

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(4)
สารบัญภาพ	(6)
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	4
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสาหร่ายขนาดเล็ก	4
ลักษณะทั่วไปของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน	4
ลักษณะทั่วไปของสาหร่ายสีเขียว	5
แหล่งที่อยู่อาศัยของสาหร่าย	5
ความสำคัญของสาหร่าย	6
โครงสร้างทางเคมีและชนิดของแครอทินอยด์	7
บทบาทและหน้าที่ของแครอทินอยด์ในสิ่งมีชีวิต	8
ปลาดุกน้ำกุญแจ	9
สารอาหารกับการเจริญเติบโตของปลา	9
ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการโปรตีนของปลา	13
การสะสมแครอทินอยด์ในสัตว์น้ำ	14
การเกิดสีในปลา	15
การใช้สารเร่งสีจากธรรมชาติ	16
อาหารเร่งสีปลาสวยงาม	17
ปัจจัยที่ทำให้เกิดการมองเห็นสี	19
ระบบการวัดสี	20
ความสัมพันธ์ระหว่างความขาวและนำหนัก	22

สารบัญ

หน้า

บรรณความอ้วนทั่วของปลา	23
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	24
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	30
วัสดุและอุปกรณ์	30
ชุดที่ 1 ศึกษาความเข้มข้นของสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต การผลิต แคโรทินอยด์ของสาหร่ายขนาดเล็ก	31
การเตรียมอาหารสำหรับการเพาะเลี้ยงสาหร่าย	31
ศึกษาช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต การผลิตโปรตีน และแครอทินอยด์	31
การศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการผลิตโปรตีนและแครอทินอยด์ โดยวิธี Two-level factorial design	32
การเพิ่มปริมาณเซลล์สาหร่าย	35
การวิเคราะห์องค์ประกอบภายในเซลล์สาหร่าย	35
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	35
ชุดที่ 2 ศึกษาชนิดของสาหร่ายขนาดเล็ก เพื่อทดแทนปลาปัน ในอาหารเลี้ยง ปลาคุกนิกอุบ	35
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย	40
ชุดที่ 1 ศึกษาความเข้มข้นของสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต การผลิต โปรตีนและการผลิตแครอทินอยด์ของสาหร่ายขนาดเล็ก	40
ผลการศึกษาช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตการผลิตโปรตีน และแครอทินอยด์	40
ผลการศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการผลิตโปรตีนและแครอทินอยด์ โดยการออกแบบสูตรอาหารคัววิธี Two-level factorial design	47
ผลการศึกษาการตอบสนองต่อพื้นผิว (Response Surface Methodology) เพื่อทำนายสูตร อาหารที่เหมาะสมและปัจจัยของสารอาหารที่เกี่ยวข้องต่อการผลิตโปรตีน	52
ผลการศึกษาการเพิ่มปริมาณเซลล์สาหร่าย	54

สารบัญ

หน้า

ผลการศึกษาองค์ประกอบภายในเซลล์สาหร่ายขนาดเล็ก	55
ชุดที่ 2 ผลการศึกษาการใช้สาหร่ายขนาดเล็กเพื่อทดแทนปลาสติกในอาหารเลี้ยงปลาดุกน้ำกุญแจ	
อิทธิพลของอาหารทดลองต่อการเจริญเติบโต	55
อิทธิพลของอาหารทดลองต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีผิว	63
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	65
เอกสารอ้างอิง	66
ภาคผนวก	72
ภาคผนวก ก	72
ภาคผนวก ข	75
ภาคผนวก ค	80
ภาคผนวก ง	83
ภาคผนวก จ	85

สารบัญตาราง

ตารางที่

หน้า

2.1 ค่าเฉลี่ยของความต้องการกรดอะมิโนของสัตว์น้ำทั่วไป	11
2.2 ความต้องการ โปรตีนในอาหารของสัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ	12
2.3 ชนิดของวัตถุคิบที่เป็นแหล่งของแครอทินอยด์	16
2.4 ปริมาณการใช้แครอทินอยด์ในสัตว์น้ำกุ้งต่าง ๆ	17
2.5 การเกิดสีในแต่ละความยาวคลื่นแสง	19
2.6 ตัวอย่างความสัมพันธ์ของความยาวและน้ำหนักของปลาชนิดต่าง ๆ	23
3.1 การออกแบบสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กเพื่อผลิตโปรตีนและแครอทินอยด์ โดยวิธี two-level factorial design ที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุดและสูงสุด	33
3.2 Factorial design matrix ของสูตรอาหารเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กเพื่อผลิตโปรตีน และแครอทินอยด์	34
3.3 วัตถุคิบอาหารสำหรับปลาดุกบีกอุยที่ได้รับโปรตีนจากสาหร่าย <i>Aphanothece saxicola</i> ในระดับต่าง ๆ	36
4.1 ความเข้มข้นของสูตรอาหารเลี้ยงสาหร่าย <i>Aphanothece saxicola</i> ต่อการผลิตโปรตีน	49
4.2 ปริมาณแครอทินอยด์ที่ OD _(430,450,480nm) ผลิตโดย <i>Aphanothece saxicola</i> ในสูตรอาหารต่างๆ	51
4.3 เปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ของปลาดุกบีกอุยที่ได้รับอาหารทดลองแตกต่างกัน	56
4.4 เปรียบเทียบความยาวเฉลี่ย (ซม.) ของปลาดุกบีกอุยที่ได้รับอาหารทดลองแตกต่างกัน	57
4.5 เปรียบเทียบน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (WG) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (DWG) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวัน (SGR) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ประสิทธิภาพของอาหาร (FE) ประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร (PER) อัตราการดูดซึมน้ำ (Survival rate) คงทนความอ้วนทั่ว (K) ของปลาดุกบีกอุย ที่ได้รับอาหารทดลอง แตกต่างกัน	60
4.6 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ของปลาดุกบีกอุย ที่ได้รับอาหารทดลองต่างกัน	61
4.7 สมการความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนักของปลาดุกบีกอุยแต่ละทรีพเมนต์	62
4.8 ค่าการวัดสีผิวของปลาดุกบีกอุย ที่ได้รับอาหารทดลองแตกต่างกัน	63

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่าเฉลี่ยของความต้องการกรดอะมิโนของสัตว์น้ำทั่วไป	11
2.2 ความต้องการ โปรตีนในอาหารของสัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ	12
2.3 ชนิดของวัตถุคุณที่เป็นแหล่งของแครอทีนอยด์	16
2.4 ปริมาณการใช้แครอทีนอยด์ในสัตว์น้ำกุ่มต่าง ๆ	17
2.5 การเกิดสีในแต่ละความยาวคลื่นแสง	19
2.6 ตัวอย่างความสัมพันธ์ของความยาวและน้ำหนักของปลาชนิดต่าง ๆ	23
3.1 การออกแบบสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กเพื่อผลิตโปรตีนและแครอทีนอยด์ โดยวิธี two-level factorial design ที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุดและสูงสุด	33
3.2 Factorial design matrix ของสูตรอาหารเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กเพื่อผลิตโปรตีน และแครอทีนอยด์	34
3.3 วัตถุคุณอาหารสำหรับปลาดุกบึงกุญยี่ห์ได้รับโปรตีนจากสาหร่าย <i>Aphanothece saxicola</i> ในระดับต่าง ๆ	36
4.1 ความเข้มข้นของสูตรอาหารเลี้ยงสาหร่าย <i>Aphanothece saxicola</i> ต่อการผลิตโปรตีน	49
4.2 ปริมาณแครอทีนอยด์ที่ OD _(430,450 480nm) ผลิตโดย <i>Aphanothece saxicola</i> ในสูตรอาหารต่างๆ	51
4.3 เปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ของปลาดุกบึงกุญยี่ห์ที่ได้รับอาหารทดลองแตกต่างกัน	56
4.4 เปรียบเทียบความยาวเฉลี่ย (ซม.) ของปลาดุกบึงกุญยี่ห์ที่ได้รับอาหารทดลองแตกต่างกัน	57
4.5 เปรียบเทียบน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (WG) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (DWG) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวัน (SGR) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ประสิทธิภาพของอาหาร (FE) ประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร (PER) อัตราการดูดซึมน้ำ (Survival rate) durchn ความอ้วนทั่ว (K) ของปลาดุกบึงกุญยี่ห์ที่ได้รับอาหารทดลองแตกต่างกัน	60
4.6 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ของปลาดุกบึงกุญยี่ห์ที่ได้รับอาหารทดลองต่างกัน	61
4.7 สมการความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนักของปลาดุกบึงกุญยี่ห์แต่ละทรีพเมนต์	62
4.8 ค่าการวัดสีผิวของปลาดุกบึงกุญยี่ห์ที่ได้รับอาหารทดลองแตกต่างกัน	63

สารบัญตาราง

ตารางผนวกที่	หน้า
1 ส่วนประกอบของวิตามินในอาหาร ปริมาณ 1 กิโลกรัม	80
2 ส่วนประกอบแร่ธาตุในอาหารปริมาณ 1 กิโลกรัม	80
3 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองสูตรต่าง ๆ	81
4 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารที่ใช้ในการทดลอง	81
5 องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่าย <i>Aphanotheca saxicola</i>	81
6 องค์ประกอบทางเคมี ในตัวปลาดุกน้ำก้อยเมื่อเริ่มต้นการทดลอง (% นน.แห้ง)	82
7 องค์ประกอบทางเคมี ในตัวปลาดุกน้ำก้อยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (% นน.แห้ง)	82
8 แสดงช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโต การผลิตโปรตีนและแแกะโรทีนอยด์ของสาหร่าย <i>Aphanotheca saxicola</i>	83
9 แสดงช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโต การผลิตโปรตีนและแแกะโรทีนอยด์ของสาหร่าย <i>Chlerella sp.</i>	83
10 แสดงช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโต การผลิตโปรตีนและแแกะโรทีนอยด์ของสาหร่าย <i>Haematococcus sp.</i>	84

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โครงสร้างทางเคมีของ hydrogenated carotenoid derivatives	8
2.2 โครงสร้างทางเคมีของ oxygenated carotenoid derivatives	8
2.3 แสดงค่าสี L, a, b space	21
4.1 แสดงการเจริญเติบโตของสาหร่าย <i>Aphanethece saxicola</i> โดยการซึ่งนำน้ำหนักแห้งในสูตรอาหาร ที่แตกต่างกัน 3 ชนิด	41
4.2 แสดงการเจริญเติบโตของสาหร่าย <i>Chlorella</i> sp. โดยการซึ่งนำน้ำหนักแห้งในสูตรอาหาร ที่แตกต่างกัน 3 ชนิด	41
4.3 แสดงการเจริญเติบโตของสาหร่าย <i>Haematococcus</i> sp. โดยการซึ่งนำน้ำหนักแห้งในสูตรอาหารที่แตกต่างกัน 3 ชนิด	42
4.4 แสดงปริมาณโปรตีนผลิตโดยสาหร่าย <i>Aphanethece saxicola</i> เจริญในสูตรอาหารที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือ Allen , s , BG-11 และ NS III	43
4.5 แสดงปริมาณโปรตีนผลิตโดยสาหร่าย <i>Haematococcus</i> sp. เจริญในสูตรอาหาร ที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือ Allen , s , BG-11 และ NS III	44
4.6 แสดงปริมาณโปรตีนผลิตโดยสาหร่าย <i>Chlorella</i> sp. เจริญในสูตรอาหารที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือ Allen , s , BG-11 และ NS III	44
4.7 แสดงปริมาณแครอทีนอยด์ผลิตโดยสาหร่าย <i>Chlorella</i> sp. เจริญในสูตรอาหาร แตกต่างกัน 3 ชนิด คือ Allen , s , BG-11 และ NS III วัดปริมาณแครอทีนอยด์ที่ความยาวคลื่น 430 นาโนเมตร	45
4.8 แสดงปริมาณแครอทีนอยด์ผลิตโดยสาหร่าย <i>Aphanethece saxicola</i> เจริญใน สูตรอาหารที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือ Allen , s , BG-11 และ NS III วัดปริมาณ แครอทีนอยด์ที่ความยาวคลื่น 430 นาโนเมตร	46
4.9 แสดงปริมาณแครอทีนอยด์ผลิตโดยสาหร่าย <i>Haematococcus</i> sp. เจริญใน สูตรอาหารที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือ Allen , s , BG-11 และ NS III วัดปริมาณ แครอทีนอยด์ที่ความยาวคลื่น 430 นาโนเมตร	46
4.10 แบบจำลองกราฟการออกแบบการทดลอง factorial design ในการผลิตโปรตีน	53

สารบัญภาพ

ภาพที่

หน้า

4.11 แบบจำลองกราฟการออกแบบการทดลอง factorial design ในการผลิตโปรดีน	54
ชี้แจงแสดงความสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างปัจจัย	54
4.12 น้ำหนักเฉลี่ย (gramm ต่อตัว) ของปลาดุกบึงกุญชัย ตลอดการทดลอง	56
4.13 ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตรต่อตัว) ของปลาดุกบึงกุญชัย ตลอดการทดลอง	57
4.14 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น	58
4.15 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ของปลาดุกบึงกุญชัย	61
4.16 ค่าสีผิวของปลาดุกบึงกุญชัย เมื่อสิ้นสุดการทดลอง	63
4.17 เปรียบเทียบสีผิวของปลาดุกบึงกุญชัย ภายหลังที่ได้รับอาหารทดลอง ทรีทเม้นต์แตกต่างกัน	64

ภาพผนวกที่

หน้า

1 ชนิดของสาหร่ายขนาดเล็กที่ใช้ในงานวิจัย	85
2 กราฟมาตรฐานแสดงความเข้มข้นของเชื้อรังอัลบูมิน ที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร	86
3 แสดงการเพาะเลี้ยงสาหร่าย <i>Aphanothece saxicola</i> ให้อากาศ บ่มภายใต้แสง ฟลูออเรสเซน ในวดຽบปัชมุพุ	87
4 แสดงการเพิ่มปริมาณเซลล์สาหร่าย <i>Aphanothece saxicola</i> ในวดโอลิโพรากจากเชื้อ	87