้ดังนี้

6.1 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคแบบหมวมวล

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคแบบหมวมวลในบ่อซีเมนต์โดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร สรุปผลการศึกษาดังนี้

6.1.1 ปัจจัยแวดล้อมและคุณภาพน้ำ

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคในบ่อซีเมนต์ระบบน้ำวน โดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหารมีปัจจัยแวดล้อมและคุณภาพน้ำ ดังนี้ อุณหภูมิ น้ำ 26-32 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศ 26-34 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 6,500-43,200 ลักซ์ ความเป็นกรดด่าง 7.36-9.73 ปริมาณของแข็งที่แขวนลอยในน้ำ 2.00-34.67 มิลลิกรัมต่อลิตร ความกระด้าง 21.13-68.21 มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3 ความเป็นด่าง 62.33-110.00 มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3 ออกซิเจนที่ละลายน้ำ 3.37-13.87 มิลลิกรัมต่อลิตร บีโอดี 0.43-11.57 มิลลิกรัมต่อลิตร ซีโอดี 1.10-29.59 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนียไนโตรเจน น้อยกว่า 0.001 – 1.069 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรทไนโตรเจน น้อยกว่า 0.001 – 1.580 มิลลิกรัมต่อลิตร และออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส น้อยกว่า 0.001 – 14.780 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.1.2 มวลชีวภาพ การเจริญเติบโต และอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายไค

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคในบ่อซีเมนต์ระบบน้ำวนโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร ระยะเวลา 6-8 สัปดาห์ ได้มวลชีวภาพในรูปน้ำหนักเปียกระหว่าง 253-3,187 กรัม/ตารางเมตร โดยสาหร่ายไคมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดหลังเพาะเลี้ยง 1 ถึง 2 สัปดาห์ หลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตจะลดลง เนื่องจากสาหร่ายไคมีการเจริญเติบโตเต็มที่จนแน่นบ่อ เกิดการบังแสงแดด จนสาหร่ายไคบางส่วนตายลง โดยมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด 1,247 กรัม/ตารางเมตร/สัปดาห์

6.1.3 แคโรทีนอยด์ของสาหร่ายไค

สาหร่ายไคมีแคโรทีนอยด์ระหว่าง 893.92-1,728.95 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตลอดการทดลองชี้ให้เห็นว่าสารอาหารมีผลต่อการผลิตแคโรทีนอยด์ในสาหร่ายไค โดยสาหร่ายไคที่

เพาะเลี้ยงโดยมีการเติมน้ำทิ้งเพื่อเพิ่มสารอาหารในน้ำทุก ๆ สัปดาห์ สามารถผลิตแคโรทีนอยด์ได้ดีกว่า สาหร่ายไคที่เพาะเลี้ยงโดยไม่มีการเติมน้ำทิ้งลงไปอีก นอกจากนี้ยังพบว่า การเติมออร์โทฟอสเฟต ฟอสฟอรัสช่วยเพิ่มการผลิตแคโรทีนอยด์อีกด้วย ซึ่งการผลิตแคโรทีนอยด์สูงสุด (1,728.95 ไมโครกรัม ต่อกรัม) พบในสาหร่ายไคที่เพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งโดยเติมออร์โทฟอสเฟตฟอสฟอรัส 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.1.4 คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไค

สาหร่ายไคที่เพาะเลี้ยงในบ่อซีเมนต์โดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหารมีคุณค่าทางโภชนาการ ดังนี้ โปรตีน 10.05-17.58% ไขมัน 1.84-6.02% คาร์โบไฮเดรต 30.07-49.96% เถ้า 14.39-30.22% เยื่อใย 20.15-27.90% และความชื้น 9.45-15.32%

สรุปการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคแบบมหวมวล และข้อเสนอแนะ

จากการทดลองที่ผ่านมาทั้งการทดลองตามวัตถุประสงค์ของโครงการ คือ การเพาะเลี้ยง สาหร่ายไคในบ่อซีเมนต์ระบบน้ำวน โดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร และการวิจัยที่ทำเพิ่มเติมจาก วัตถุประสงค์ของโครงการ คือ การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคในบ่อดินระบบน้ำวน และการเพาะเลี้ยง สาหร่ายไคโดยใช้น้ำจากบ่อปลาบึก(ภาคผนวก ก) สามารถสรุปและมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

- น้ำทิ้งจากโรงอาหารและน้ำจากบ่อเลี้ยงปลา มีสารอาหารและคุณภาพน้ำที่เหมาะสมที่จะนำมา เพาะเลี้ยงสาหร่ายไค กล่าวคือ มีความเป็นด่างอ่อน ๆ (ประมาณ 7-8) และมีสารอาหารที่เหมาะสม แต่การนำน้ำทิ้งจากโรงอาหารมาเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคต้องเจือจางน้ำทิ้งให้มีความเข้มข้นน้อยลง (ทั้งนี้ ขึ้นกับปริมาณสารอาหารในน้ำทิ้งจากโรงอาหารว่ามีความเข้มข้นมาก-น้อย ดังนั้นการเจือจางน้ำจึงขึ้นกับ ความเข้มข้นเบื้องต้นของสารอาหารและคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงอาหารว่าจะทำเจือจางเท่าไรจึงเหมาะสม) เนื่องจากการใช้น้ำทิ้งความเข้มข้นสูงจะทำให้น้ำมีความขุ่น ซึ่งสาหร่ายไคจะเจริญเติบโตได้ไม่เต็มที่ ในน้ำขุ่นแต่จะเจริญได้ดีในน้ำใส และระหว่างการเพาะเลี้ยงควรมีการกรองน้ำอย่างสม่ำเสมอเพื่อ ป้องกันน้ำขุ่น และเป็นการกรองเอาสาหร่ายพวกแพลงก์ตอนพืชออกไปด้วย ส่วนการเพาะเลี้ยง สาหร่ายไคโดยใช้น้ำจากบ่อปลาสามารถใช้ได้โดยไม่ต้องเจือจาง แต่ต้องสูบน้ำขึ้นมาเพื่อพักไว้ในบ่อ พักให้ใสก่อนและกรองน้ำก่อนจะนำมาใช้ในหารเพาะเลี้ยงสาหร่ายไค

- ระหว่างการเพาะเลี้ยงควรมีการเติมน้ำทิ้งหรือน้ำจากบ่อเลี้ยงปลา ลงไปทุกสัปดาห์เพื่อเป็น การเติมสารอาหารทดแทนที่สาหร่ายไคใช้ไป และยังช่วยเพิ่มการผลิตแคโรทีนอยด์ของสาหร่ายไคอีก ด้วย

- การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคสามารถเปิดเครื่องตีน้ำให้มีกระแสน้ำวนเฉพาะเวลาช่วงกลางวัน ซึ่ง จะทำให้ช่วยประหยัดค่าไฟฟ้า

- การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโนบอดินระบบน้ำวนให้มวลชีวภาพมากกว่าการเพาะเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ รวมถึงบอดินยังเป็นบ่อที่สร้างได้ง่าย และลงทุนน้อยกว่ามาก (แต่จากการเพาะเลี้ยง บ่อทั้งสองชนิดมีขนาดต่างกัน ดังนั้น ถ้าต้องการทราบรายละเอียดมากกว่านี้ ก็ควรทำการวิจัยเพิ่มเติมในส่วนนี้ต่อไปในอนาคต)

- สาหร่ายไคโนให้มวลชีวภาพสูงสุดเมื่อเพาะเลี้ยงในฤดูหนาว ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำและมีแสงสม่ำเสมอ

- ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโนควรเก็บเกี่ยวมวลชีวภาพของสาหร่ายไคโนออกบางส่วน เมื่อสาหร่ายไคโนมีการเจริญเติบโตเต็มที่ หรือสังเกตว่าสาหร่ายไคโนเจริญเติบโตจนเกือบเต็มพื้นที่บ่อ ซึ่งระยะเวลาการเก็บเกี่ยวขึ้นอยู่กับอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายไคโนจากสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ซึ่งจากการทดลองที่ผ่านมาพบว่าในฤดูหนาวสามารถเก็บมวลชีวภาพได้ทุกสัปดาห์

- สาหร่ายไคโนที่เพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหารและน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาที่มีแคโรทีนอยด์สูง 1,004.94–1,100.16 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งสารอาหารในน้ำมีผลต่อการผลิตแคโรทีนอยด์ของสาหร่ายไคโนอย่างยิ่ง ดังนั้นในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโนควรเติมน้ำทิ้งเพื่อรักษาระดับสารอาหารในน้ำ และช่วยเพิ่มการผลิตแคโรทีนอยด์ของสาหร่าย

6.2 การเลี้ยงปลาบิกโดยให้อาหารผสมสาหร่ายไคโน

จากการทดลองเลี้ยงปลาบิกโดยให้อาหารผสมสาหร่ายไคโนระดับ 0-15% สรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1) สามารถใช้สาหร่ายไคโนทดแทนปลาป่นหรือแหล่งอาหารโปรตีนสูงจากแหล่งอื่น ในสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงปลาบิกได้ถึง 15% โดยสามารถช่วยเสริมการเจริญเติบโต และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้โปรตีนในอาหารได้

2) การผสมสาหร่ายไคโน มีผลต่อการเพิ่มระดับคุณค่าทางโภชนาการ และแคโรทีนอยด์ สารสีต่างๆ ในเนื้อปลา โดยระดับของสาหร่ายที่สามารถส่งผลต่อแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาดีที่สุดคืออาหารผสมสาหร่ายไคโน 10-15% และอาหารผสมในอัตราดังกล่าวมีต้นทุนการผลิตเนื้อปลาดีกว่าอาหารผสมสูตรควบคุม และอาหารผสมไคโน 5%

ข้อเสนอแนะ

1. บ่อซีเมนต์ที่ใช้เพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโนมีความสูงมากเกินไป คือประมาณ 1 เมตร (เพราะเป็นบ่อที่ดัดแปลงมาจากบ่อเพาะพันธุ์ปลาเดิม) พลังบ่อที่สูงจึงบังแสงแดดทำให้ช่วงเวลาที่สาหร่ายไคโนได้รับแสงเพื่อมาใช้ในการสังเคราะห์แสงสั้นลงกว่าปกติ มีส่วนทำให้สาหร่ายผลิตมวลชีวภาพได้

น้อยลง นอกจากนี้ผนังบ่อจะดูดความร้อนทำให้อุณหภูมิน้ำสูงกว่าที่ควรจะเป็น โดยเฉพาะในฤดูร้อน ทำให้ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายไค ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะให้ใช้บ่อซีเมนต์ความสูงไม่เกิน 40 เซนติเมตร ซึ่งอาจให้บ่อฝังลงไปดินหรือตั้งอยู่เหนือดินก็ได้ จะช่วยเพิ่มช่วงเวลาในการรับแสงและลดอุณหภูมิระหว่างการเพาะเลี้ยงได้ ทำให้มีสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายไค ซึ่งชอบอุณหภูมิก่อนข้างต่ำ

2. บ่อซีเมนต์ที่ใช้เพาะเลี้ยงสาหร่ายไค ควรมีความกว้างประมาณ 1 เมตร และควรเลือกขนาดของใบพัดดีน้ำให้เหมาะสมกับขนาดและความกว้างของบ่อ จะช่วยให้การไหลเวียนของน้ำระหว่างการเพาะเลี้ยงมีความเร็วสม่ำเสมอ

3. เพื่อการประหยัดค่าใช้จ่ายการใช้บ่อดิน(ขุดลงไปดินและปูทับด้วยพลาสติก) ถือว่าเป็นทางเลือกที่ดี ต้นทุนต่ำ ใช้ได้ดี

4. การใส่หัวเชื้อไค ควรใช้อย่างน้อย 10 % ของพื้นที่ตาข่าย จะทำให้สาหร่ายมีระยะพักตัว (Lag phase) สั้น และสามารถเจริญเติบโตได้เร็ว

5. ระหว่างการเพาะเลี้ยงควรเก็บเกี่ยวผลผลิตไคสัปดาห์ละครั้งหรือ 2 สัปดาห์ครั้ง และเหลือหัวเชื้อสาหร่ายไคไว้ปริมาณหนึ่ง จะทำให้สาหร่ายเจริญเติบโตได้ดี และช่วยลดการบังแสงกันเองของสาหร่าย และเป็นการช่วยให้อัตราการไหลของน้ำมีค่าคงที่ตามที่ต้องการ

6. ถ้าใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติมาผสมในน้ำจากโรงอาหารเพื่อการเจือจาง ต้องกรองน้ำด้วยใยแก้วกรองน้ำทุกครั้ง เพื่อกำจัดสาหร่ายอื่นๆที่จะมากับน้ำ โดยน้ำจะต้องปลอดจากการปนเปื้อนของสารพิษเช่น โลหะหนัก ยาปราบศัตรูพืช และมีค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นกลางคือประมาณ 7

7. ระหว่างการเพาะเลี้ยงต้องมีกรองน้ำโดยใช้ใยแก้ว กรองน้ำทุก 5-7 วัน เพื่อป้องกันการเจริญของสาหร่ายอื่นๆที่อาจปะปนมาระหว่างการเพาะเลี้ยง และควรมีการตรวจปริมาณจุลินทรีย์พวกแบคทีเรียเป็นระยะๆ

8. ควรได้มีการศึกษาเพิ่มเติม

8.1 เรื่องปริมาณจุลินทรีย์ คือค่า MPN ของแบคทีเรียในน้ำระหว่างเพาะเลี้ยง แต่อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปการบริโภคสาหร่ายไคจะนิยมสาหร่ายที่ปรุงสุกแล้ว

8.2 เรื่องวงจรชีวิตสาหร่ายไค

8.3 การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตแคโรทีนอยด์ และองค์ประกอบของแคโรทีนอยด์เพิ่มเติม เพื่อพัฒนาให้เป็นอาหารที่มีคุณค่าต่อสุขภาพต่อไป

8.4 สำนวนการยอมรับสาหร่ายไคในการเป็นอาหารมนุษย์ ทั้งนี้ควรเป็นงานที่สำคัญยิ่งในการอบรม การสาธิต การส่งเสริม การประชาสัมพันธ์ ซึ่งควรจะต้องทำต่อเนื่องอย่างน้อย 2 ปี

9. ควรทำการทดลองเลี้ยงปลาบึกเพิ่มเติมโดยใช้สาหร่ายไคผสมอาหารในสัดส่วนที่มากขึ้นเป็น 20-30% ซึ่งน่าจะเป็นการหาข้อมูลที่เด่นชัดได้มากยิ่งขึ้น

VII เอกสารอ้างอิง

- โครงการแม่น้ำเพื่อชีวิต. 2549. **คำให้การของคนทำนน้ำ**. รายงานผลกระทบข้ามพรมแดน จากการพัฒนาแม่น้ำโขงตอนบน ฉบับที่ 2 เครือข่ายแม่น้ำเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เชียงใหม่.
- จกกล พรมยะ, ศิริเพ็ญ ตรีชัยยาพร และ สมโภชน์ จันทร์ลอย. 2548. **Meat Quality Improvement of Sharptooth African Catfish (*Clarias gariepinus*) Using *Spirulina platensis* and *Cladophora* sp.** การประชุมสัมมนาวิชาการ ครั้งที่ 6 วันที่ 19-20 พฤษภาคม 2548 ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่
- จกกล พรมยะ และขจรเกียรติ แซ่ตัน. 2548. **การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาเพื่อสุขภาพ**. ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่
- จกกล พรมยะ, เพ็ญรัตน์ หงษ์วิทยากร และ ชนกนันท์ จิตมนัส. 2546. **การพัฒนาสาหร่าย *Spirulina platensis* ระดับฟาร์มเพื่อเป็นอาหารเร่งสีเนื้อปลานิลแดง**. การประชุมสัมมนาวิชาการ งานวันเกษตรและเทคโนโลยี ครั้งที่ 3 วันที่ 5-6 ธันวาคม 2546 ณ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ทวีศักดิ์ ขวัญไตรรงค์, บุญสม วราเอกศิริ และ ศิริเพ็ญ ตรีชัยยาพร. 2550. **การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวสกุล *Cladophora* (ไก) โดยใช้ตาข่ายพลาสติก**. การประชุมวันวิชาการมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ครั้งที่ 3, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- นิวุฒิ หวังชัย และ สุฤทธิ สมบูรณ์ชัย. 2543. **อาหารปลา**. ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตภัณฑ์การเกษตร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- บาญชีน ชลสวัสดิ์. 2532. **การใช้สาหร่ายเกลียวทองสดเป็นส่วนประกอบของอาหารผสมสำหรับเลี้ยงปลาตะเพียนขาวและปลาดุกอุย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ยุวดี พิรพรพิศาล, ทัดพร คุณประดิษฐ์, โฉมยง ไชยอุบล, สุนทรี เปื่องการ, อร่าม คุ่มกลาง, อิศรพงษ์ พงษ์ศิริกุล และ นัตจุฑาภรณ์ เลิศลีลาภิจา. 2547. “**สาหร่ายขนาดใหญ่ที่เป็นอาหารในภาคเหนือของประเทศไทย**.” วารสารวิทยาศาสตร์ สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ปีที่ 58 ฉบับที่ 3. หน้า 164–173.
- ศรันย์ วรรณจักริยา. 2532. **การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์การผลิตทางการเกษตร**. ภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตร, คณะเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สถาบันวิจัยโภชนาการ. 2552. **คุณค่าทางโภชนาการ (ออนไลน์)**. www.healthnet.md.chula.ac.th [12 ตุลาคม 2552].

- วุฒิพร พรหมขุนทอง และ อัญชลี พิพัฒน์วัฒนากุล. 2548. “ผลของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินต่อการเจริญเติบโต และระดับแอนติบอดี ในปลาอุกพันธุ์ผสม (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus* (Burchell))”. วารสารสงขลานครินทร์ วิทยาศาสตร์เทคโนโลยี. ปีที่ 27 (ฉบับพิเศษ 1) หน้า 115-132.
- ศิริเพ็ญ ตรีชัยยาพร. 2543. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- ศิริเพ็ญ ตรีชัยยาพร, บุญสม วราเอกศิริ และ จงกล พรหมยะ. 2548. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวสกุล *Cladophora* (ไก) เพื่อเป็นอาหารปลาบึก (ระยะ 1). รายงานงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- ศรียรรณ ไชยสุข และ ประเสริฐ ไวยะกา. 2544. การศึกษาระบบนิเวศของไก. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- สรวิศ เผ่าทองสุข. 2543. “สาหร่าย: ศักยภาพการวิจัยและพัฒนาเพื่อการใช้ประโยชน์จากสาหร่ายในประเทศไทย.” เอกสารเผยแพร่ชุดโครงการอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ สกว. ชุดที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุรศักดิ์ สร้อยมี. 2544. การศึกษาอัตราการเจริญเติบโต และปริมาณคาร์บอนที่น้อยที่สุดของปลาไนแดงจากการให้อาหารผสมสาหร่ายต่างชนิดกัน. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต, ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง, คณะผลิตกรรมการเกษตร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2538. เกณฑ์ระดับคุณภาพน้ำและมาตรฐานคุณภาพน้ำประเทศไทย. กรุงเทพฯ: กองจัดการคุณภาพน้ำ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
- อาภารัตน์ มหาจันทร์. 2545. “สาหร่าย: ความหลากหลายทางชีวภาพที่สร้างวัฒนธรรม.” **ชีวปริทรรศน์**. 4 (กรกฎาคม-สิงหาคม 2545), หน้า 31-40.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. **Official Methods of Analysis**. Washington DC: AOAC.
- APHA, AWWA, WEF. 1998. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20th ed. Baltimore, Maryland: United Book, Inc.
- Auer M.T. 1994. Modeling *Cladophora* Growth: **A Review of the Aure-Canale Framework**. Department of Civil and Environmental Engineering, Michigan Technological University.
- Auer M.T. and Canale R.P. 1982. “Ecological Studies and Mathematical Modeling of *Cladophora* in Lake Huron: 3. The Dependence of Growth Rate on Internal Phosphorus Pool Size.” **J. Great Lake Res.**, 8: 93-99.

- Birch P.B., Gordon D.M. and McComb A.J. 1981. "Nitrogen and Phosphorus Nutrition of *Cladophora* in the Peel-Hervey Estuarine System, Western Australia." **Bot. Mar.**, 24: 281-287.
- Becker E. W. and Venkataraman L. V. 1984. "Production and Utilization of Blue-green Alga *Spirulina platensis* in India." **Biomass.**, 4: 105 – 125.
- Bold H. and Wynne M. 1978. **Introduction to the Algae**. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Bootsma H.A., Young E.B. and Berges J.A. 2006. ***Cladophora* Abundance and Physical/Chemical Conditions in the Milwaukee Region of Lake Michigan**. Great Lakes Water Institute Technical Report No. 2005-02, University of Wisconsin-Milwaukee, USA.
- Bootsma H.A., Jensen E.T., Young E.B. and Berges J.A. 2004. ***Cladophora* Research and Management in the Great Lakes**. Proceedings of a Workshop Held at the Great Lakes Water Institute, University of Wisconsin, Milwaukee.
- Brinda B.R., Sarada R., Kamath B.S. and Ravishankar G.A. 2004. "Accumulation of Astaxanthin in Flagellated Cells of *Haematococcus pluvialis* – Cultural and Regulatory Aspects." **Current Science**, 87: 1290-1295.
- Britton G. 2005. **Workshop on Carotenoid: The Qualitative and Quantitative Analysis**. Prince of Songkla University.
- Britton G., Liaaen-Jensen S. and Pfander H. 2004. **Carotenoids**. Birkhäuser Verlag, Basel, Switzerland.
- Cheney C. and Hough R.A. 1983. "Factors Controlling Photosynthetic Productivity in a Population of *Cladophora fracta* (Chlorophyta)". **Ecology**, 64(1): 68-77.
- Dere S., Günes T. and Sivaci R. 1998. "Spectrotometric Determination of Chlorophyll – A, B and Total Carotenoid Contents of Some Algae Species Using Different Solvents." **Tr. J. of Botany**. 22: 13-17.
- Dodds W. and Gudder D. 1992. "The Ecology of *Cladophora*." **J. Phycol.** 28: 415-427.
- Duncan P.L. and Klesius P.H. 1996. "Effects of Feeding *Spirulina* on Specific and Non-Specific Immune Responses of Channel Catfish". **J. of Aquat. Anim. Heal.** 8: 308–313.
- Foss P., Storebakken T., Schiedt K. Liaaen-Jensen S., Austreng E. and Streiff K. 1984. "Carotenoid in Diets for Salmonids I. Pigmentation of Rainbow Trout with the Individual

- Optical Isomers of Astraxanthin in Comparison with Canthaxanthin.” **Aquaculture**. 41: 213-226.
- Higgins S.N., Hecky R., Howell T., Malkin S. and Guildford S. 2006. ***Cladophora* Update for Lake Erie**. University of Waterloo.
- Higgins S.N., Malkin S.Y., Howell E.T., Guildford S.J., Campbell L. Hiriart-Baer V. and Hecky R.E. 2008. “An Ecological Review of *Cladophora glomerata* (Chlorophyta) in the Laurentian Great Lakes.” **J. Phycol.** 44: 839-854.
- Hoffmann J.P. and Graham L.E. 1984. “Effect of Selected Physicochemical Factors on Growth and Zoosporogenesis of *Cladophora glomerata* (Chlorophyta).” **J. Phycol.** 20: 1-7.
- Khuantrairong T. and Traichaiyaporn S. 2009. Production of Biomass, Carotenoid and Nutritional Values of *Cladophora* sp. (Kai) by Cultivation in Mass Culture. **Phycologia**. 48(4) Supplement: 60.
- Kiriratnikom, S., Zaaui, R. and Suwanpugdee, A. 2005. Effect of Various Levels of *Spirulina* on Growth Performance and Pigmentation in Goldfish (*Carassius auratus*). **Songklanakarin Journal Science**, 27(1): 133-139.
- Latasa M. and Berdalet E. 1993. “Effect of Nitrogen or Phosphorus Starvation on Pigment Composition of Cultured *Heterocapsa* sp.” **Journal of Phytoplankton Research**. 16: 83-94.
- Latscha T. 1991. **Carotenoid in Aquatic Animal Nutrition**. In Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop. pp. 68–79. (eds. Akiyama D. M. and Tan R. K. H.) Thailand and Indonesia, 19–25 September 1991, Thailand.
- Leonardos N. and Geider R.J. 2005. “Elemental and Biochemical Composition of *Rhinomonas reticulata* (Cryptophyta) in Relation to Light and Nitrate-to-Phosphate Supply Ratios.” **J. Phycol.** 567-576.
- Lu, J., Takeuchi, T. and Ogawa, H. 2003. Flesh Quality of Tilapia *Oreochromis niloticus* Fed Solely on Raw *Spirulina*. **Fisheries Science**, 69: 529-534.
- Nakamura H. 1982. ***Spirulina: Food for Hungry World***. California: University of the Tress Press, Boulder Creek.
- Nakono T., Yamaguchi T., Sato M. and Iwama G. K. 2003. **Biological Effects of Carotenoids in Fish**. International Seminar “Effective Utilization of Marine Food Resource”. Songkhla, Thailand. 18 December. pp: 1–15.

- Nandeesh M. C., Gangadhara B., Varghese T.J. and Keshavanath P. 1998. "Effect of Feeding *Spirulina platensis* on the Growth, Proximate Composition and Organoleptic Quality of Common Carp, L." **Aquacult. Res.** 29: 305 – 312.
- Painter D.S. and Kamaitis G. 1987. "Reduction of *Cladophora* Biomass Tissue Phosphorus in Lake Ontario, 1972-83." **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** 44: 2212-2215.
- Peerapornpisal Y., Amornledpison D., Rujjanawate C., Ruangrit K. and Kanjanapothi D. 2006. "Two Endemic Species of Macroalgae in Nan River, Northern Thailand, as Therapeutic Agents." **Science Asia.** 32: 71-76.
- Phromkunthong, W. and Pipattanawattankul, A. 2005. Effect of *Spirulina* sp. on Growth Performance and Antibody Levels in Hybrid Catfish, *Clarias macrocephalus* × *Clarias gariepinus* (Burchell). Songklanakarin **Journal Science Technology**, 27(1): 115-132.
- Pitcairn C.E.R. and Hawkes H.A. 1973. "The Role of Phosphorus in the Growth of *Cladophora*." **Water Research Pergamon.** 7: 159-171.
- Ponsen G.B. and Looijen B.V. 1995. **Time Spans and Spacers: Molecular Phylogenetic Explorations in the *Cladophora* Complex (Chlorophyta) from the Perspective of rDNA Gene and Spacer Sequences.** University of Groningen, Netherlands.
- Rönnerberg O. and Lax P. 1980. "Influence of Wave Action on Morphology and Epiphytic Diatom of *Cladophora glomerata* (L.) Kütz. Ophelia 1: 209-18." **In.** Wilson K.P., Shannon J.P. and Blinn W. 1999. "Effects of Suspended Sediment on Biomass and Cell Morphology of *Cladophora glomerata* (Chlorophyta) in the Colorado River, Arizona." **J. Phycol.** 35: 35-41.
- Ross S.J. 2006. **Molecular Phylogeography and Species Discrimination of Freshwater *Cladophora* (Cladophorales, Chlorophyta) in North America.** Master's Thesis, Department of Biology, University of Waterloo, Canada.
- Salovius S. and Bonsdorff E. 2004. "Effects of Depth, Sediment and Grazers on the Degradation of Drifting Filamentous Algae (*Cladophora glomerata* and *Pilayella littoralis*)." **J. Exp. Biol. Ecol.** 298: 93-109.
- Sato A. and Regier L. W. 1971. "Pigmentation of Brook Trout (*Salvelinus fontinalis*) by Feeding Dried Crustacean Waste." **J. Fish Res. Board Can.** 28: 509–512.
- Sommer T. R., D'Souza F. M. L. and Morrisy N. M. 1992. "Pigmentation of Adult Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*, Using the Green Alga *Haematococcus pluvialis*."

Aquacult. 106: 63–74.

- Sze P. 1998. **A Biology of the Algae.** 3rd ed. New York: McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Traichaiyaporn S., Waraegsiri B., Promya J., Khuantrairong T. and Kaewsri K. 2007. **Culture of A Green Alga Genus *Cladophora* (Kai) by Canteen Wastewater (I).** 3rd National Conference on Algae and Plankton, Chulalongkorn University.
- Usher H.D. and Blinn D.W. 1990. "Influence of Various Exposure Periods on the Biomass and Chlorophyll a of *Cladophora glomerata* (Chlorophyta)." **J. Phycol.** 26: 244-249.
- van den Hoek C. 1963. "Revision of European Species of *Cladophora*." In Whitton B.A. 1967. "Studies on the Growth of Riverain *Cladophora* in Culture." **Archiv fur Mikrobiologie.** 58: 21-29.
- Venkataraman L.V. 1983. **A Monograph on *Spirulina platensis*.** Central Food Technological Research Institute, Mysore.
- Wilson K.P., Shannon J.P. and Blinn W. 1999. "Effects of Suspended Sediment on Biomass and Cell Morphology of *Cladophora glomerata* (Chlorophyta) in the Colorado River, Arizona". **J. Phycol.** 35: 35-41.
- Whitton B. A. 1970. "Biology of *Cladophora* in Freshwaters." **Water Res.** 4: 457-476.
- Wong S.L. and Clark B. 1976. "Field Determination of the Critical Nutrient Concentrations for *Cladophora* in Streams." **J. Fish. Res. Board Can.** 33: 85-92.
- Yoshii Y., Hanyuda T., Wakama I., Miyaji K., Arai S., Ueda K. and Inoue I. 2004. "Carotenoid Compositions of *Cladophora* Balls (*Aegagropila innaei*) and Some Members of the Cladophorales (Ulvophyceae, Chlorophyta): Their Taxonomic and Evolutionary Implication." **J. Phycol.** 40: 1170-1177.

ภาคผนวก ก

รายงานฉบับสมบูรณ์

“งานวิจัยที่ทำเพิ่มเติมจากวัตถุประสงค์หลักของโครงการฯ”

รายงานฉบับสมบูรณ์
งานวิจัยที่เพิ่มเติมจากวัตถุประสงค์หลักของโครงการฯ
RDG5020065

“การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวสกุล *Cladophora* (ไก) เพื่อเป็นอาหารปลาบึก (ระยะที่ 2)”
Culture of a Green Alga Genus *Cladophora* (Kai) as Feed for the Mae-Kong
Giant Catfish (*Pangasianodon gigas*, Chevey) (Phase 2)

1. บทนำและวัตถุประสงค์
2. ทบทวนเอกสาร(ไม่มี)
3. วิธีดำเนินการวิจัย
4. ผลการวิจัย
5. อภิปรายผลการวิจัย
6. สรุปผลการวิจัย
7. เอกสารอ้างอิง

1. บทนำและวัตถุประสงค์

งานวิจัยส่วนนี้เป็นส่วนที่เพิ่มเติมจากโครงการ “การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวสกุล *Cladophora* (ไก) เพื่อเป็นอาหารปลาบึก (ระยะที่ 2)” ซึ่งการวิจัยได้ดำเนินการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไกแบบหมวมวลในบ่อดินระบบน้ำวน โดยใช้น้ำทั้งจากโรงอาหารและน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาบึก และเพิ่มเติมการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไกแบบหมวมวลในบ่อซีเมนต์ระบบน้ำวนโดยใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงปลาบึก

มีวัตถุประสงค์หลักของการวิจัย (เพิ่มเติม)

1. เพาะเลี้ยงสาหร่ายไกแบบหมวมวลในบ่อดินระบบน้ำวนด้วยน้ำทั้งจากโรงอาหารและน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาบึก
2. เพาะเลี้ยงสาหร่ายไกแบบหมวมวลในบ่อซีเมนต์ระบบน้ำวนด้วยน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาบึก
3. ศึกษาอัตราการเจริญเติบโต และมวลชีวภาพของสาหร่ายไก
4. วิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ คุณค่าโภชนาการของสาหร่ายไก และคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี

2. ทบทวนเอกสาร(ไม่มี)

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวสกุล *Cladophora* (ไก) ในบ่อดินระบบน้ำวนโดยใช้น้ำทั้งจากบ่อเลี้ยงปลาบึกและน้ำทั้งจากโรงอาหาร มีรายละเอียดของการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. บ่อดินระบบน้ำวนเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก

เป็นบ่อดิน ทำโดยขุดลงไปดิน ขนาดบ่อ $1.20 \times 3.00 \times 0.30$ เมตร โดยมีเนินดินกว้าง 0.30 เมตรคั่นกลางบ่อ จำนวน 12 บ่อ ติดตั้งเครื่องดันน้ำให้มีกระแสน้ำไหลเวียน 0.20 เมตรต่อวินาที บ่อดินอยู่ในโรงเรือนผนังเปิด มีหลังคาที่กรองแสง 50% (ภาพ 1) การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไกในบ่อดิน

กระทำเช่นเดียวกับการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโนบอซีเมนต์ระบบน้ำวน โดยให้หัวเชื้อสาหร่ายยัดเกาะกับตาข่ายพลาสติก (ภาพ 2)

2. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโนบอซีเมนต์แบบหมวลในบ่อดินระบบน้ำวนโดยใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงปลาบึก และน้ำทิ้งจากโรงอาหาร และทำการเพาะเลี้ยงเพิ่มเติมในบ่อซีเมนต์โดยใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงปลาบึก

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโนบอซีเมนต์ได้ทำเพิ่มเติมดังนี้คือ

- การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโนบอซีเมนต์และบ่อซีเมนต์ โดยใช้น้ำจากบ่อปลาบึก
- การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโนบอซีเมนต์โดยใช้น้ำจากโรงอาหารควบคู่กับน้ำจากบ่อปลาบึก
- การเก็บเกี่ยวผลผลิตสาหร่ายไคโนบอซีเมนต์ระยะเวลาเพาะเลี้ยงต่าง ๆ กัน

การเตรียมน้ำจากบ่อปลาบึก ทำโดยกรองน้ำจากบ่อปลาบึกเพื่อให้น้ำใสแล้วนำมาใช้เพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโนบอซีเมนต์ (หรือกรองน้ำจากบ่อปลาบึกและพักไว้ในบ่อพักให้ใสก่อน) การทดลองแบ่งเป็น 3 ชุด ดังนี้

ชุดที่ 1 เพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโนบอซีเมนต์ระบบน้ำวนโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร 5% และน้ำจากบ่อปลาบึก 5% (มีการเติมน้ำทิ้งจากโรงอาหารและน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาบึกลงไปทุกสัปดาห์) แบ่งเป็นเปิดเครื่องคั่นน้ำเป็นเวลา 12 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมง เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 6 สัปดาห์ เมื่อเริ่มต้นเพาะเลี้ยงมีแอมโมเนียไนโตรเจน ไนเตรทไนโตรเจนและออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส เท่ากับ 0.023-0.058, 0.014-0.021 และ 0.205-0.310 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ชุดที่ 2 เปรียบเทียบการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโนบอซีเมนต์ระบบน้ำวน โดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร 5% และ น้ำบ่อเลี้ยงปลาบึก 5% เพาะเลี้ยงระยะเวลา 6 สัปดาห์ โดยเริ่มต้นเพาะเลี้ยงมีแอมโมเนียไนโตรเจน ไนเตรทไนโตรเจน และออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส เท่ากับ 0.065-0.074, 0.222-0.319 และ 0.046-0.294 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ชุดที่ 3 เปรียบเทียบการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโนบอซีเมนต์กับการเพาะเลี้ยงในบ่อดิน โดยใช้น้ำจากบ่อปลาบึก 5% และมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตสาหร่ายไคโนบอซีเมนต์ในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน (คือเก็บเกี่ยว ทุก 1, 2 และ 4 สัปดาห์) โดยให้เหลือสาหร่ายไคโนบอซีเมนต์ส่วนหนึ่งไว้บนตาข่ายให้เจริญเติบโตได้ต่อไปทำการเพาะเลี้ยงระยะยาวเป็นเวลา 16 สัปดาห์ โดยเริ่มต้นเพาะเลี้ยงมีแอมโมเนียไนโตรเจน ไนเตรทไนโตรเจน และออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส เท่ากับ 0.087-0.147, 0.477-0.583 และ 0.302-0.401 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ



ภาพ ภาคผนวก ก.1 บ่อดินระบบน้ำวน



ภาพ ภาคผนวก ก.2 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโนบอดิน

3. การวิเคราะห์และวัดผล

3.1 ปัจจัยแวดล้อมและคุณภาพน้ำ

- วัดปัจจัยแวดล้อมและคุณภาพน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิ น้ำ อุณหภูมิอากาศ ความเข้มแสง และค่าความเป็นกรดต่างของน้ำทุก ๆ วัน
- วิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีบางประการ (ดังแสดงในตาราง 1) สัปดาห์ละครั้ง

ตารางภาคผนวก ก.1 คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี และวิธีวิเคราะห์

ปัจจัย	วิธี	อ้างอิง
ค่าความเป็นกรดต่าง	pH meter	APHA, 1998;
ปริมาณของแข็งที่แขวนลอยในน้ำ	Oven dried	ศิริเพ็ญ, 2543
ความกระด้าง	EDTA titrimetric	
ความเป็นด่าง	Phenolphthalein methy orange indicator	
ออกซิเจนที่ละลายน้ำ	Azide modification	
บีโอดี	Azide modification	
ซีโอดี	Closed reflux	
แอมโมเนียไนโตรเจน	Nesslerization	
ไนเตรทไนโตรเจน	Phenoldisulfonic acid	
ออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส	Stannous chloride	

3.2 มวลชีวภาพ การเจริญเติบโต และอัตราการเจริญของสาหร่ายไค

วัดมวลชีวภาพของสาหร่ายไคสัปดาห์ละครั้งโดยการชั่งน้ำหนักเปียก และนำไปคำนวณเป็นอัตราการเจริญเติบโต

3.3 แคโรทีนอยด์ของสาหร่ายไค

หลังจากเสร็จสิ้นการทดลองเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคในแต่ละชุด เก็บตัวอย่างสาหร่ายไคมาทำแห้งโดยใช้เครื่อง Freeze Dryer หลังจากนั้นนำตัวอย่างสาหร่ายไคมาวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์รวม (Total carotenoids) ตามวิธีของ Britton (2005)

3.4 คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไค

หลังจากเสร็จสิ้นการทดลองเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคในแต่ละชุด เก็บตัวอย่างสาหร่ายไคมาทำแห้ง และวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ความชื้น เยื่อใย และเถ้า ตามวิธีของ AOAC (1990)

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เปรียบเทียบการเจริญเติบโต แคโรทีนอยด์ และคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไคที่เพาะเลี้ยงในชุดการทดลองเดียวกัน โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างระหว่าง Treatment โดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

4. ผลการวิจัย

การทดลองเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคแบบหมวมวลในบ่อดินระบบน้ำวนและการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโดยใช้น้ำจากบ่อปลาบึก ได้ผลการศึกษาวิจัย ดังนี้

1. ปัจจัยแวดล้อมและคุณภาพน้ำ

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคในบ่อดินระบบน้ำวน และการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโดยใช้น้ำจากบ่อปลาบึกในแต่ละชุดการทดลอง มีปัจจัยแวดล้อมและคุณภาพน้ำ ดังแสดงในตาราง 2

ตารางภาคผนวก ก.2 คุณภาพน้ำของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคในบ่อดินระบบน้ำวนและการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโดยใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงปลาบึก

ปัจจัย	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2	ชุดการทดลองที่ 3
อุณหภูมิน้ำ (°ซ)	28.00-32.00	27.00-31.00	16.00-30.00
อุณหภูมิอากาศ (°ซ)	29.00-33.00	29.00-33.00	17.00-32.00
ความเข้มแสง (ลักซ์)	9,346-43,700	8,743-40,183	9,950-39,403
ค่าความเป็นกรดด่าง	8.52-9.00	7.98-8.92	8.03-8.92
ของแข็งที่แขวนลอยในน้ำ	2.34-10.17	0.46-7.77	1.03-14.67
ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร ของ CaCO_3)	47.07-56.43	47.84-63.34	21.13-63.40
ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร ของ CaCO_3)	91.00-102.00	90.37-102.00	63.33-103.33
ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	4.80-8.97	6.48-9.46	6.30-10.93
บีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	3.57-7.36	0.85-6.37	0.40-7.60
ซีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	4.91-12.33	2.47-10.64	6.70-14.35
แอมโมเนียไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.006-0.560	0.002-0.391	0.007-1.101
ไนเตรทไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.008-0.886	0.053-0.726	0.018-0.975
ออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.026-0.677	0.105-0.653	0.029-0.410

2. มวลชีวภาพ การเจริญเติบโต และอัตราการเจริญเติบโต (ตาราง 3-4, ภาพ 3)

มวลชีวภาพและอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายไคโนในรูปน้ำหนักรากเปียกที่เพาะเลี้ยงในบ่อดินระบบน้ำวน และเพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำจากบ่อปลาบึงมีดังนี้

ชุดที่ 1 การเพาะเลี้ยง 6 สัปดาห์ สาหร่ายไคโนมีมวลชีวภาพระหว่าง 300-2,797 กรัม/ตารางเมตร โดยมีมวลชีวภาพสูงสุดหลังจากการเพาะเลี้ยง 5 สัปดาห์ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า สาหร่ายไคโนที่เพาะเลี้ยงโดยมีกระแสน้ำไหลเวียนตลอด 24 ชั่วโมง ให้มวลชีวภาพไม่แตกต่างกับการเพาะเลี้ยงโดยไม่มีกระแสน้ำไหลเวียนในช่วงกลางวัน 12 ชั่วโมง ($p>0.05$)

อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายไคโนมีค่าระหว่าง -11 – 817 กรัม/ตารางเมตร/สัปดาห์ โดยสาหร่ายไคโนที่เพาะเลี้ยงในทุกรูปแบบมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดหลังเพาะเลี้ยง 1 สัปดาห์ หลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตจะลดลง จนสัปดาห์ที่ 6 อัตราการเจริญเติบโตมีค่าติดลบเนื่องจากการตายของสาหร่ายไคโนบางส่วน

ชุดที่ 2 การเพาะเลี้ยง 6 สัปดาห์ สาหร่ายไคโนมีมวลชีวภาพระหว่าง 300-3,260 กรัม/ตารางเมตร โดยมีมวลชีวภาพสูงสุดหลังจากการเพาะเลี้ยง 5 สัปดาห์ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า สาหร่ายไคโนที่เพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำที่จากโรงอาหารให้มวลชีวภาพไม่แตกต่างกับการเพาะเลี้ยงที่ใช้น้ำจากบ่อปลาบึง ($p>0.05$)

อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายไคโนมีค่าระหว่าง -73 – 1,397 กรัม/ตารางเมตร/สัปดาห์ โดยสาหร่ายไคโนที่เพาะเลี้ยงในทุกรูปแบบมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดหลังเพาะเลี้ยง 1 สัปดาห์ หลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตจะลดลง จนสัปดาห์ที่ 6 อัตราการเจริญเติบโตมีค่าติดลบเนื่องจากการตายของสาหร่ายไคโนบางส่วน

ชุดที่ 3 หลังเพาะเลี้ยง 16 สัปดาห์ ได้มวลชีวภาพรวมของสาหร่ายไคโนระหว่าง 9,290-20,250 กรัม/ตารางเมตร โดยการเพาะเลี้ยงในบ่อดินที่เก็บเกี่ยวมวลชีวภาพทุกสัปดาห์ ให้มวลชีวภาพสูงที่สุด ซึ่งให้มวลชีวภาพมากกว่าการเก็บเกี่ยวผลผลิตทุก ๆ 2 และ 4 และเมื่อเปรียบเทียบการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโนในบ่อดินกับบ่อซีเมนต์ระบบน้ำวนพบว่า การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโนในบ่อดินระบบน้ำวนให้ผลผลิตสูงกว่าอย่างชัดเจน

3. แคลโรทีนอยด์ของสาหร่ายไคโน (ตาราง 5)

ชุดที่ 1 สาหร่ายไคโนมีแคลโรทีนอยด์ระหว่าง 1,004.94-1,020.81 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า แคลโรทีนอยด์ของสาหร่ายไคโนที่เพาะเลี้ยงในแต่ละรูปแบบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ชุดที่ 2 สาหร่ายไกมีแคโรทีนอยด์ระหว่าง 702.36-1,100.16 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า แคโรทีนอยด์ของสาหร่ายไกที่เพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหารมีค่า
สูงกว่าสาหร่ายไกที่เพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำจากบ่อปลาบึกอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ชุดที่ 1 สาหร่ายไกมีแคโรทีนอยด์ระหว่าง 954.48-1,076.54 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า แคโรทีนอยด์ของสาหร่ายไกที่เพาะเลี้ยงในแต่ละรูปแบบไม่มีความ
แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

4. คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไก (ตาราง 5)

ชุดที่ 1 สาหร่ายไกมีคุณค่าทางโภชนาการ ดังนี้ โปรตีน 11.65-15.54% ไขมัน 3.07-4.03%
คาร์โบไฮเดรต 32.99-38.19% เถ้า 24.45-27.09% เยื่อใย 20.59-25.75% และความชื้น 10.32-13.22%
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไกทุกปัจจัยไม่มีความแตกต่างกัน
อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ชุดที่ 2 สาหร่ายไกมีคุณค่าทางโภชนาการ ดังนี้ โปรตีน 11.45-15.32% ไขมัน 2.01-2.88%
คาร์โบไฮเดรต 43.09-46.59% เถ้า 14.39-16.85% เยื่อใย 21.86-25.73% และความชื้น 10.54-13.33%
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไกทุกปัจจัยไม่มีความแตกต่างกัน
อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ชุดที่ 3 สาหร่ายไกมีคุณค่าทางโภชนาการ ดังนี้ โปรตีน 13.30-16.33% ไขมัน 3.53-4.32%
คาร์โบไฮเดรต 34.25-35.35% เถ้า 21.70-25.43% เยื่อใย 21.67-24.32% และความชื้น 9.54-12.98%
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไกทุกปัจจัยไม่มีความแตกต่างกัน
อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางภาคผนวก ก.3 มวลชีวภาพและอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายไค (ใช้น้ำหนักเปียก) ที่เพาะเลี้ยงในบ่อดินและเพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร

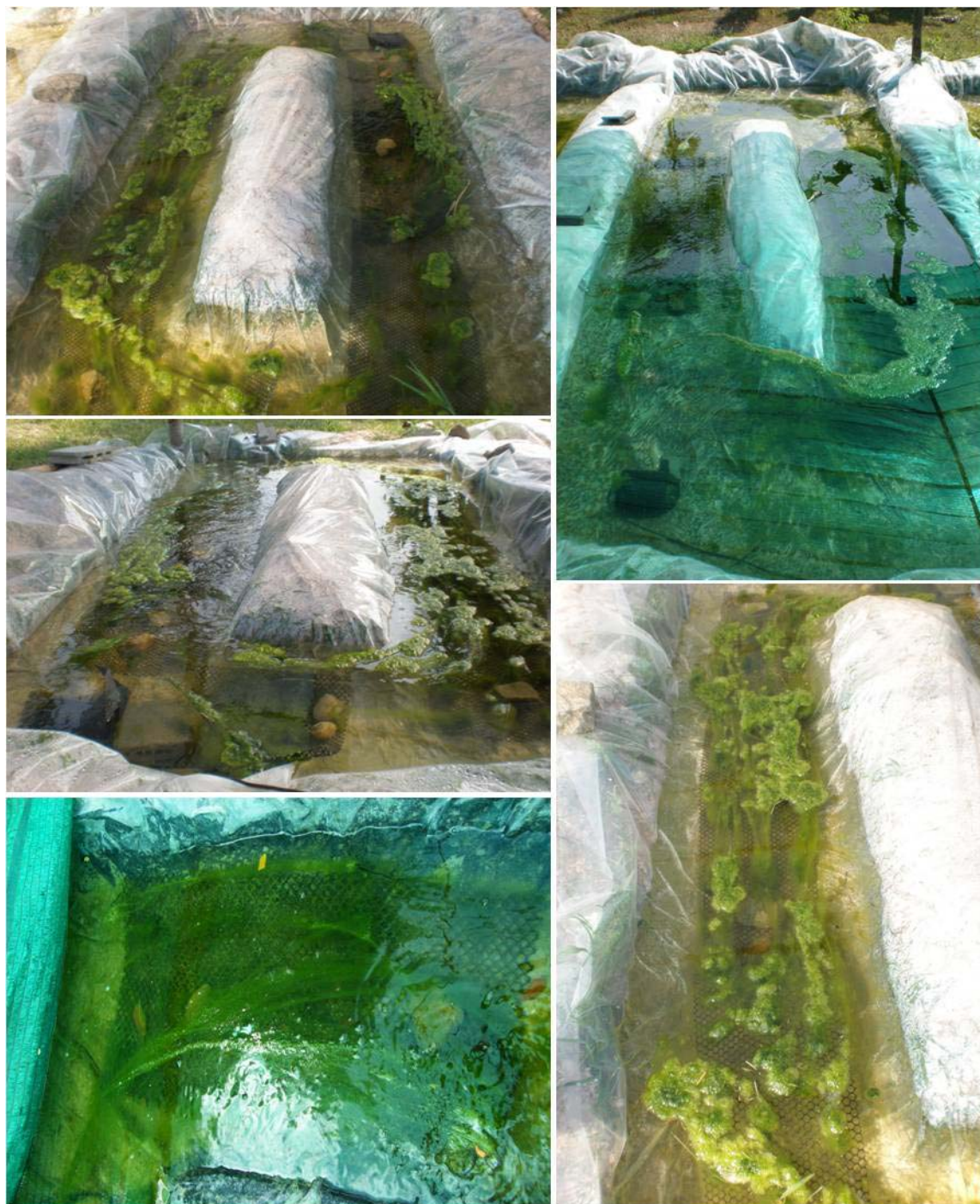
ระยะเวลาเพาะเลี้ยง (สัปดาห์)	มวลชีวภาพของสาหร่ายไค (กรัม/ตารางเมตร)		อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายไค (กรัม/ตารางเมตร/สัปดาห์)	
	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2
0	300	300		
1	990-1,117	1,543-1,697	690-817	1,247-1,397
2	1,437-1,547	2,083-2,167	430-463	387-620
3	2,080-2,273	2,380-2,517	600-727	257-350
4	2,303-2,557	2,923-3,040	143-347	523-640
5	2,463-2,797	3,123-3,260	77-240	167-220
6	2,487-2,707	3,087-3,187	(-11)-23	(-73)-(-37)

ตารางภาคผนวก ก.4 มวลชีวภาพรวมของสาหร่ายไค (กรัม/ตารางเมตร น้ำหนักเปียก) ที่เพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำจากบ่อปลาบึกในชุดการทดลองที่ 3

มวลชีวภาพ (กรัม/ตารางเมตร น้ำหนักเปียก)	
บ่อซีเมนต์	บ่อดิน
9,290-1,2910	18,003-20,250

ตารางภาคผนวก ก.5 แคลโรทีนอยด์และคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไคที่เพาะเลี้ยงในบ่อดินระบบน้ำวน และเพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงปลาบึก

ระยะเวลาเพาะเลี้ยง (สัปดาห์)/ชุดการทดลอง	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3
แคลโรทีนอยด์	1,004.94-1,020.81	702.36-1,100.16	954.48-1,076.54
โปรตีน	11.65-15.54	11.45-15.32	13.30-16.33
ไขมัน	3.07-4.03	2.01-2.88	3.53-4.32
คาร์โบไฮเดรต	32.99-38.19	43.09-46.59	34.25-35.35
เถ้า	24.45-27.09	14.39-16.85	21.70-25.43
เยื่อใย	20.59-22.75	21.86-25.73	21.67-24.32
ความชื้น	6.32-13.22	10.54-13.33	9.54-12.98



ภาพ ภาคผนวก ก.3 สำหรับไก่ที่เจริญเติบโตในบ่อดิน



ภาพ ภาคผนวก ก.3 (ต่อ) สาหร่ายไวกที่เจริญเติบโตในบ่อดิน

5. อภิปรายผลการวิจัย

5.1.1 ปัจจัยแวดล้อมและคุณภาพน้ำ

จากการทดลองชี้ให้เห็นว่าน้ำทิ้งจากโรงอาหารและน้ำจากบ่อปลาบึงมีคุณภาพน้ำที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไค และสามารถนำมาเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคได้ ซึ่งตลอดการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคแบบหมวมวลโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหารและน้ำบ่อปลาบึงมีค่าความเป็นกรดค่า 7.98-9.00 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของสาหร่ายไค (Dodds and Gudder, 1992) ส่วนปริมาณสารอาหารในน้ำเมื่อเริ่มต้นการเพาะเลี้ยงมีอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต แต่เมื่อการเพาะเลี้ยงผ่านไปในช่วงสัปดาห์พบว่าสารอาหารบางตัวมีค่าต่ำกว่าระดับวิกฤตที่จะทำให้สาหร่ายไคชะงักการเจริญเติบโต (น้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร) (Dodds and Gudder, 1992) ดังนั้นในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคจึงควรเติมน้ำทิ้งเพื่อเพิ่มสารอาหารในน้ำระหว่างการเพาะเลี้ยง เพื่อให้การเจริญเติบโตของสาหร่ายไคไม่หยุดชะงัก

ตลอดการทดลองเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคชี้ให้เห็นว่าปัจจัยแวดล้อมโดยเฉพาะอุณหภูมิและแสงมีส่วนสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายไค สาหร่ายไคจะมีการเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิช่วงที่มีอุณหภูมิค่า และมีแสงสม่ำเสมอตลอดวัน

5.1.2 การเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายไค

ตลอดการทดลองเพาะเลี้ยงสาหร่ายไค พบว่า สาหร่ายไคให้มวลชีวภาพสูงสุดเมื่อเพาะเลี้ยงในช่วงฤดูหนาวซึ่งมีอุณหภูมิระหว่าง 16-27 องศาเซลเซียส โดยในธรรมชาติฤดูหนาวเป็นช่วงที่สาหร่ายไคในลำน้ำและลำน้ำโขงเจริญเติบโต นอกจากนี้ Hoffmann and Graham (1984) ยังรายงานว่สาหร่าย *Cladophora glomerata* เจริญเติบโตได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคในฤดูหนาว

จากการทดลองที่ผ่านมา พบว่า น้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงสาหร่ายไคสามารถใช้ได้ทั้งน้ำคลองชลประทาน น้ำบ่อปลา และน้ำทิ้งจากโรงอาหาร ซึ่งมีสารอาหารต่ำถึงสูง สอดคล้องกับรายงานของ Whitton (1970), Dodds and Gudder (1992) และ Higgins *et al.* (2008) ที่กล่าวว่าสาหร่ายสกุล *Cladophora* สามารถเจริญเติบโตได้ในแหล่งน้ำที่มีสารอาหารต่ำมาก (ultraoligotrophic) จนถึงแหล่งน้ำที่มีสารอาหารสูง (eutrophic) อีกทั้งจากการทดลองเพิ่มเติมยังพบว่า การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคไม่จำเป็นต้องเปิดเครื่องให้น้ำไหลตลอดวัน สามารถเปิดเฉพาะช่วงเวลากลางวัน ซึ่งให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน ทำให้ช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าได้

เมื่อเปรียบเทียบมวลชีวภาพของสาหร่ายไคที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในบ่อซีเมนต์กับบ่อดิน พบว่า การเพาะเลี้ยงในบ่อดินได้มวลชีวภาพของสาหร่ายไคสูงกว่า ทั้งนี้ น่าจะมาจากปัจจัยหลักเรื่อง

แสง และอุณหภูมิ เนื่องจากการเพาะเลี้ยงในบ่อดินแสงสามารถส่องลงไปได้สม่ำเสมอทั่วบ่อและอุณหภูมิไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงมากในรอบวัน ส่วนการเพาะเลี้ยงในบ่อซีเมนต์แสงไม่สามารถส่องลงในบ่อได้สม่ำเสมอ โดยแสงบางส่วนจะถูกบังด้วยขอบบ่อและคั่นก้นกลางบ่อ อีกทั้งผนังบ่อยังดูดซับความร้อนจากแสงแดด ทำให้อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นด้วย ดังนั้นการสร้างบ่อซีเมนต์ไม่ควรสร้างบ่อให้สูงมากนัก หรือควรสร้างบ่อฝังลงในดินเพื่อควบคุมอุณหภูมิไม่ให้เปลี่ยนแปลงมากในรอบวัน

อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายไคสูงที่สุด พบในการเพาะเลี้ยงสัปดาห์แรกถึงสัปดาห์ที่ 2 จากนั้นอัตราการเจริญเติบโตจะลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคในห้องปฏิบัติการ (ทวีศักดิ์ และคณะ, 2550) ดังนั้นในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคเมื่อสาหร่ายเจริญเติบโตเต็มที่ควรเก็บมวลชีวภาพของสาหร่ายบางส่วนออกเพื่อให้สาหร่ายที่เหลือเจริญเติบโตขึ้นใหม่

5.1.2 แครโทีนอยด์ของสาหร่ายไค

สาหร่ายไคที่เพาะเลี้ยงในบ่อดินระบบน้ำวน และการเพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงปลาบึก มีแครโทีนอยด์ระหว่าง 909.84-1,100.16 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งมากกว่าสาหร่ายไคที่เพาะเลี้ยงในงานวิจัยระยะที่ 1 (820 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) (ศิริเพ็ญ และคณะ, 2548) และมากกว่าสาหร่ายไคในธรรมชาติ (340 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) (สรวิศ, 2543) แต่การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโดยใช้น้ำคลองชลประทานเพียงอย่างเดียว สาหร่ายมีแครโทีนอยด์ 702.36 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งน้อยกว่าแครโทีนอยด์ของสาหร่ายไคที่เพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร และน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาบึก ซึ่งให้เห็นว่าการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคควรมีการเติมน้ำทิ้งลงไปเพื่อเพิ่มสารอาหารในน้ำไม่ให้สารอาหารขาดแคลน เนื่องจากสารอาหารมีผลต่อการผลิตแครโทีนอยด์ของสาหร่าย (Latasa and Berdalet, 1993; Brinda *et al.* 2004; Leonardos and Geider, 2005)

5.1.3 คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไค

สาหร่ายไคมีโปรตีนระหว่าง 11.45-16.33% ไขมัน 2.01-4.32% คาร์โบไฮเดรต 32.99-46.59% เถ้า 14.39-27.09% เยื่อใย 20.59-25.73% และความชื้น 6.32-13.33% ซึ่งมีโปรตีนน้อยกว่าสาหร่ายไคที่เพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ (31.49 เปอร์เซ็นต์) (ศิริเพ็ญ และคณะ, 2548) และน้อยกว่าสาหร่ายไคในธรรมชาติ (28 เปอร์เซ็นต์) (สรวิศ, 2543) แต่มีคาร์โบไฮเดรตสูงกว่า ส่วนไขมัน เยื่อใย เถ้า และความชื้นมีค่าใกล้เคียงกัน

ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวเมื่อเปรียบเทียบกับคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไคกับอาหารอื่น ๆ พบว่า สาหร่ายไคมีโปรตีนสูงพอ ๆ กับเนื้อสัตว์ (14-26%) แต่มีคาร์โบไฮเดรตและเยื่อใยสูงกว่าพืชผักมาก (สถาบันวิจัยโภชนาการ, 2552)

6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การทดลองเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโนในบ่อดินระบบน้ำวน และการเพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำจากบ่อกุ้งปลาบึก สามารถสรุปได้ดังนี้

6.1 ปัจจัยแวดล้อมและคุณภาพน้ำ

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโนในบ่อดินระบบน้ำวน และการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโนโดยใช้น้ำจากบ่อกุ้งปลาบึก มีปัจจัยแวดล้อมและคุณภาพน้ำ ดังนี้ อุณหภูมิน้ำ 16-32 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศ 17-33 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 8,743-43,700 ลักซ์ ความเป็นกรดต่าง 7.98-9.00 ปริมาณของแข็งที่แขวนลอยในน้ำ 0.46-14.67 มิลลิกรัมต่อลิตร ความกระด้าง 21.13-63.40 มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3 ความเป็นด่าง 63.33-103.33 มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3 ออกซิเจนที่ละลายน้ำ 4.80-10.93 มิลลิกรัมต่อลิตร บีโอดี 0.40-7.36 มิลลิกรัมต่อลิตร ซีโอดี 2.47-14.35 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนียไนโตรเจน 0.002 – 1.101 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรทไนโตรเจน 0.008 – 0.975 มิลลิกรัมต่อลิตร และออร์โทฟอสเฟตฟอสฟอรัส 0.026 – 0.677 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.2 มวลชีวภาพ การเจริญเติบโต และอัตราการเจริญเติบโต

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโนในบ่อดินระบบน้ำวน และการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโนโดยใช้น้ำจากบ่อกุ้งปลาบึก โดยมีการเก็บผลผลิตเพียงครั้งเดียว และเก็บผลผลิตทุก ๆ 1 – 4 สัปดาห์ ได้มวลชีวภาพสาหร่ายไคโนรวม ระหว่าง 3,117-20,250 กรัม/ตารางเมตร (น้ำหนักเปียก)

โดยสาหร่ายไคโนที่เพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำจากบ่อกุ้งปลาบึกให้มวลชีวภาพไม่แตกต่างจากการเพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำจากโรงอาหาร และมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดหลังเพาะเลี้ยง 1 ถึง 2 สัปดาห์ เช่นเดียวกัน ซึ่งอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดพบในการเพาะเลี้ยงในบ่อดิน ที่เพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโนในช่วงฤดูหนาว โดยมีอัตราการเจริญเติบโต 1,747 กรัม/ตารางเมตร/สัปดาห์

6.3 แครอทินอยด์ของสาหร่ายไคโน

สาหร่ายไคโนมีแครอทินอยด์ระหว่าง 702.36-1,100.16 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ซึ่งปริมาณแครอทินอยด์สูงที่สุดพบในสาหร่ายไคโนที่เพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำจากบ่อกุ้งปลาบึกและมีการเติมน้ำจากบ่อกุ้งปลาทุกสัปดาห์

6.4 คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไถ่

สาหร่ายไถ่มีคุณค่าทางโภชนาการดังนี้ โปรตีน 11.65-15.54% ไขมัน 2.01-4.32% คาร์โบไฮเดรต 32.99-46.59% ความชื้น 10.32-13.22% เยื่อใย 20.59-25.75% และเถ้า 20.59-25.73%

ข้อเสนอแนะ

1. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไถ่แบบหมวมวล ควรมีการเก็บเกี่ยวมวลชีวภาพสัปดาห์ละครั้งหรือ 2 สัปดาห์ครั้ง เพื่อป้องกันการบังแสงกันเองของสาหร่าย และเป็นการช่วยให้อัตราการไหลของน้ำมีค่าคงที่ตามที่ต้องการ
2. ถ้าใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติมาผสมในน้ำจากโรงอาหารเพื่อการเลี้ยง ต้องกรองน้ำด้วยใยแก้วกรองน้ำทุกครั้ง เพื่อกำจัดสาหร่ายอื่นๆที่จะมากับน้ำ น้ำจะต้องปลอดจากการปนเปื้อนของสารพิษเช่น โลหะหนัก ยาปราบศัตรูพืช และมีค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นกลางคือประมาณ 7
3. ระหว่างการเพาะเลี้ยงการเพาะเลี้ยงต้องมีการกรองน้ำโดยใช้ใยแก้วกรองน้ำทุก 5-7 วัน เพื่อป้องกันการเจริญของสาหร่ายอื่นๆที่อาจปะปนมาระหว่างการเพาะเลี้ยง
4. ระหว่างการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไถ่ ควรมีการตรวจปริมาณจุลินทรีย์พวกแบคทีเรียเป็นระยะๆ

ภาคผนวก ข

คุณภาพน้ำ มวลชีวภาพ อัตราการเจริญเติบโต แคโรทีนอยด์
และคุณค่าทางโภชนาการของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไค

ตาราง ภาคผนวก ข.4 ชุดการทดลองที่ 1: น้ำหนักสาหร่ายไค (กรัม/น้ำหนักเปียกต่อตารางเมตร)

เพาะเลี้ยง (สัปดาห์)	ชุดควบคุม	T1	T2	T3
เริ่มเพาะเลี้ยง	300	300	300	300
1	953±209	1140±678	1006±338	870±510
2	1243±24	1415±489	1038±419	1035±476
3	1286±64	1356±669	1358±878	1010±371
4	1268±88	1718±890	1635±901	938±189
5	1490±636	1900±789	1990±720	1100±87
6	1060±447	676±588	858±566	560±388
7	941±359	445±201	816±816	428±154
8	813±646	281±101	866±153	253±84

ตาราง ภาคผนวก ข.5 ชุดการทดลองที่ 1: อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายไค
(กรัม/น้ำหนักเปียกต่อตารางเมตรต่อสัปดาห์)

เพาะเลี้ยง สัปดาห์	ชุดควบคุม	T1	T2	T3
1	653	840	706	570
2	290	275	32	165
3	43	-58.5	320.5	-25
4	-17.5	362	276.5	-71.5
5	221.5	181.5	355	161.5
6	-430	-1223.5	-1131.5	-540
7	-119	-231	-42.5	-132
8	-127.5	-164	50.5	-174.5

ตารางภาคผนวก ข.6 ชุดการทดลองที่ 2: น้ำหนักสาหร่ายไก่อ (กรัม/น้ำหนักเปียกต่อตารางเมตร)

เพาะเลี้ยง (สัปดาห์)	ชุดควบคุม	T1	T2	T3	T4
เริ่มเพาะเลี้ยง	370	370	370	370	370
1	1343±429	1009±325	910±190	959±245	1289±663
2	1665±278	1021±375	870±13	1104±256	1412±382
3	1862±431	1039±382	1036±157	1159±210	1378±212
4	2226±688	1067±470	1244±150	1141±204	1375±43
5	2078±603	999±369	1193±39	1011±112	1209±99
6	1964±568	919±238	1249±131	897±125	1067±85
7	1850±489	922±275	1203±65	857±144	962±49
8	1705±435	870±208	1162±73	829±159	944±81

ตารางภาคผนวก ข.7 ชุดการทดลองที่ 2: อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายไก่อ
(กรัม/น้ำหนักเปียกต่อตารางเมตรต่อสัปดาห์)

เพาะเลี้ยง (สัปดาห์)	ชุดควบคุม	T1	T2	T3	T4
1	973	639	540	589	919
2	322	12	-40	145	123
3	197	18	166	55	-34
4	364	28	208	-18	-3
5	-148	-68	-51	-130	-166
6	-114	-80	56	-114	-142
7	-114	3	-46	-40	-105
8	-145	-52	-41	-28	-18

ตารางภาคผนวก ข.8 ชุดการทดลองที่ 1: แคลโรทีนอยด์ของสาหร่ายไวกและผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ทรีทเมนต์	แคลโรทีนอยด์ (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)
ชุดควบคุม	893.92±358.21 ^a
1	1245.27±277.40 ^a
2	1199.41±695.92 ^a
3	1075.66±344.78 ^a

ตารางภาคผนวก ข.9 ชุดการทดลองที่ 2: แคลโรทีนอยด์ของสาหร่ายไวกและผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ทรีทเมนต์	แคลโรทีนอยด์ (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)
ชุดควบคุม	953.78±217.51 ^a
1	1083.65±252.65 ^a
2	1129.60±147.47 ^a
3	1151.18±150.57 ^a
4	1728.95±211.88 ^a

ตารางภาคผนวก ข.10 ชุดการทดลองที่ 3: แคลโรทีนอยด์ของสาหร่ายไวกและผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ทรีทเมนต์	แคลโรทีนอยด์ (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)
ชุดควบคุม	909.84±67.10 ^a
1	1042.72±58.03 ^a
2	1084.36±135.70 ^a
3	988.21±54.14 ^a

*วิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวก ข.11 ชุดการทดลองที่ 1: คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไก่อ

ทรีท เมนต์/ ปัจจัย	ความชื้น		เถ้า		โปรตีน		ไขมัน		เยื่อใย		คาร์โบไฮเดรต	
	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD
ชุด												
ควบคุม	10.24	3.12	28.76	3.75	12.38	2.12	2.70	1.52	22.50	4.32	33.66	2.82
1	9.45	4.11	27.41	4.11	10.79	0.65	3.68	0.98	22.41	2.11	35.71	4.32
2	14.12	5.23	25.72	3.56	12.86	2.54	4.05	0.34	22.06	1.89	35.31	3.29
3	12.33	5.32	30.22	6.24	10.88	3.12	4.43	0.85	20.15	4.32	34.32	1.65

ตารางภาคผนวก ข.12 ชุดการทดลองที่ 2: คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไก่อ

ทรีท เมนต์/ ปัจจัย	ความชื้น		เถ้า		โปรตีน		ไขมัน		เยื่อใย		คาร์โบไฮเดรต	
	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD
ชุด												
ควบคุม	10.98	3.21	15.01	1.78	10.05	3.21	1.97	1.15	23.95	2.87	49.02	5.54
1	12.14	3.33	16.58	0.54	10.53	2.11	2.35	0.57	27.90	3.29	42.64	2.32
2	10.05	2.76	15.30	1.04	15.11	2.13	2.15	0.32	26.40	0.65	41.04	7.45
3	13.11	0.89	14.39	2.22	13.03	3.15	1.84	1.01	20.78	1.11	49.96	2.22
4	10.67	2.12	19.51	1.65	17.58	3.02	2.45	0.42	21.11	3.31	39.35	6.14

ตารางภาคผนวก ข.13 ชุดการทดลองที่ 3: คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไก่อ

ทรีท เมนต์/ ปัจจัย	ความชื้น		เถ้า		โปรตีน		ไขมัน		เยื่อใย		คาร์โบไฮเดรต	
	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD
ชุด												
ควบคุม	15.32	4.67	23.14	6.34	14.78	5.19	3.67	1.52	23.56	7.34	34.85	2.82
1	12.45	5.11	22.67	3.79	13.67	3.93	5.32	0.98	21.41	2.08	36.93	4.32
2	14.12	4.89	24.57	6.66	17.45	8.34	4.90	0.34	23.01	6.80	30.07	3.29
3	13.76	2.76	26.45	4.27	14.45	2.67	6.02	0.85	22.00	4.57	31.08	1.65

ภาคผนวก ค

คุณค่าทางโภชนาการ การเจริญเติบโต แคโรทีนอยด์ และคุณภาพน้ำของการเลี้ยงปลาบึก

ตารางภาคผนวก ก.1 คุณค่าทางโภชนาการของอาหาร (น้ำหนักแห้ง) ก่อนการเลี้ยงปลาบึก ด้วยอาหาร
ผสมสาหร่ายไค

หน่วยทดลอง	จำนวน ซ้ำ	โปรตีน (%)	คาร์โบไฮเดรต (%)	ไขมัน (%)	เยื่อใย (%)	ความชื้น (%)	เถ้า (%)	แคลอรีน้อยด์ ไมโครกรัม/ กรัม
<i>Cladophora</i>	T1R1	29.89	37.21	9.20	4.89	9.22	9.59	20.45
0%	T1R2	30.01	37.19	9.30	5.00	9.10	9.40	21.50
	T1R3	29.70	37.80	9.10	4.90	9.00	9.50	22.68
<i>Cladophora</i>	T2R1	29.86	35.79	9.36	5.53	9.41	10.05	60.50
5%	T2R2	30.10	35.85	9.35	5.40	9.30	10.00	62.80
	T2R3	29.89	36.11	9.20	5.50	9.20	10.10	63.15
<i>Cladophora</i>	T3R1	29.68	34.23	9.51	6.47	9.60	10.51	120.56
10%	T3R2	30.01	34.23	9.56	6.30	9.50	10.40	123.87
	T3R3	29.78	34.46	9.60	6.23	9.63	10.30	125.56
<i>Cladophora</i>	T4R1	29.66	32.50	9.68	7.05	10.02	11.09	180.45
15%	T4R2	30.01	32.49	9.50	7.00	10.00	11.00	185.90
	T4R3	29.78	32.37	9.61	7.10	10.04	11.10	187.69

ตารางภาคผนวก ค.2 น้ำหนักเฉลี่ย (ก.ก./ตัว) ของปลาบิกที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายโก ระยะเวลการเลี้ยง 18 เดือน

หน่วยทดลอง	จำนวน ซ้ำ	น้ำหนัก (kg)																	
		1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน	4 เดือน	5 เดือน	6 เดือน	7 เดือน	8 เดือน	9 เดือน	10 เดือน	11 เดือน	12 เดือน	13 เดือน	14 เดือน	15 เดือน	16 เดือน	17 เดือน	18 เดือน
Cladophora 0%	R1	1.07	1.10	1.25	1.35	1.40	1.90	2.40	2.71	2.75	2.88	3.30	3.40	3.60	3.80	3.90	4.00	4.10	4.20
	R2	1.00	1.01	1.13	1.28	1.38	1.98	2.41	2.62	2.73	2.74	2.50	3.60	3.60	3.80	3.86	3.90	4.10	4.20
	R3	1.06	1.08	1.10	1.23	1.50	1.73	2.38	2.49	2.57	2.62	2.84	3.25	3.30	3.37	3.40	3.80	3.90	4.30
Cladophora 5%	R1	1.00	1.10	1.25	1.65	1.60	1.95	2.78	2.83	2.88	2.96	2.98	3.20	3.30	3.40	3.60	3.70	3.80	4.00
	R2	1.06	1.08	1.15	1.53	1.70	1.63	2.20	2.30	2.50	2.75	2.78	3.40	3.50	3.70	3.80	3.90	4.00	4.10
	R3	1.09	1.10	1.23	1.58	1.60	1.95	2.31	2.55	2.68	2.23	2.58	3.60	3.70	3.80	3.90	4.00	4.10	4.20
Cladophora 10%	R1	1.07	1.15	1.25	1.45	1.70	2.05	2.10	2.20	2.30	2.43	2.55	3.60	3.70	3.80	3.90	4.00	4.10	4.30
	R2	1.06	1.08	1.08	1.48	1.50	1.73	1.80	1.90	2.20	2.35	2.53	3.58	3.70	3.80	3.90	4.00	4.20	4.40
	R3	1.04	1.14	1.38	1.53	1.70	2.30	2.35	2.40	2.50	2.65	2.70	3.75	3.80	3.90	4.00	4.10	4.20	4.30
Cladophora 15%	R1	1.05	1.08	1.10	1.35	1.50	1.75	1.80	1.90	2.00	2.15	2.55	3.60	3.70	3.80	3.90	3.40	4.10	4.30
	R2	1.06	1.09	1.18	1.40	1.70	2.28	2.30	2.32	2.38	2.40	2.45	3.50	3.60	3.70	3.90	4.00	4.10	4.40
	R3	1.05	1.08	1.15	1.33	1.60	2.00	2.10	2.15	2.18	2.20	2.55	3.60	3.65	3.70	3.80	3.90	4.10	4.20

ตารางภาคผนวก ค.3 ความยาวเฉลี่ยของปลาบิกที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายโก ระยะเวลการเลี้ยง 18 เดือน

หน่วยทดลอง	จำนวน ซ้ำ	ความยาว (cm)																	
		1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน	4 เดือน	5 เดือน	6 เดือน	7 เดือน	8 เดือน	9 เดือน	10 เดือน	11 เดือน	12 เดือน	13 เดือน	14 เดือน	15 เดือน	16 เดือน	17 เดือน	18 เดือน
Cladophora 0%	R1	39.00	39.00	41.00	45.00	46.00	47.00	48.00	51.00	52.00	53.50	54.00	55.00	57.00	58.00	59.00	60.00	61.00	62.00
	R2	39.00	39.00	39.63	44.00	45.00	46.00	47.50	52.00	54.00	55.00	55.50	56.00	57.00	59.00	60.00	61.00	62.00	63.00
	R3	39.00	40.00	39.63	42.25	45.00	46.50	47.50	48.00	51.00	53.00	54.00	55.00	56.00	57.00	58.00	60.00	61.00	62.00
Cladophora 5%	R1	39.50	39.63	39.83	46.50	47.00	48.00	48.50	49.00	51.00	52.00	53.50	54.00	55.00	56.00	58.00	59.00	60.00	61.00
	R2	38.00	39.88	41.88	46.50	47.00	47.50	49.00	51.00	53.00	54.00	55.00	56.00	57.00	58.00	59.00	60.00	62.00	63.00
	R3	39.50	39.80	41.63	47.00	48.00	49.00	50.50	51.00	52.00	53.25	53.50	54.00	55.00	57.00	58.00	59.00	60.00	62.00
Cladophora 10%	R1	39.00	39.50	40.00	45.00	46.00	47.50	48.00	49.00	50.00	51.00	52.00	53.00	55.00	56.00	58.00	59.00	60.00	61.00
	R2	39.50	39.60	39.90	45.50	46.00	47.00	48.50	49.50	50.50	52.00	53.00	54.00	57.00	58.00	59.00	62.00	63.00	64.00
	R3	39.00	40.13	40.50	45.75	47.50	48.50	49.00	51.00	51.50	53.00	54.00	55.00	57.00	59.00	60.00	61.00	63.00	65.00
Cladophora 15%	R1	39.50	40.00	40.63	44.50	45.50	47.00	48.00	51.00	52.00	54.00	55.00	56.00	57.00	58.00	59.00	60.00	62.00	63.00
	R2	39.00	39.13	41.53	44.75	46.00	48.00	48.50	49.00	50.00	53.00	52.00	55.00	56.00	57.00	58.00	59.00	60.00	61.00
	R3	38.00	39.25	39.75	44.50	46.00	47.50	48.00	50.00	52.00	53.00	54.00	55.50	56.00	58.00	59.00	60.00	61.00	62.00

ตารางภาคผนวก ก.4 อัตราการเจริญเติบโต (ADG) น้ำหนักเพิ่มขึ้น (%) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) อัตราการเปลี่ยนอาหารให้เป็นเนื้อ (FCR) ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (PER) อัตราการรอดตาย และต้นทุนการผลิต ของปลาบึกในแต่ละหน่วยทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 18 เดือน

หน่วยทดลอง	ADG (กรัม/ตัว/วัน)	น้ำหนักเพิ่มขึ้น กรัม(%)	SGR (%/วัน)	FCR	PER	อัตราการรอด (%)	ต้นทุนการผลิตปลา (บาท/กก.)
<i>Cladophora</i>	4.20	320	0.250	4.60	1.700	100.00	136.30
0%	4.20	320	0.265	3.53	1.733	100.00	120.94
	4.30	300	0.246	4.44	1.650	100.00	134.84
<i>Cladophora</i>	4.00	290	0.252	4.10	1.740	100.00	120.62
5%	4.10	310	0.250	4.00	1.555	100.00	118.52
	4.20	320	0.250	3.70	1.679	100.00	115.38
<i>Cladophora</i>	4.30	330	0.258	3.50	1.705	100.00	108.63
10%	4.40	310	0.264	3.10	1.500	100.00	96.33
	4.30	330	0.263	3.50	1.700	100.00	108.10
<i>Cladophora</i>	4.30	330	0.261	3.00	1.600	100.00	93.13
15%	4.40	320	0.255	3.10	1.626	100.00	106.24
	4.20	320	0.257	3.10	1.430	100.00	101.85

ตารางภาคผนวก ก.5 Lutein, Zeaxanthin และ Beta-carotein ในเนื้อปลาบึก ตลอดการเลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายไค ทั้ง 4 สูตร เป็นเวลา 18 เดือน

หน่วยทดลอง	ซ้ำ	Lutein ug g-1 DW	Zeaxanthin ug g-1 DW	Beta-carotein ug g-1 DW
<i>Cladophora</i> 0%	T1R1	0.3301	0.0110	3.3271
	T1R2	0.3317	0.0110	3.3760
	T1R3	0.3317	0.0120	2.3465
<i>Cladophora</i> 5%	T2R1	0.3783	0.0173	4.5639
	T2R2	0.3619	0.0170	4.3670
	T2R3	0.3598	0.0160	3.5970
<i>Cladophora</i> 10%	T3R1	0.3508	0.0167	5.7858
	T3R2	0.3796	0.0188	4.3271
	T3R3	0.3672	0.0187	5.4755
<i>Cladophora</i> 15%	T4R1	0.3654	0.0183	5.6750
	T4R2	0.3744	0.0178	4.3271
	T4R3	0.3835	0.0220	5.6730

ตารางภาคผนวก ก.6 แคลโรทีนอยด์ และคุณค่าทางโภชนาการในเนื้อปลาบึก ก่อนการเลี้ยงปลาบึก ด้วย
อาหารผสมสาหร่ายไค

หน่วยทดลอง	จำนวน ซ้ำ	โปรตีน (%)	คาร์โบไฮเดรต (%)	ไขมัน (%)	เยื่อใย (%)	ความชื้น (%)	เถ้า (%)	แคลโรทีนอยด์ (ไมโครกรัม/ กรัม)
<i>Cladophora</i> 0%	T1R1	36.23	1.90	6.12	0.04	53.86	1.85	8.56
	T1R2	35.60	2.55	6.30	0.03	54.45	1.07	6.60
	T1R3	35.60	2.30	5.81	0.04	54.50	1.75	7.45
<i>Cladophora</i> 5%	T2R1	38.36	2.03	4.79	0.03	53.40	1.39	7.70
	T2R2	37.45	2.63	5.74	0.04	53.12	1.02	8.70
	T2R3	37.50	3.71	5.11	0.03	52.50	1.16	6.50
<i>Cladophora</i> 10%	T3R1	39.60	3.81	4.76	0.03	50.50	1.30	6.60
	T3R2	40.10	3.25	5.30	0.02	49.60	1.73	8.90
	T3R3	38.50	3.62	4.60	0.04	51.80	1.44	7.60
<i>Cladophora</i> 15%	T4R1	36.80	3.18	4.86	0.03	54.10	1.03	8.80
	T4R2	39.60	3.05	3.87	0.03	51.30	1.15	7.10
	T4R3	37.24	3.84	3.80	0.04	54.00	1.08	6.20

ตารางภาคผนวก ก.7 แคลโรทีนอยด์ และคุณค่าทางโภชนาการในเนื้อปลาบึก หลังการเลี้ยงด้วยอาหาร
ผสมสาหร่ายไค ทั้ง 4 สูตร เป็นเวลา 18 เดือน

หน่วยทดลอง	จำนวน ซ้ำ	โปรตีน (%)	คาร์โบไฮเดรต (%)	ไขมัน (%)	เยื่อใย (%)	ความชื้น (%)	เถ้า (%)	แคลโรทีนอยด์ (ไมโครกรัม/ กรัม)
<i>Cladophora</i> 0%	T1R1	39.90	2.75	4.12	0.03	51.75	1.45	8.18
	T1R2	38.50	3.70	4.30	0.02	52.10	1.38	8.60
	T1R3	39.60	3.29	3.81	0.01	52.03	1.26	10.07
<i>Cladophora</i> 5%	T2R1	38.25	4.70	4.79	0.01	50.40	1.85	24.20
	T2R2	39.45	4.03	3.61	0.02	51.12	1.77	25.12
	T2R3	40.69	1.92	4.11	0.03	51.50	1.75	26.26
<i>Cladophora</i> 10%	T3R1	40.78	2.23	4.63	0.03	50.50	1.83	48.22
	T3R2	39.56	5.86	3.30	0.05	49.60	1.63	49.55
	T3R3	38.50	5.32	3.60	0.04	50.80	1.74	50.22
<i>Cladophora</i> 15%	T4R1	40.78	2.68	4.56	0.03	50.10	1.85	72.00
	T4R2	39.60	5.52	3.58	0.05	49.30	1.95	74.36
	T4R3	38.10	6.06	2.80	0.06	51.00	1.98	76.07

ตารางภาคผนวก ค.8 อุณหภูมิของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาที่ ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน

หน่วยทดลอง	จำนวน ซ้ำ	30 มีค (°C)	30 เมย (°C)	30 พค (°C)	30 มิถ (°C)	30 พค (°C)	30 มิถ (°C)	30 เมย (°C)	30 พค (°C)	30 มิถ (°C)	30 พค (°C)	30 มิถ (°C)	30 เมย (°C)	30 พค (°C)	30 มิถ (°C)
Cladophora 0%	T1R1	27.60	27.00	28.00	28.00	28.00	27.00	26.00	25.00	25.00	27.60	28.00	28.00	28.00	28.00
	T1R2	24.80	27.00	27.00	28.00	28.00	26.00	27.00	26.00	26.00	27.60	28.00	27.00	28.00	28.00
	T1R3	28.00	28.00	28.00	29.00	28.00	27.00	26.00	25.00	26.00	28.00	28.00	28.00	29.00	28.00
Cladophora 5%	T2R1	28.10	27.00	28.00	29.00	28.00	27.00	26.00	26.00	26.00	28.10	27.00	28.00	29.00	28.00
	T2R2	27.90	28.00	27.00	28.00	28.00	26.00	27.00	25.00	25.00	27.90	28.00	27.00	28.00	28.00
	T2R3	27.10	27.00	28.00	29.00	29.00	27.00	27.00	26.00	26.00	27.90	28.00	28.00	29.00	29.00
Cladophora 10%	T3R1	27.30	27.00	27.00	28.00	28.00	27.00	26.00	25.00	25.00	27.30	27.00	27.00	28.00	28.00
	T3R2	27.60	28.00	28.00	29.00	28.00	26.00	26.00	26.00	26.00	27.60	27.00	27.00	28.00	28.00
	T3R3	28.00	28.00	28.00	30.00	29.00	27.00	27.00	25.00	25.00	27.60	28.00	28.00	30.00	28.00
Cladophora 15%	T4R1	27.60	27.00	28.00	29.00	29.00	27.00	26.00	26.00	25.00	27.60	27.00	27.00	28.00	29.00
	T4R2	25.00	26.00	27.00	28.00	28.00	27.00	27.00	25.00	25.00	25.00	27.00	27.00	28.00	28.00
	T4R3	25.00	26.00	28.00	29.00	28.00	26.00	26.00	26.00	26.00	25.00	28.00	26.00	29.00	28.00

ตารางภาคผนวก ค.9 ปริมาณสารแขวนลอยในน้ำในบ่อเลี้ยงปลาที่ ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน

หน่วยทดลอง	จำนวน ซ้ำ	30 มีค mg/l	30 เมย mg/l	30 พค mg/l	30 มิถ mg/l	30 พค mg/l	30 มิถ mg/l	30 เมย mg/l	30 พค mg/l	30 มิถ mg/l	30 พค mg/l	30 มิถ mg/l	30 เมย mg/l	30 พค mg/l	30 มิถ mg/l
Cladophora 0%	T1R1	0.080	0.072	0.081	0.341	0.326	0.348	0.320	0.346	0.361	0.352	0.352	0.340	0.333	0.348
	T1R2	0.090	0.074	0.084	0.322	0.340	0.338	0.338	0.347	0.348	0.359	0.340	0.340	0.340	0.338
	T1R3	0.070	0.056	0.081	0.329	0.335	0.337	0.337	0.366	0.385	0.361	0.325	0.344	0.081	0.339
Cladophora 5%	T2R1	0.060	0.061	0.081	0.322	0.340	0.320	0.320	0.366	0.361	0.350	0.361	0.061	0.081	0.320
	T2R2	0.090	0.071	0.085	0.333	0.331	0.344	0.310	0.325	0.354	0.347	0.361	0.062	0.078	0.335
	T2R3	0.080	0.053	0.077	0.324	0.347	0.338	0.338	0.359	0.351	0.352	0.350	0.053	0.077	0.338
Cladophora 10%	T3R1	0.060	0.062	0.084	0.333	0.332	0.337	0.337	0.350	0.347	0.365	0.340	0.062	0.084	0.337
	T3R2	0.080	0.048	0.083	0.324	0.342	0.327	0.327	0.370	0.361	0.344	0.351	0.048	0.063	0.343
	T3R3	0.010	0.078	0.079	0.339	0.328	0.346	0.346	0.351	0.352	0.346	0.361	0.038	0.079	0.346
Cladophora 15%	T4R1	0.020	0.093	0.080	0.323	0.347	0.339	0.339	0.357	0.361	0.359	0.351	0.093	0.080	0.339
	T4R2	0.020	0.112	0.083	0.327	0.331	0.344	0.344	0.368	0.349	0.353	0.362	0.112	0.083	0.344
	T4R3	0.020	0.081	0.086	0.303	0.334	0.324	0.324	0.361	0.331	0.340	0.330	0.081	0.086	0.324

ตารางภาคผนวก ค.10 ความกระด้างของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึก ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน

หน่วยทดลอง	จำนวน ซ้ำ	30 มี.ค. (mg/l)	30 เม.ย. (mg/l)	30 พ.ค. (mg/l)	30 มิ.ย. (mg/l)	30 ก.ค. (mg/l)	30 ก.ย. (mg/l)	30 ต.ค. (mg/l)	30 พ.ย. (mg/l)	30 ธ.ค. (mg/l)	30 ม.ค. (mg/l)	30 ก.พ. (mg/l)	30 มี.ค. (mg/l)	30 เม.ย. (mg/l)	30 พ.ค. (mg/l)	30 มิ.ย. (mg/l)	30 ก.ค. (mg/l)	30 ต.ค. (mg/l)
Cladophora 0%	T1R1	100.00	61.96	50.44	48.99	42.45	43.00	60.50	57.60	46.10	60.50	44.67	100.00	52.96	50.44	57.99	45.45	43.00
	T1R2	95.40	47.55	56.20	59.08	56.00	42.00	54.70	60.50	32.40	95.00	57.64	95.40	47.55	56.20	59.08	56.00	42.00
	T1R3	80.80	47.55	47.55	54.76	47.80	46.00	61.90	51.80	53.30	60.50	48.99	90.80	47.55	53.55	54.76	47.80	46.00
Cladophora 5%	T2R1	120.00	51.88	44.67	60.52	49.34	51.00	54.70	46.10	60.50	80.60	50.43	140.00	58.88	48.67	60.52	49.34	51.00
	T2R2	160.00	61.96	53.32	61.96	48.42	50.30	51.80	66.20	51.80	95.00	50.43	160.00	61.96	53.32	58.96	48.42	48.30
	T2R3	165.00	61.96	56.20	60.52	58.45	52.00	70.60	44.80	50.40	69.10	60.52	165.00	61.96	56.20	60.52	45.45	52.00
Cladophora 10%	T3R1	110.60	87.90	36.03	61.96	52.00	48.70	43.20	63.40	57.60	60.50	53.32	110.60	87.90	36.03	61.96	52.00	48.70
	T3R2	96.65	90.44	40.35	67.73	51.88	46.00	63.40	74.90	60.50	69.10	51.88	96.65	90.44	43.35	65.73	46.88	46.00
	T3R3	92.40	53.32	44.67	66.29	48.35	51.00	54.70	60.50	67.70	87.90	50.44	92.40	73.32	44.67	66.29	48.35	43.00
Cladophora 15%	T4R1	130.58	53.32	66.29	66.29	48.60	46.00	61.90	69.10	70.60	89.30	47.55	130.58	53.32	43.29	66.29	48.60	46.00
	T4R2	110.00	40.35	40.35	60.52	48.34	44.00	66.20	70.60	66.20	60.50	51.88	110.00	40.35	40.35	60.52	48.34	44.00
	T4R3	95.00	53.32	38.91	57.64	50.00	47.30	60.10	66.20	70.60	59.00	50.44	98.00	53.32	38.91	57.64	46.00	47.30

ตารางภาคผนวก ค.11 ความเป็นด่างของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึก ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน

หน่วยทดลอง	จำนวน ซ้ำ	30 มี.ค. (mg/l)	30 เม.ย. (mg/l)	30 พ.ค. (mg/l)	30 มิ.ย. (mg/l)	30 ก.ค. (mg/l)	30 ส.ค. (mg/l)	30 ก.ย. (mg/l)	30 ต.ค. (mg/l)	30 พ.ย. (mg/l)	30 ธ.ค. (mg/l)	30 ม.ค. (mg/l)	30 ก.พ. (mg/l)	30 มี.ค. (mg/l)	30 เม.ย. (mg/l)	30 พ.ค. (mg/l)	30 มิ.ย. (mg/l)	30 ก.ค. (mg/l)	30 ส.ค. (mg/l)
Cladophora 0%	T1R1	150.0	115.0	83.0	112.0	90.0	88.0	82.0	75.0	102.0	62.0	86.0	90.0	150.0	115.0	83.0	112.0	90.0	88.0
	T1R2	140.0	90.0	74.0	108.0	93.0	80.0	83.0	74.0	101.0	40.0	80.0	108.0	140.0	90.0	74.0	108.0	93.0	80.0
	T1R3	134.0	95.0	79.0	121.0	93.0	98.0	96.0	76.0	98.0	74.0	87.0	100.0	134.0	95.0	79.0	121.0	93.0	98.0
Cladophora 5%	T2R1	124.0	93.0	69.0	104.0	94.0	100.0	97.0	72.0	92.0	83.0	102.0	110.0	164.0	98.0	69.0	114.0	94.0	100.0
	T2R2	169.0	103.0	71.0	118.0	98.0	100.0	95.0	71.0	109.0	64.0	100.0	109.0	169.0	103.0	71.0	118.0	98.0	100.0
	T2R3	176.0	106.0	75.0	120.0	97.0	98.0	98.0	102.0	106.0	67.0	97.0	104.0	176.0	106.0	75.0	120.0	97.0	98.0
Cladophora 10%	T3R1	144.0	94.0	64.0	110.0	92.0	92.0	90.0	64.0	111.0	92.0	86.0	106.0	144.0	94.0	64.0	110.0	92.0	92.0
	T3R2	142.0	94.0	64.0	112.0	96.0	94.0	87.0	94.0	117.0	97.0	90.0	120.0	142.0	94.0	64.0	112.0	96.0	94.0
	T3R3	132.0	127.0	74.0	95.0	94.0	93.0	93.0	12.0	108.0	99.0	102.0	110.0	132.0	87.0	74.0	95.0	94.0	93.0
Cladophora 15%	T4R1	154.0	148.0	76.0	90.0	87.0	96.0	83.0	11.0	116.0	102.0	107.0	80.0	154.0	92.0	76.0	90.0	87.0	96.0
	T4R2	143.0	94.0	76.0	98.0	97.0	85.0	85.0	80.0	117.0	94.0	92.0	90.0	143.0	94.0	76.0	98.0	97.0	85.0
	T4R3	100.0	85.0	74.0	105.0	91.0	87.0	80.0	114.0	115.0	93.0	90.0	100.0	100.0	85.0	74.0	96.0	91.0	87.0

ตารางภาคผนวก ค.12 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึก ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน

หน่วยทดลอง	จำนวน ซ้ำ	30 มี.ค. (pH)	30 เม.ย. (pH)	30 พ.ค. (pH)	30 มิ.ย. (pH)	30 ก.ค. (pH)	30 ก.ย. (pH)	30 ต.ค. (pH)	30 พ.ย. (pH)	30 ธ.ค. (pH)	30 ม.ค. (pH)	30 กพ. (pH)	30 มี.ค. (pH)	30 เม.ย. (pH)	30 พ.ค. (pH)	30 มิ.ย. (pH)	30 ก.ค. (pH)	30 ก.ย. (pH)	30 ต.ค. (pH)
Cladophora 0%	T1R1	7.46	7.07	8.20	8.51	8.30	8.20	7.80	8.20	8.30	8.20	8.53	7.46	7.07	8.20	8.51	8.30	8.20	
	T1R2	7.32	7.22	7.85	8.84	8.50	8.40	8.00	8.30	8.50	7.85	8.74	7.32	7.22	7.85	8.84	8.50	8.40	
	T1R3	7.13	7.03	8.12	8.80	8.25	8.10	8.10	8.10	8.25	8.17	8.42	7.32	7.03	8.12	8.80	8.25	8.10	
Cladophora 5%	T2R1	7.01	7.01	8.10	8.07	8.23	8.42	8.42	8.12	8.23	8.10	8.38	7.01	7.01	8.10	8.47	8.23	8.42	
	T2R2	7.26	7.08	7.83	8.62	8.34	8.60	8.30	8.30	8.34	7.83	8.53	7.26	7.08	8.08	8.62	8.34	8.30	
	T2R3	7.16	7.30	8.17	8.63	8.38	8.50	8.50	8.40	8.40	8.17	8.40	7.26	7.30	8.17	8.53	8.21	8.50	
Cladophora 10%	T3R1	7.09	7.32	8.30	8.10	8.23	8.30	8.30	8.40	8.23	8.20	8.84	7.09	7.32	8.30	8.10	8.23	8.30	
	T3R2	7.12	7.15	7.83	8.41	8.28	8.20	8.20	8.20	8.28	7.83	8.49	7.07	7.15	7.83	8.41	8.28	8.20	
	T3R3	7.12	7.03	7.65	8.83	8.15	8.23	8.23	8.23	8.30	7.65	8.74	7.12	7.03	7.75	8.33	8.26	8.31	
Cladophora 15%	T4R1	7.26	6.97	8.21	8.51	8.31	8.10	8.10	7.90	8.31	8.21	8.28	7.26	6.97	8.21	8.51	8.31	8.10	
	T4R2	7.21	7.17	8.50	8.88	8.25	8.30	8.16	8.13	8.25	8.40	8.54	7.26	6.97	8.50	8.50	8.25	8.25	
	T4R3	7.13	7.24	8.34	8.84	8.28	8.20	8.20	8.20	8.30	8.34	8.70	7.13	7.24	8.34	8.84	8.28	8.20	

ตารางภาคผนวก ค.13 ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึก ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน

หน่วยทดลอง	จำนวน ซ้ำ	30 มี.ค. (mg/l)	30 เม.ย. (mg/l)	30 พ.ค. (mg/l)	30 มิ.ย. (mg/l)	30 ก.ค. (mg/l)	30 ส.ค. (mg/l)	30 กย. (mg/l)	30 ต.ค. (mg/l)	30 พย. (mg/l)	30 ธ.ค. (mg/l)	30 ม.ค. (mg/l)	30 กพ. (mg/l)	30 มี.ค. (mg/l)	30 เม.ย. (mg/l)	30 พ.ค. (mg/l)	30 มิ.ย. (mg/l)	30 ก.ค. (mg/l)	30 ต.ค. (mg/l)
Cladophora 0%	T1R1	4.00	3.10	3.40	2.40	3.80	4.80	3.80	3.38	2.00	4.80	2.40	3.80	4.00	3.10	3.40	2.40	3.80	4.80
	T1R2	3.80	3.00	3.20	2.90	3.00	3.60	3.60	5.00	2.40	5.20	2.00	3.00	3.80	3.00	3.20	2.40	3.40	3.60
	T1R3	3.30	2.90	3.20	2.30	4.00	3.00	2.40	4.88	2.80	5.20	2.20	4.00	3.30	3.00	3.20	2.30	4.00	3.60
Cladophora 5%	T2R1	2.70	3.80	3.20	2.00	2.00	2.20	2.20	4.72	3.60	4.20	2.00	2.00	2.70	3.80	3.20	2.00	4.12	2.20
	T2R2	2.34	3.70	3.60	2.10	5.00	2.30	2.30	3.82	4.40	3.00	4.00	5.00	2.34	3.70	3.60	2.10	5.00	2.30
	T2R3	2.00	3.00	3.20	3.50	6.00	3.40	2.00	3.96	3.00	3.00	3.10	6.00	2.50	3.80	3.42	2.20	6.00	3.40
Cladophora 10%	T3R1	2.00	2.90	3.20	1.40	5.50	5.60	3.50	2.26	2.80	4.00	2.60	5.50	3.00	2.90	3.20	2.40	5.50	5.60
	T3R2	3.30	3.20	3.00	1.80	2.80	2.80	2.80	2.60	3.60	4.80	3.40	2.80	3.30	3.20	3.00	2.80	4.80	3.80
	T3R3	3.70	3.00	3.20	2.50	6.00	4.30	3.30	3.44	3.20	4.20	3.00	6.00	3.70	3.00	3.20	2.50	6.00	4.30
Cladophora 15%	T4R1	2.80	3.00	3.40	2.30	3.40	3.00	3.00	2.78	3.20	4.00	3.60	3.40	2.80	3.00	3.40	2.30	3.40	3.00
	T4R2	3.20	2.40	3.00	2.00	4.70	4.60	2.80	3.08	3.60	2.60	2.80	4.70	3.20	2.40	3.50	2.00	4.70	4.60
	T4R3	2.40	2.80	3.40	1.90	5.00	4.00	4.00	2.90	3.40	3.20	2.10	5.00	2.40	2.80	3.40	1.90	4.00	4.20

ตารางภาคผนวก ก.14 ค่าไปโอเคมีคลอออกซิเจนไดเมนตของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึก ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน

หน่วยทดลอง	จำนวน ซ้ำ	30 มี.ค. (mg/l)	30 เม.ย. (mg/l)	30 พ.ค. (mg/l)	30 มิ.ย. (mg/l)	30 ก.ค. (mg/l)	30 ก.ย. (mg/l)	30 ต.ค. (mg/l)	30 พ.ย. (mg/l)	30 ธ.ค. (mg/l)	30 ม.ค. (mg/l)	30 ก.พ. (mg/l)	30 มี.ค. (mg/l)	30 เม.ย. (mg/l)	30 พ.ค. (mg/l)	30 มิ.ย. (mg/l)	30 ก.ค. (mg/l)	30 ต.ค. (mg/l)
Cladophora 0%	T1R1	14.00	14.00	16.27	12.00	20.67	20.00	28.60	42.00	10.67	14.60	35.00	20.67	14.00	16.27	12.00	20.67	20.00
	T1R2	12.00	12.00	17.80	20.00	23.33	21.33	30.00	38.67	11.33	16.00	42.00	23.33	12.00	17.80	20.00	23.33	21.33
	T1R3	10.00	11.00	15.13	16.00	20.00	21.33	28.60	30.00	12.00	16.67	40.00	20.00	10.00	15.13	16.00	20.00	21.33
Cladophora 5%	T2R1	12.00	10.66	10.13	30.00	22.00	21.33	32.00	60.00	12.66	16.67	31.00	22.00	12.00	12.66	10.13	30.00	21.33
	T2R2	16.00	13.30	10.07	35.00	19.33	25.33	34.67	64.00	12.00	15.33	32.00	19.33	12.00	13.30	10.07	35.00	25.33
	T2R3	10.00	10.00	12.80	38.00	18.67	28.00	33.33	65.00	13.33	13.33	28.00	18.67	10.00	12.80	18.67	28.00	28.00
Cladophora 10%	T3R1	19.00	21.33	8.47	47.00	20.00	26.00	45.33	28.67	13.33	11.33	32.00	20.00	19.00	8.47	47.00	20.00	26.00
	T3R2	20.00	16.66	11.00	45.00	21.00	21.33	42.67	26.67	14.00	10.67	26.67	21.00	19.00	16.66	11.00	45.00	21.33
	T3R3	18.00	18.00	10.47	40.00	19.33	31.33	38.67	34.00	14.67	10.00	27.00	19.33	18.00	10.47	40.00	19.33	31.33
Cladophora 15%	T4R1	10.00	18.00	9.93	23.17	20.00	22.67	21.33	30.00	15.33	11.33	26.67	20.00	10.00	16.93	23.17	20.00	22.67
	T4R2	12.00	20.00	15.00	25.00	26.67	22.00	23.33	23.00	14.67	10.67	28.00	26.67	12.00	15.00	25.00	21.67	19.00
	T4R3	12.00	17.00	13.27	20.00	20.67	21.33	20.67	26.67	14.00	10.67	23.33	20.67	11.00	13.27	20.00	20.67	21.33

ตารางภาคผนวก ก.15 ค่าเคมีคลอออกซิเจนไดเมนตของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึก ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน

หน่วยทดลอง	จำนวน ซ้ำ	30 มี.ค. (mg/l)	30 เม.ย. (mg/l)	30 พ.ค. (mg/l)	30 มิ.ย. (mg/l)	30 ก.ค. (mg/l)	30 ก.ย. (mg/l)	30 ต.ค. (mg/l)	30 พ.ย. (mg/l)	30 ธ.ค. (mg/l)	30 ม.ค. (mg/l)	30 ก.พ. (mg/l)	30 มี.ค. (mg/l)	30 เม.ย. (mg/l)	30 พ.ค. (mg/l)	30 มิ.ย. (mg/l)	30 ก.ค. (mg/l)	30 ต.ค. (mg/l)
Cladophora 0%	T1R1	25.00	23.00	56.00	26.00	16.00	30.00	43.00	64.00	16.00	22.00	52.00	40.00	17.00	56.00	26.00	16.00	30.00
	T1R2	18.00	22.00	50.00	28.00	18.00	32.00	45.00	58.00	17.00	24.00	63.00	35.00	18.00	50.00	28.00	18.00	31.00
	T1R3	16.00	19.00	45.00	25.00	15.00	32.00	43.00	45.00	18.00	25.00	60.00	38.00	16.00	52.00	25.00	15.00	32.00
Cladophora 5%	T2R1	19.00	16.00	68.00	45.00	18.00	37.00	48.00	90.00	19.00	25.00	48.00	41.00	19.00	70.00	56.00	15.00	37.00
	T2R2	24.00	20.00	72.00	53.00	14.00	38.00	64.00	96.00	18.00	23.00	45.00	46.00	21.00	72.00	53.00	14.00	38.00
	T2R3	16.00	15.00	75.00	60.00	13.00	42.00	50.00	108.00	20.00	20.00	43.00	43.00	16.00	73.00	60.00	13.00	36.00
Cladophora 10%	T3R1	32.00	32.00	56.00	75.00	15.00	42.00	80.00	43.00	20.00	17.00	45.00	38.00	32.00	46.00	75.00	15.00	42.00
	T3R2	34.00	25.00	48.00	68.00	21.00	32.00	64.00	40.00	21.00	16.00	43.00	42.00	34.00	48.00	68.00	16.00	38.00
	T3R3	35.00	27.00	46.00	25.00	14.00	47.00	58.00	56.00	22.00	15.00	40.00	40.00	35.00	46.00	62.00	14.00	47.00
Cladophora 15%	T4R1	16.00	27.00	56.00	28.00	30.00	34.00	32.00	45.00	23.00	17.00	42.00	35.00	17.00	45.00	42.00	30.00	34.00
	T4R2	18.00	30.00	48.00	45.00	25.00	33.00	35.00	45.00	22.00	16.00	41.00	37.00	18.00	48.00	45.00	25.00	29.00
	T4R3	19.00	26.00	45.00	35.00	16.00	32.00	31.00	40.00	21.00	16.00	45.00	40.00	19.00	45.00	35.00	24.00	32.00

ตารางภาคผนวก ค.16 ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึก ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 18 เดือน

หน่วยทดลอง	จำนวน ซ้ำ	30 มี.ค. (mg/l)	30 เม.ย. (mg/l)	30 พ.ค. (mg/l)	30 มิ.ย. (mg/l)	30 ก.ค. (mg/l)	30 ส.ค. (mg/l)	30 พ.ย. (mg/l)	30 ธ.ค. (mg/l)	30 ม.ค. (mg/l)	30 ก.พ. (mg/l)	30 มี.ค. (mg/l)	30 เม.ย. (mg/l)	30 พ.ค. (mg/l)	30 มิ.ย. (mg/l)	30 ก.ค. (mg/l)	30 ส.ค. (mg/l)	30 พ.ย. (mg/l)	30 ธ.ค. (mg/l)
Cladophora 0%	T1R1	0.010	0.030	0.040	0.060	0.110	0.056	0.124	0.036	0.037	0.041	0.048	0.110	0.030	0.040	0.060	0.110	0.056	0.062
	T1R2	0.020	0.030	0.060	0.025	0.130	0.062	0.100	0.042	0.041	0.029	0.021	0.130	0.020	0.030	0.060	0.130	0.062	0.077
	T1R3	0.030	0.051	0.048	0.040	0.050	0.077	0.103	0.039	0.039	0.037	0.019	0.120	0.030	0.051	0.048	0.050	0.077	0.064
Cladophora 5%	T2R1	0.030	0.037	0.041	0.040	0.100	0.064	0.076	0.035	0.048	0.028	0.052	0.100	0.030	0.037	0.041	0.100	0.064	0.056
	T2R2	0.040	0.046	0.061	0.041	0.070	0.056	0.103	0.030	0.021	0.035	0.041	0.070	0.040	0.046	0.041	0.080	0.056	0.056
	T2R3	0.020	0.037	0.040	0.038	0.130	0.058	0.092	0.037	0.046	0.023	0.039	0.130	0.020	0.037	0.040	0.130	0.056	0.063
Cladophora 10%	T3R1	0.030	0.030	0.061	0.036	0.070	0.063	0.095	0.031	0.038	0.058	0.027	0.070	0.030	0.030	0.061	0.070	0.063	0.067
	T3R2	0.020	0.040	0.052	0.040	0.140	0.067	0.076	0.031	0.025	0.036	0.056	0.110	0.020	0.040	0.052	0.070	0.067	0.080
	T3R3	0.040	0.050	0.071	0.040	0.060	0.080	0.083	0.021	0.051	0.029	0.027	0.060	0.040	0.050	0.071	0.060	0.080	0.074
Cladophora 15%	T4R1	0.020	0.040	0.062	0.070	0.160	0.074	0.083	0.025	0.042	0.041	0.055	0.076	0.020	0.040	0.062	0.160	0.074	0.072
	T4R2	0.040	0.030	0.063	0.046	0.015	0.072	0.082	0.034	0.027	0.037	0.021	0.065	0.040	0.030	0.063	0.066	0.072	0.066
	T4R3	0.020	0.041	0.045	0.075	0.080	0.066	0.080	0.028	0.040	0.031	0.047	0.080	0.020	0.041	0.045	0.080	0.066	0.066

ตารางภาคผนวก ค.17 ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึก ตลอดระยะเวลา การเลี้ยงทั้ง 18 เดือน

หน่วยทดลอง	จำนวน ซ้ำ	30 มี.ค. (mg/l)	30 เม.ย. (mg/l)	30 พ.ค. (mg/l)	30 มิ.ย. (mg/l)	30 ก.ค. (mg/l)	30 ส.ค. (mg/l)	30 พ.ย. (mg/l)	30 ธ.ค. (mg/l)	30 ม.ค. (mg/l)	30 ก.พ. (mg/l)	30 มี.ค. (mg/l)	30 เม.ย. (mg/l)	30 พ.ค. (mg/l)	30 มิ.ย. (mg/l)	30 ก.ค. (mg/l)	30 ส.ค. (mg/l)
<i>Cladophora</i> 0%	T1R1	0.005	0.002	0.002	0.005	0.004	0.003	0.006	0.007	0.005	0.006	0.009	0.007	0.002	0.005	0.004	0.003
	T1R2	0.006	0.003	0.003	0.004	0.003	0.002	0.006	0.006	0.005	0.004	0.007	0.006	0.003	0.004	0.003	0.002
	T1R3	0.004	0.002	0.003	0.003	0.005	0.003	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.003	0.003	0.005	0.003
<i>Cladophora</i> 5%	T2R1	0.005	0.002	0.002	0.005	0.004	0.004	0.005	0.007	0.005	0.003	0.007	0.007	0.002	0.005	0.004	0.004
	T2R2	0.005	0.002	0.001	0.004	0.002	0.003	0.007	0.007	0.003	0.004	0.009	0.007	0.001	0.004	0.002	0.003
	T2R3	0.003	0.004	0.002	0.005	0.002	0.002	0.008	0.007	0.004	0.004	0.005	0.007	0.002	0.005	0.002	0.002
<i>Cladophora</i> 10%	T3R1	0.005	0.003	0.002	0.004	0.002	0.005	0.007	0.007	0.004	0.005	0.008	0.007	0.002	0.004	0.002	0.005
	T3R2	0.003	0.002	0.003	0.004	0.005	0.003	0.007	0.006	0.004	0.005	0.007	0.006	0.003	0.004	0.005	0.003
	T3R3	0.004	0.005	0.002	0.003	0.002	0.004	0.007	0.006	0.005	0.002	0.005	0.005	0.002	0.003	0.002	0.004
<i>Cladophora</i> 15%	T4R1	0.007	0.002	0.003	0.005	0.008	0.007	0.006	0.007	0.006	0.003	0.005	0.007	0.002	0.003	0.008	0.007
	T4R2	0.005	0.004	0.002	0.004	0.007	0.004	0.006	0.008	0.006	0.007	0.006	0.004	0.002	0.004	0.007	0.004
	T4R3	0.005	0.004	0.002	0.006	0.004	0.003	0.009	0.008	0.004	0.006	0.008	0.004	0.002	0.006	0.004	0.003

ตารางภาคผนวก ค.18 ค่าอัตราโสมเพตฟอสฟอรัสของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึก ตลอดระยะเวลา การเลี้ยงฟุ้ง 18 เดือน

หน่วยทดลอง	จำนวน ซ้ำ	30 มี.ค. (mg/l)	30 เม.ย (mg/l)	30 พ.ค. (mg/l)	30 มิ.ย (mg/l)	30 ก.ค. (mg/l)	30 ส.ค. (mg/l)	30 ก.ย. (mg/l)	30 ต.ค. (mg/l)	30 พ.ย. (mg/l)	30 ธ.ค. (mg/l)	30 ม.ค. (mg/l)	30 ก.พ. (mg/l)	30 มี.ค. (mg/l)	30 เม.ย (mg/l)	30 พ.ค. (mg/l)	30 มิ.ย (mg/l)	30 ก.ค. (mg/l)	30 ส.ค. (mg/l)
<i>Cladophora</i> 0%	T1R1	0.010	0.400	0.065	0.560	0.700	0.086	0.079	0.100	0.012	0.131	0.092	0.386	0.050	0.400	0.065	0.460	0.700	0.086
	T1R2	0.060	0.390	0.040	0.340	0.410	0.127	0.115	0.116	0.010	0.116	0.125	0.600	0.060	0.390	0.040	0.340	0.410	0.127
	T1R3	0.070	0.360	0.068	0.420	0.600	0.138	0.125	0.112	0.098	0.098	0.131	0.400	0.070	0.360	0.068	0.420	0.600	0.118
<i>Cladophora</i> 5%	T2R1	0.110	0.360	0.038	0.640	0.610	0.175	0.108	0.098	0.114	0.011	0.095	0.500	0.110	0.536	0.054	0.364	0.610	0.175
	T2R2	0.190	0.600	0.070	0.440	0.600	0.159	0.164	0.092	0.097	0.106	0.086	0.400	0.190	0.600	0.070	0.440	0.600	0.159
	T2R3	0.200	0.550	0.061	0.340	0.400	0.187	0.197	0.116	0.092	0.119	0.097	0.300	0.200	0.550	0.061	0.340	0.540	0.187
<i>Cladophora</i> 10%	T3R1	0.250	0.530	0.031	0.420	0.600	0.193	0.211	0.097	0.012	0.087	0.117	0.550	0.250	0.530	0.031	0.420	0.600	0.193
	T3R2	0.180	0.510	0.047	0.340	0.520	0.195	0.157	0.121	0.126	0.092	0.119	0.420	0.180	0.510	0.047	0.340	0.520	0.195
	T3R3	0.200	0.490	0.068	0.560	0.500	0.152	0.130	0.115	0.115	0.118	0.128	0.300	0.200	0.490	0.057	0.560	0.500	0.152
<i>Cladophora</i> 15%	T4R1	0.200	0.500	0.075	0.800	0.830	0.176	0.187	0.132	0.096	0.114	0.098	0.660	0.200	0.500	0.075	0.800	0.830	0.176
	T4R2	0.400	0.410	0.081	0.430	0.740	0.169	0.154	0.115	0.110	0.096	0.114	0.450	0.400	0.410	0.081	0.430	0.740	0.169
	T4R3	0.360	0.420	0.058	0.350	0.600	0.147	0.164	0.129	0.112	0.117	0.092	0.670	0.360	0.420	0.058	0.350	0.600	0.147

ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางภาคผนวก ง.1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของน้ำหนักสาหร่ายไก่อโดย ANOVA

การทดลอง		df	Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
ชุดที่ 1	Between Groups	3	2317795.370	772598.457	2.262	0.086
	Within Groups	104	3.552E7	341553.348		
	Total	107	3.784E7			
ชุดที่ 2	Between Groups	4	1.057E7	2642805.528	14.798	0.000*
	Within Groups	121	2.161E7	178591.233		
	Total	125	3.218E7			
ชุดที่ 3	Between Groups	3	1321000.000	440333.333	3.959	0.010*
	Within Groups	104	1.157E7	111217.165		
	Total	107	1.289E7			

*=มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก ง.2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณแคโรทีนอยด์รวมในสาหร่ายไก่อโดย ANOVA

การทดลอง		df	Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
ชุดที่ 1	Between Groups	3	221980.914	73993.638	.366	.780
	Within Groups	8	1616946.012	202118.252		
	Total	11	1838926.927			
ชุดที่ 2	Between Groups	4	1082543.502	270635.876	6.750	.007*
	Within Groups	10	400929.369	40092.937		
	Total	14	1483472.872			
ชุดที่ 3	Between Groups	3	51150.824	17050.275	2.335	0.150
	Within Groups	8	58427.537	7303.442		
	Total	11	109578.361			

*=มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก ง.3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของคุณค่าทางโภชนาการในสาหร่ายไถ่โดย

ANOVA

การทดลอง	df	Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
ชุดที่ 1					
โปรตีน	3	10.489	3.496	.777	.339
ไขมัน	3	4.724	1.576	1.906	.207
คาร์โบไฮเดรต	3	6.311	2.104	.176	.910
เถ้า	3	33.025	11.008	.526	.677
เยื่อใย	3	10.741	3.580	.368	.778
ความชื้น	3	30.109	10.036	.517	.682
ชุดที่ 2					
โปรตีน	4	79.081	19.770	16.818	0.000*
ไขมัน	4	0.983	0.246	0.391	0.811
คาร์โบไฮเดรต	4	151.881	37.970	14.244	0.000*
เถ้า	4	7.922	1.980	1.935	0.058
เยื่อใย	4	73.841	18.460	2.690	0.093
ความชื้น	4	4.120	1.030	0.639	0.639
ชุดที่ 3					
โปรตีน	3	13.451	4.924	.543	.445
ไขมัน	3	5.321	3.224	.785	.135
คาร์โบไฮเดรต	3	6.443	1.678	.324	.345
เถ้า	3	28.765	15.592	.355	.546
เยื่อใย	3	24.568	3.332	.768	.771
ความชื้น	3	26.867	12.776	.777	.342

ภาคผนวก จ

ภาพกิจกรรมการอบรมเชิงปฏิบัติการ การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคเพื่อประโยชน์เชิงพาณิชย์

ภาพผู้เข้ารับการอบรมเชิงปฏิบัติการฯ ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้



1



2



3

ภาพผู้เข้ารับการอบรมเชิงปฏิบัติการฯ
ตำบลยุหว่า อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่



บรรยายในการอบรมฯ



ปฏิบัติการ การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไถ่



ปฏิบัติการ การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไถ่ในบ่อซีเมนต์และบ่อดิน



บ่อดินที่ใช้เพาะเลี้ยงสาหร่ายไค





สาหร่ายไถที่นำลงปลูกไว้บนตาข่ายพลาสติก

เก็บเกี่ยวสาหร่ายไถ



ล้างทำความสะอาดสาหร่ายไถ



ผึ่งสาหร่ายให้แห้งในที่ร่ม

การเลี้ยงปลาบึกในบ่อดิน โดยใช้อาหารผสมสาหร่ายไค



ให้อาหารปลาบึก

จับปลาบึก



การเตรียมอาหารปลาผสมสาหร่ายไค



อาหารปลาผสมสาหร่ายไค

ปฏิบัติการทำไถ่จากสาหร่ายไถ่

