รายงานผลการวิจัย

เรื่อง การใช้ประโยชน์จากเปลือกมังคุด (*Garcinia mangostana*, Linn.) ในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*) ด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งจีนไฮโดรโพนิกส์

Application of mangosteen (*Garcinia mangostana*, Linn.) peels in Hybrid Catfish (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*) culture in Chinese convolvulus hydroponic recirculation system.

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2558
จำนวน 266,000 บาท

หัวหน้าโครงการ นายบุญศิลป์ จิตตะประพันธ์
ผู้ร่วมโครงการ นางสาวกมลวรรณ ศุภวิญญู
นายยุทธนา สว่างอารมย์
นางณิชาพล บัวทอง

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์
....15../.ก.ย.../.59... .

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับสมบูรณ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความเมตตาจากสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ปีงบประมาณ 2558 ที่ได้ให้ความช่วยเหลือเงินสนับสนุนและข้อแนะนำแนวทางในการทำงานวิจัยพร้อมทั้งช่วยตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของรายงานฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้

นอกจากนี้ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร ที่ช่วยเอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการทำการวิจัยในครั้งนี้

คณะผู้วิจัย

กันยายน 2559

สารบัญ

	หน้า
สารบัญภาพ	(ข)
สารบัญภาพผนวก	(จ)
สารบัญตาราง	(ฉ)
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนำ	4
วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
การตรวจเอกสาร	6
อุปกรณ์และวิธีการ	13
ผลการวิจัย	19
วิจารณ์ผลการวิจัย	58
สรุปผลการวิจัย	67
เอกสารอ้างอิง	68
ภาคผนวก	72

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่1 น้ำหนักตัวเฉลี่ยสุดท้ายของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียน โดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุด ในรูปแบบแตกต่างกัน นาน 123 วัน 21

ภาพที่2 ความยาวตัวเฉลี่ยสุดท้าย ของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียน โดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุด ในรูปแบบแตกต่างกัน นาน 123 วัน 22

ภาพที่3 อัตราการเจริญเติบโตของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียน โดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุด ในรูปแบบแตกต่างกัน นาน 123 วัน 23

ภาพที่4 อัตราการรอดตายของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียน โดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุด ในรูปแบบแตกต่างกัน นาน 123 วัน 24

ภาพที่5 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียน โดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุด ในรูปแบบแตกต่างกัน นาน 123 วัน 25

ภาพที่6 ผลผลิตสุทธิของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่าน การบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดใน รูปแบบแตกต่างกัน นาน 123 วัน 26

ภาพที่7 ปริมาณอาหารทั้งหมดในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วย ระบบน้ำหมุนเวียน โดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน นาน 123 วัน 27

ภาพที่8 ต้นทุนค่าอาหารทั้งหมดในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วย ระบบน้ำหมุนเวียน โดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน นาน 123 วัน 28

ภาพที่9 ต้นทุนค่าอาหารต่อหน่วยผลผลิตในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วย ระบบน้ำหมุนเวียน โดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มี การเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน นาน 123 วัน 29

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่10 ผลผลิตผักบุ้งจีนทั้งหมด ในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน นาน 123 วัน 30

ภาพที่11 ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่นของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน นาน 123 วัน 33

ภาพที่12 ปริมาณฮีโมโกลบินของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน นาน 123 วัน 34

ภาพที่13 ปริมาณน้ำตาลในเลือด ของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน นาน 123 วัน 35

ภาพที่14 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ตอนเช้า ของน้ำภายในบ่อปลาดุกลุกผสมและบ่อผักบุ้งที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียน โดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือก มังคุดในรูปแบบแตกต่างกันภายในเวลา 123 วัน 39

ภาพที่15 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ตอนเย็น ของน้ำภายในบ่อปลาดุกลุกผสมและบ่อผักบุ้งที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกันภายในเวลา 123 วัน 41

ภาพที่16 ความเป็นกรดเป็นด่าง ตอนเช้า ของน้ำภายในบ่อปลาดุกลุกผสมและบ่อผักบุ้งที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกันภายในเวลา 123 วัน 43

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่17 ความเป็นกรดเป็นด่าง ตอนเย็น ของน้ำภายในบ่อปลาดุกลูกผสมและ
บ่อผักบุ้งที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วย
ผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริม เปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน
ภายในเวลา 123 วัน 45
ภาพที่18 อุณหภูมิน้ำ ตอนเช้า ของน้ำภายในบ่อปลาดุกลูกผสมและบ่อผักบุ้ง
ที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วย
ผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดใน
รูปแบบแตกต่างกัน ภายในเวลา 123 วัน 47
ภาพที่19 อุณหภูมิน้ำ ตอนเย็น ของน้ำภายในบ่อปลาดุกลูกผสมและบ่อผักบุ้ง
ที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้ง
ไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน
ภายในเวลา 123 วัน 49
ภาพที่20 ปริมาณความเป็นด่างของน้ำของน้ำภายในบ่อปลาดุกลูกผสมและ
บ่อผักบุ้งที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วย
ผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริม เปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน
ภายในเวลา 123 วัน 51
ภาพที่21 ปริมาณแอมโมเนียรวมของน้ำภายในบ่อปลาดุกลูกผสมและบ่อผักบุ้ง
ที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้ง
ไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน
ภายในเวลา 123 วัน 53
ภาพที่22 ปริมาณไนไตรท์ ของน้ำภายในบ่อปลาดุกลูกผสมและบ่อผักบุ้งที่เลี้ยงด้วย
ระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริม
เปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน ภายในเวลา 123 วัน 55
ภาพที่23 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำภายในบ่อปลาดุกลูกผสมและบ่อผักบุ้ง
ที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้ง
ไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน
ภายในเวลา 123 วัน 57

สารบัญภาพผนวก

	หน้า
ภาพผนวกที่1 ปั่นเปลือกมังคุดแห้งให้ละเอียด	74
ภาพผนวกที่2 การผสมผงเปลือกมังคุดในอาหารเม็ดสำเร็จรูป	74
ภาพผนวกที่3 การลดความชื้นอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมผงเปลือกมังคุด	74
ภาพผนวกที่4 การเก็บอาหารที่ใช้ทดลอง	75
ภาพผนวกที่5 การสุ่มนับปลาลงบ่อทดลอง	75
ภาพผนวกที่6 ลักษณะทั่วไปของปลาดุกลูกผสมที่ใช้ในการทดลอง	75
ภาพผนวกที่7 การเก็บข้อมูลน้ำหนักปลาดุกลูกผสมก่อนการทดลอง	76
ภาพผนวกที่8 การเก็บข้อมูลความยาวปลาดุกลูกผสมก่อนการทดลอง	76
ภาพผนวกที่9 การใช้ตาข่ายตาถี่คลุมปากบ่อทดลองด้วยเพื่อกันศัตรูปลาและกันปลาหลบหนี	76
ภาพผนวกที่10 การปล่อยปลาดุกลูกผสมลงบ่อทดลอง	77
ภาพผนวกที่11 การเตรียมแผ่นโฟมไว้สำหรับปลูกผักบุ้งจีนด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์	77
ภาพผนวกที่12 การปลูกต้นอ่อนของผักบุ้งจีนมาหุ้มฟองน้ำแล้วลงปลูก	77
ภาพผนวกที่13 ลักษณะทั่วไปของสถานที่ทำการทดลอง	78
ภาพผนวกที่14 ลักษณะทั่วไปของผักบุ้งจีน	78
ภาพผนวกที่15 การเก็บเกี่ยวผักบุ้งจีน	79
ภาพผนวกที่16 ปลาดุกลูกผสมในบ่อทดลอง อายุ 123 วัน	79
ภาพผนวกที่17 การชั่งน้ำหนักรวมของปลาดุกลูกผสมสุทธิ หลังเสร็จสิ้นการทดลอง	79
ภาพผนวกที่18 การเก็บข้อมูลน้ำหนักปลาดุกลูกผสมเมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง	80
ภาพผนวกที่19 การเก็บข้อมูลความยาวปลาดุกลูกผสมเมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง	80

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่1 น้ำหนักตัวเฉลี่ยสุดท้าย ความยาวตัวเฉลี่ยสุดท้าย อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ผลผลิตสุทธิ ปริมาณอาหารทั้งหมด ต้นทุนค่าอาหารทั้งหมดและต้นทุนค่าอาหารต่อหน่อยผลผลิตของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) 20

ตารางที่2 ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ปริมาณฮีโมโกลบิน และปริมาณน้ำตาลในเลือดของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน ภายในเวลา 123 วัน (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) 32

ตารางที่3 ค่าเฉลี่ยคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำภายในบ่อปลาดุกลูกผสมและบ่อผักบุ้งที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกันภายในเวลา 123 วัน (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) 36

การใช้ประโยชน์จากเปลือกมังคุด (*Garcinia mangostana*, Linn.) ในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*) ด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งจีนไฮโดรโพนิกส์

Application of mangosteen (*Garcinia mangostana*, Linn.) peels in Hybrid Catfish (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*) culture in Chinese convolvulus hydroponic recirculation system.

บุญศิลป์ จิตตะประพันธ์ กมลวรรณ ศุภวิญญู ยุทธนา สว่างอารมย์ และ ณิชาพล บัวทอง

Boonsin Jittapraphan, Kamonwan Suphawinyoo, Yuttana Savangarrom and Nichapon Buathang

มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร หมู่5 ตำบลละแม อำเภอละแม จังหวัดชุมพร 86170

บทคัดย่อ

ผลของการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน 3 แบบ คือ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร โดยการทดลองในครั้งนี้จะใช้ปลาดุกลูกผสมที่มีความยาวตัวเฉลี่ยเริ่มต้น 7.70±0.81 เซนติเมตร และมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยเริ่มต้น 3.34±1.15 กรัม สุ่มปล่อยลงในบ่อละ 100 ตัว พร้อมให้อาหารวันละ 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) ทดลองเลี้ยงนาน 123 วัน พบว่า การเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับการใส่น้ำหมักเปลือกมังคุดจะส่งผลให้มีค่า น้ำหนักตัวเฉลี่ยสุดท้าย ความยาวตัวเฉลี่ยสุดท้าย อัตราการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ผลผลิตสุทธิ ปริมาณอาหารทั้งหมด ต้นทุนค่าอาหารทั้งหมด ต้นทุนค่าอาหารต่อหน่อยผลผลิต และผลผลิตผักบุ้งจีนทั้งหมด มีค่าดีที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 171.67±20.55 กรัม 27.60±0.85 เซนติเมตร 1.37±0.17 กรัมต่อวัน 0.97±0.14 10.67±2.65 กิโลกรัมต่อบ่อ 10.47±1.60 กิโลกรัมต่อบ่อ 261.67±40.10 บาทต่อบ่อ 25.10±3.91 บาทต่อ

กิโลกรัม และ 4.48±1.37 กิโลกรัมต่อบ่อ ตามลำดับ ส่วนอัตราการรอดตายในชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) จะมีค่าสูงสุด เท่ากับ 91.67±2.08 เปอร์เซ็นต์

ผลของการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน 3 แบบ พบว่า รูปแบบการเลี้ยงไม่ส่งผลต่อค่าโลหิตวิทยาของปลาดุกลูกผสม ได้แก่ ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ปริมาณฮีโมโกลบิน และปริมาณน้ำตาลในเลือด ของปลาดุกลูกผสม ($p>0.05$) ซึ่งมีค่าระหว่าง 38.33-47.00 เปอร์เซ็นต์ 9.67-11.93 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และ 74.00-116.00 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ

ผลของการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน 3 แบบ พบว่า ไม่ส่งผลต่อคุณภาพน้ำในการเลี้ยง ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ตอนเช้า และตอนเย็น ความเป็นกรดเป็นด่าง ตอนเย็น อุณหภูมิน้ำตอนเย็น ปริมาณความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ ($p>0.05$) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 4.32-5.20 มิลลิกรัมต่อลิตร 3.18-4.35 มิลลิกรัมต่อลิตร 6.81-7.03 25.01-25.58 องศาเซลเซียส 101.11-115.89 มิลลิกรัมต่อลิตรของ $CaCO_3$ 0.67-1.65 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 2.29-3.15 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แต่ยังคงมีปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพน้ำบางประการ ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่าง ตอนเช้า อุณหภูมิน้ำ ตอนเช้า และปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ ($p<0.05$) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 7.44-7.94 25.17-27.04 องศาเซลเซียส และ 0.97-1.51 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ดังนั้นควรมีการส่งเสริมการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยระบบน้ำหมุนเวียนที่มีการบำบัดน้ำโดยการปลูกผักบุ้งจีนร่วมกับการใส่น้ำหมักเปลือกมังคุด

คำสำคัญ : มังคุด เปลือกมังคุด ปลาดุกลูกผสม ระบบน้ำหมุนเวียน ผักบุ้งจีน และระบบไฮโดรโพนิกส์

Abstracts

The result of the experiment culturing the hybrid *Clarias* catfish fed with food mixed with mangosteen peel in 3 different mixing contents, namely, the open-system cultivation treatment having water changing (controlled treatment), the treatment fed with the circulating water system with mixed with the mangosteen peel fermented solution and the treatment fed the circulating water system mixed with the mangosteen peel fermented solution and mangosteen peel mixed in the feeding. In this experiment, the hybrid *Clarias* catfish, average initial body length of 7.70±0.81 cm. and average initial body weight of 3.34±1.15 g., were randomly released in culturing ponds, 100 catfish each. The feeding was daily given, twice a day (morning – late

afternoon) for 123 days. It was found that the catfish cultivation treatment fed with the circulating water system with mixed with the mangosteen peel fermented solution could yield the best product in term of the final body weight, final body length, average daily gain, feed conversion ratio, net product, total feeding quantity, total feeding capital cost, feed price per unit of product capital cost and the productivity of Chinese Convolvulus which equaled to 171.67±20. 55 g., 27.60 ± 0.85 cm., 1.37±0.17 g./day, 0.97±0.14., 10.67±2.65 kg./pond, 10.47±1.60 kg./pond, 261.67±40.10 Baht/pond, 25.10±3.91 Baht/kg. and 4.48±1.37 kg./pond, respectively. While the survival rate in the experimental treatment of open system open with water changing (controlled treatment) had yielded the highest value, equally to 91.67±2.08 %.

The result of the experiment feeding hybrid *Clarias* Catfish with a supplementary mangosteen peel in 3 different forms, it was found that the culturing form did not affect the hematological values of catfish *Clarias* hybrids, including, the hematocrit, the hemoglobin blood, and the blood glucose of the hybrid *Clarias* catfish ($p>0.05$), which yielded the values ranges 38.33-47.00 %, 9.67-11.93 mg./dl. and 74.00-116.00 mg./dl., respectively.

The result of the experiment feeding hybrid *Clarias* Catfish with a supplementary mangosteen peel in 3 different forms, it was found that they did not affect water quality in aquaculture, including, dissolved oxygen (DO) in the morning and late afternoon, pH in late afternoon, water temperature in late afternoon, alkalinity, total ammonium and nitrite content ($p>0.05$) which were in the range of 4.32-5.20 mg./l., 3.18-4.35 mg./l., 6.81-7.03, 25.01 - 25.58 °C, 101.11-115.89 mg./l. of $CaCO_3$, 0.67-1.65 mg./l. and 2.29-3.3 mg./l., respectively. However, there were some factors that affect water quality, including, pH in the morning, water temperature in the morning and the *orthophosphate* content ($p<0.05$) which the values were in the ranges 7.44-7.94, 25.17-27.04 °C and 0.97-1.51 mg./l. respectively.

Hence, there should be promotion of hybrid *Clarias* catfish culture with water circulation system, water treatment applied with Chinese convolvulus growing compiled with mangosteen peel fermented solution added periodically.

Keywords : mangosteen, *Garcinia mangostana*, Hybrid Catfish, *Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*, Chinese convolvulus and hydroponic recirculation system.

คำนำ

การทำการประมงในปัจจุบัน แบ่งเป็นการจับจากธรรมชาติและจากการเพาะเลี้ยง โดยเฉพาะการเลี้ยงสัตว์น้ำในปัจจุบันนั้น นิยมเลี้ยงแบบชนิดเดียวที่ความหนาแน่นสูง ซึ่งลักษณะการเลี้ยงแบบดังกล่าว มักทำให้น้ำในการเลี้ยงมีปริมาณสารอินทรีย์ โดยเฉพาะสารประกอบในกลุ่มของไนโตรเจนค่อนข้างสูง ซึ่งได้มาจากการขับถ่ายของสัตว์น้ำนั่นเอง (มั่นสิน และไพพรรณ, 2544) ถ้ามีการปล่อยน้ำทิ้งที่มีปริมาณสารอินทรีย์สูง จะทำให้เกิดมลภาวะทางน้ำตามมา ได้แก่ การเกิดสาหร่ายบลูมและเกิดภาวะไม่มีออกซิเจนในน้ำตามมาด้วย (Naylor *et al.*, 1998; Smith *et al.*, 1999) ดังนั้น อีกวิธีหนึ่งที่เป็นการช่วยลดการปล่อยน้ำจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ คือ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยระบบน้ำหมุนเวียน จะเป็นการช่วยลดผลกระทบจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต่อแหล่งน้ำธรรมชาติ และช่วยในการจัดการผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางน้ำอย่างยั่งยืน การเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียน จำเป็นต้องมีการบำบัดน้ำตลอดเวลา โดยสามารถใช้น้ำหมักชีวภาพร่วมกับการใช้พืชไฮโดรโพนิกส์ในการช่วยบำบัดน้ำเลี้ยงปลาดุก และเป็นที่ทราบกันดีกว่าเปลือกมังคุดมีประโยชน์ เพราะมีสารโพลีฟีนอลอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นสารช่วยต้านอนุมูลอิสระในสัตว์ รวมถึงมนุษย์ได้ ช่วยทำให้สัตว์มีสุขภาพที่ดี เมื่อผสมพืชที่มีโพลีฟีนอลให้กับหมูและแกะ (Akiko *et. al.*, 2009.; Akiko *et. al.*, 2010 ; Akiko *et. al.*, no date) นอกจากนี้มีสรรพคุณช่วยยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคได้อีกทางหนึ่งด้วย

เปลือกมังคุด เป็นเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่พบมากทางภาคใต้ของประเทศไทย ได้จากโรงงานแปรรูปมังคุด ถ้ามีการพัฒนามูลค่าของเปลือกมังคุด จากเดิมที่เป็นเพียงขยะอินทรีย์ทางการเกษตร มาต่อยอดพัฒนาผสมในอาหารสัตว์น้ำ หรือทำเป็นน้ำหมักชีวภาพ เพื่อช่วยในการบำบัดน้ำเลี้ยงปลาในระบบหมุนเวียน น่าจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรชาวสวนมังคุดไม่มากก็น้อย นอกจากนี้ที่สำคัญอีกประการหนึ่งช่วยลดของเสียจากภาคเกษตรได้เป็นจำนวนมาก คณะผู้วิจัยจึงนำประโยชน์จากเปลือกมังคุดมาหมัก เพื่อทำน้ำหมักชีวภาพ เติมลงในน้ำเลี้ยงปลาดุกลูกผสม และใช้เปลือกมังคุดแห้งผสมในอาหารปลาดุก เพื่อช่วยให้ปลาดุกมีสุขภาพที่ดี เป็นการเพิ่มมูลค่าสินค้าทางการเกษตร และช่วยลดมลภาวะทางน้ำจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลการเจริญเติบโตของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ โดยมีการใช้เปลือกมังคุดผสมในอาหารปลาดุก

2. เพื่อศึกษาสุขภาพของปลาดุกลูกผสมจากค่าโลหิตวิทยา เมื่อมีการผสมเปลือกมังคุดในอาหารปลาดุก

3. เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดน้ำด้วยผักไฮโดรโพนิกส์ โดยการใช้เปลือกมังคุดผสมในอาหารปลาดุก

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบการเจริญเติบโตของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ โดยมีการใช้เปลือกมังคุดผสมในอาหารปลาดุก

2. ทำให้ทราบสุขภาพของปลาดุกลูกผสมจากค่าโลหิตวิทยา เมื่อมีการผสมเปลือกมังคุดในอาหารปลาดุก

3. ทำให้ทราบผลของคุณภาพน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดน้ำด้วยผักไฮโดรโพนิกส์ โดยการใช้เปลือกมังคุดผสมในอาหารปลาดุก

การตรวจเอกสาร

ปลาดุกเป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมาเป็นเวลานาน มีผู้นิยมเลี้ยงกันมาก เนื่องจากทำรายได้ดี ปัจจุบันได้มีการนำแม่พันธุ์ปลาดุกอุย (*Clarias macrocephalus*) มาผสมกับปลาดุกแอฟริกัน (*Clarias gariepinus*) เพื่อผลิตปลาดุกลูกผสม หรือปลาดุกบิ๊กอุยหรือปลาดุกอุยเทศ (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*) (อุทัยรัตน์, 2533) โดย มีการส่งเสริมเลี้ยงปลาดุกลูกผสม ซึ่งในปัจจุบันมีรูปแบบการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม ทั้งในบ่อดิน บ่อซีเมนต์ และบ่อพลาสติก โดยสามารถเลือกรูปแบบที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ในการเลี้ยง

<u>การเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในบ่อซีเมนต์กลม</u>

การเลี้ยงปลาดุกควรมีการเตรียมบ่อเลี้ยง โดยใส่น้ำพักไว้ในบ่อซีเมนต์อย่างน้อย 2 อาทิตย์ ใส่น้ำในบ่อให้มีระดับสูง 20 –30 เซนติเมตร เพื่อเตรียมปล่อยลูกปลา ที่ระดับความหนาแน่น 100 ตัว / บ่อ ในบ่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เมตร สูง 0.5 เมตร การให้อาหาร จะให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปให้ปลากินจนอิ่ม แต่ถ้าหากต้องการลดต้นทุนค่าอาหาร สามารถให้อาหารสมทบที่มีโปรตีนสูง เช่น ไส้ไก่ กระดูกซี่โครงไก่บดผสมรำ ปลาเป็ดบด หนอน ปลวก หรือแมลงต่าง ๆ ได้ เมื่อเลี้ยงปลาได้อายุ 30 วัน ควรมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 20 – 30 % ของน้ำในบ่อ แล้วนำน้ำที่พักไว้เติมลงไปให้ได้ระดับเดิม เมื่อเลี้ยงได้อายุ 3 – 4 เดือน สามารถเก็บผลผลิตได้

จากการส่งเสริมให้มีการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในรูปแบบต่างๆ กันนี้ ทุกรูปแบบจำเป็นจะต้องมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ อยู่ตลอดเวลา เพื่อให้คุณภาพน้ำมีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม จากคุณสมบัติของน้ำในเรื่องแร่ธาตุในน้ำการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ วิรัช (2544) เขียนไว้ว่า ธาตุอาหารมีความสำคัญต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ในด้านที่ทำให้เกิดผลผลิตขั้นต้น หรือปริมาณแร่ธาตุในน้ำส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณแพลงก์ตอนในน้ำ ซึ่งเป็นอาหารธรรมชาติที่สำคัญของสัตว์น้ำ แร่ธาตุที่สำคัญนั่นก็คือ ฟอสฟอรัสและไนโตรเจนที่มีในน้ำ ซึ่งจะเป็นตัวจำกัดผลผลิตของแพลงก์ตอนในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ แต่ไนโตรเจนในน้ำ นอกจากจะเป็นประโยชน์ต่อพืชน้ำแล้ว ถ้ามีในปริมาณมากเกินไปส่งผลกระทบในทางลบต่อสัตว์น้ำด้วยเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะเมื่ออยู่ในรูปแอมโมเนียและไนไตรท์ เนื่องจากเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ

การเลี้ยงสัตว์น้ำ ทำให้เกิดอินทรีย์สาร และสารอาหาร (ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส และธาตุอื่นๆ) ในปริมาณมาก ยกตัวอย่างเช่น ในการผลิตปลาดุก 1 ตัน (1,000 กิโลกรัม) ปลาดุกจะขับถ่ายของเสียในน้ำ โดยมีการปล่อยสารอินทรีย์ในรูปแบบแห้ง 1,190 กิโลกรัม ปล่อยไนโตรเจน 60 กิโลกรัม และปล่อยฟอสฟอรัส 12 กิโลกรัม ซึ่งเป็นของเสียจากกระบวนการ metabolic (Boyd, 1985) ซึ่งแร่ธาตุทั้งสองชนิดนี้ มีการละลายอยู่ในน้ำเลี้ยงปลาดุกอย่างมาก เมื่อพิจารณาจากคุณสมบัติของน้ำเลี้ยงปลาดุกลูกผสม ในเรื่องปริมาณไนโตรเจนละลายในน้ำ และปริมาณฟอสฟอรัสละลายในน้ำ ซึ่งแร่ธาตุทั้งสองชนิดนี้ มีผลต่อความต้องการธาตุอาหารพืช แร่ธาตุหลักเป็นปัจจัยหนึ่งในการเจริญเติบโตได้ดีของพืช โดยมีจำนวนทั้งหมด 16 ชนิด ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่พืชขาดไม่ได้ ได้แก่ คาร์บอน (C), ไฮโดรเจน (H), ไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P), โพแตสเซียม (K), แคลเซียม (Ca), แมกนีเซียม (Mg), กำมะถัน (S), เหล็ก (Fe), แมงกานีส (Mn), สังกะสี (Zn), ทองแดง (Cu), โบรอน (B), โมลิบดินัม (Mo) และคลอรีน (Cl) ซึ่งธาตุอาหารเหล่านี้ได้รับมาจากอากาศและน้ำ และได้รับมาจากดิน (สมภพ, 2537)

<u>การปลูกพืชด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ (Hydroponics)</u>

การปลูกพืชด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์เป็นการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ข้อดีของการปลูกพืชด้วยระบบนี้ คือ สามารถปลูกพืชได้ทุกสถานที่ แม้ในพื้นที่ที่มีปัญหาดินในการเพาะปลูก ควบคุมสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตได้ โดยเฉพาะในระดับรากพืช ได้แก่ ธาตุอาหาร pH EC อุณหภูมิ ความเข้มข้นของออกซิเจน ฯลฯ ซึ่งการปลูกพืชในดินทำได้ยาก ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตได้เร็ว และผลผลิตสูงกว่าในดิน ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพสม่ำเสมอ คงที่ และสูงกว่าในดินมาก มีการใช้น้ำและธาตุอาหารพืชอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด คือ ลดปริมาณการใช้น้ำลง 10 เท่า และลดการสูญเสียธาตุอาหาร (ปุ๋ยเคมี) 40% ของการปลูกพืชในดิน ประหยัด ย่นระยะเวลาเก็บเกี่ยว ประหยัดแรงงาน และต้นทุนค่าไถเตรียมพื้นที่ ควบคุมปัญหาโรคและแมลงได้ง่าย เพราะพื้นที่ปลูกมีขอบเขตชัดเจน และกำจัดปัญหาศัตรูที่เกิดจากดินได้ ใช้พื้นที่ปลูกอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด สามารถปลูกพืชชนิดเดิมในพื้นที่อย่างต่อเนื่องไม่ต้องพักแปลง และปลูกได้หนาแน่นกว่าในดินอีกด้วย เพราะมีธาตุอาหารและน้ำอย่างเพียงพอ ปลูกในพื้นที่แคบ ๆ ได้ ผลผลิตที่ได้ปลอดภัยต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม เพราะมีการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ในดินน้อย

ผักบุ้งจีน

เฉลิมเกียรติ และอัสรา (2539) ได้เขียนในข้อมูลเกี่ยวกับผักบุ้งจีน มีชื่อภาษาอังกฤษว่า Swamp Cabbage, Chinese Cabbage มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ippomoea aquatica* Forssk จัดอยู่ในวงศ์ Convolvullaceae มีใบสีเขียว ก้านสีเหลืองหรือขาว ก้านดอกและดอกสีขาว ผักบุ้งจีนนิยมนำมาประกอบอาหารอย่างกว้างขวางกว่าผักบุ้งไทย จึงนิยมปลูกเป็นการค้า ทั้งการปลูกเพื่อบริโภคสดและการผลิตเมล็ดพันธุ์ ปัจจุบันผักบุ้งจีนได้พัฒนาเป็นพืชผักส่งออกที่มีความสำคัญ โดยส่งออกทั้งในรูปผักสด และเมล็ดพันธุ์ เพื่อการส่งออก ตลาดที่สำคัญ คือ ฮ่องกง มาเลเซีย และสิงคโปร์

ความต้องการธาตุอาหารของผักบุ้งจีน

วีรพงศ์ (2528) ทำการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ต่อการเจริญเติบโต และปริมาณผลผลิตของผักบุ้งจีน พบว่า ผักบุ้งจีนต้องการธาตุไนโตรเจนปริมาณมาก เพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของกิ่งก้าน เนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลักของโปรตีนใน Protoplasm ในเซลล์ของผักบุ้งจีน และเป็นองค์ประกอบหลักของ Chlorophyll ที่ใช้ในการสังเคราะห์แสง และเนื่องจากผักบุ้งจีนสามารถสะสมไนโตรเจนได้มากถึง 4.65 – 5.95% ของน้ำหนักแห้ง ดังนั้นการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในการปลูกผักบุ้งจีน จึงทำให้ผักบุ้งจีนมีผลผลิตเพิ่มขึ้น การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส จะมีผลต่อความยาวของลำต้นผักบุ้งจีน โดยนำฟอสฟอรัสไปใช้ในการสร้างรากฝอยที่แตกออกบริเวณข้อของลำต้น เพื่อใช้ในการดูดซึมธาตุอาหารจากดิน และจากการศึกษาของ วิรัตน์ (2536) พบว่า ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต และการเพิ่มผลผลิตของผักบุ้งจีน ในการศึกษาของ Hu *at al.* (2008) ในเรื่อง การทดสอบน้ำที่มีธาตุอาหารสูงโดยการใช้ผักบุ้ง (*Ipomoea aquatic* Forsskal) ลดสารอาหารในน้ำด้วยระบบ “deep flow technique” พบว่า หลังจาก 48 ชั่วโมง ที่ผักบุ้งมีการสัมผัสน้ำที่มีธาตุอาหารสูง มีปริมาณของ COD, BOD_5, TSS, และ Chlorophyll a ลดลง มีค่าเท่ากับ 84.5%, 88.5%, 91.1% และ 68.8% ตามลำดับ และการกำจัดสารอาหาร(ไนโตรเจนรวม และฟอสฟอรัสรวม) ผันแปรระหว่าง 41.5 และ 75.5% ดังนั้น การปลูกผักบุ้งในน้ำที่มีสารอาหารสูง ด้วยระบบ “deep flow system” สามารถใช้เป็นระบบที่การกำจัดไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในน้ำได้ และจากการศึกษาของ ธนสรณ์ (2549) การศึกษาระบบการปลูกผักบุ้งน้ำแบบผสมผสานควบคู่กับการเลี้ยงปลาสลิด เปรียบเทียบระหว่างระบบการใช้สารอนินทรีย์กับระบบการใช้สารอินทรีย์ พบว่า ปริมาณผลผลิตผักบุ้งน้ำเพียงอย่างเดียวเปรียบเทียบกับการปลูกผักบุ้งน้ำผสมผสานกับการเลี้ยงปลาสลิดไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$)

ธาตุไนโตรเจน เป็นธาตุอาหารที่สำคัญมากสำหรับสิ่งมีชีวิตในน้ำเช่นเดียวกับฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นองค์ประกอบของโปรตีน คลอโรฟิลล์ RNA, DNA, Co-enzyme และวิตามิน ธาตุไนโตรเจนในแหล่งน้ำ สามารถอยู่ได้ทั้งในรูปของก๊าซไนโตรเจน (N_2) แอมโมเนีย (NH_3) แอมโมเนียมอิออน (NH_4^+) ไนไตรท์อิออน (NO_2^-) ไนเตรทอิออน (NO_3^-) รวมทั้งสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำ และที่เป็นองค์ประกอบของร่างกายสิ่งมีชีวิต รวมไปถึงซากพืชซากสัตว์ที่ตายด้วย นอกจากนี้ ยังมี ธาตุฟอสฟอรัส ซึ่งจะหมุนเวียนอยู่ในแหล่งน้ำ ในรูปของสารประกอบหลายชนิด ทั้งที่อยู่ในรูปอิออนของสารอนินทรีย์ เช่น PO_4^{3-} จนถึงอยู่ในรูปสารอินทรีย์ที่เป็นส่วนประกอบของสิ่งมีชีวิต เช่น เป็นส่วนประกอบของน้ำตาลและสารพันธุกรรม (DNA) สัดส่วนของฟอสฟอรัสแต่ละรูปที่อยู่ในแหล่งน้ำ จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ สภาพกรดหรือด่าง ความเข้มข้นของอิออนของโลหะบางชนิด ฟอสฟอรัสในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายที่สุด คือ ออร์โธฟอสเฟตที่ละลายในน้ำ

<u>สารสกัดจากเปลือกมังคุด</u>

Chairrungsrilerd *et al.* (1996) ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีภายในเปลือกผลมังคุด โดยทำการสกัด และแยกสารภายในเปลือกมังคุด พิสูจน์เอกลักษณ์ด้วย UV, IR, ^{1}H-NMR ^{13}C-NMR และ mass spectrophotometer พบสารที่สกัดได้ คือ epicatechin และแซนโธน 7 ชนิด และสารกลุ่ม anthocyanins ซึ่งเป็นสารสีแดง มีปริมาณ 31.29% ได้แก่ cyaniding-3-*O*-β-sophoroside, cyaniding-3-glucoside และมีแทนนินประมาณ 7-14% จากการศึกษาของ ปานตา และคณะ (2555) พบสารสกัดโพลีฟีนอลจากเปลือกมังคุด หลายชนิด โดยมีแอลฟา – แมงโกสติน เป็นองค์ประกอบมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด 25.88 μg/mL ของสารสกัดที่สมมูลกับ gallic acid (GAE)

<u>สารโพลีฟีนอล</u>

สารโพลีฟีนอล หรือ สารประกอบฟีโนลิค เป็นสารที่พืชสามารถสร้างขึ้นได้สารกลุ่มนี้ละลายได้ดีกับ ether, chloroform, ethyl acetate, methanol และ ethanol พืชต้องการสารประกอบฟีโนลิค เพื่อการสร้างเม็ดสี การเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ การต้านทางโรค และช่วยในระบบการทำงานต่าง ๆ ของพืช และยังพบสารโพลีฟีนอลในวัตถุดิบอาหารสัตว์ ได้แก่ อาหารหมู และอาหารแกะ โดยโพลีฟีนอลนี้จะช่วยให้สัตว์มีสุขภาพที่ดี และช่วยในการต่อต้านอนุมูลอิสระด้วย (Akiko *et. al.*, 2009 ; Akiko *et. al.*, 2010 and Akiko *et. al.*, no date)

น้ำหมักชีวภาพ

น้ำหมักชีวภาพมีการเรียกที่แตกต่างกันออกไป เช่น น้ำสกัดชีวภาพ ปุ๋ยจุลินทรีย์ ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ โดยมีสูตรในการทำไม่น้อยกว่า 100 สูตร โดยเกษตรกรได้ทดลองทำและนำไปใช้กับพืชผลตนเองแล้วได้ผลดี พืชเจริญงอกงาม และยังสามารถช่วยลดปัญหาการเกิดโรคแมลงได้อีกด้วย ไม่เพียงใช้ประโยชน์กับพืชเท่านั้น การใช้น้ำหมักชีวภาพยังได้ขยายไปยังปศุสัตว์ สัตว์น้ำ และสิ่งแวดล้อม เป็นการใช้ในลักษณะสารเสริมอาหารสัตว์ สารต้านจุลชีพ ตลอดจนใช้เพื่อการบำบัดกลิ่น และการบำบัดน้ำเสีย (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

ประเภทของจุลินทรีย์ที่คาดว่าจะพบในน้ำหมักชีวภาพ

กรมวิชาการเกษตร (2547) ได้แบ่งประเภทของน้ำหมักชีวภาพตามชนิดของจุลินทรีย์ที่พบออกเป็น 5 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 กลุ่มพวกเชื้อราที่มีเส้นใย (filamentous fungi) ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งการย่อยสลาย สามารถทำงานได้ดีในสภาพที่มีออกซิเจน มีคุณสมบัติต้านทานความร้อนได้ดี ปกติใช้เป็นหัวเชื้อผลิตเหล้า ผลิตปุ๋ยหมัก ฯลฯ

กลุ่มที่ 2 กลุ่มจุลินทรีย์พวกสังเคราะห์แสง (photosynthetic microorganisms) ทำหน้าที่สังเคราะห์สารอินทรีย์ให้แก่ดิน เช่น ไนโตรเจน กรดอะมิโน น้ำตาล วิตามิน ฮอร์โมนและสารอื่น ๆ เพื่อสร้างความสมบูรณ์ให้แก่ดิน

กลุ่มที่ 3 กลุ่มจุลินทรีย์ใช้ในการหมัก (zynogumic or fermented microorganisms) ทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นให้ดินต้านทานโรค ฯลฯ เข้าสู่วงจรการย่อยสลายได้ดี ช่วยลดการพังทลายของดิน ป้องกันโรคและแมลงศัตรูพืชบางชนิดทั้งพืชและสัตว์ สามารถบำบัดมลพิษในน้ำเสียที่เกิดจากสิ่งแวดล้อมเป็นพิษต่าง ๆ ได้

กลุ่มที่ 4 กลุ่มจุลินทรีย์พวกตรึงไนโตรเจน (nitrogen fixing microorganisms) มีทั้งพวกที่เป็นสาหร่าย และพวกแบคทีเรีย ทำหน้าที่ตรึงก๊าซไนโตรเจนจากอากาศเพื่อให้ดินผลิตสารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโต เช่น โปรตีน กรดอินทรีย์ กรดไขมัน แป้ง ฮอร์โมน วิตามิน ฯลฯ

กลุ่มที่ 5 กลุ่มจุลินทรีย์พวกสร้างกรดแลคติก (lactic acids) มีประสิทธิภาพในการต่อต้านเชื้อรา และแบคทีเรียที่เป็นโทษ ส่วนใหญ่เป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศหายใจ ทำหน้าที่เปลี่ยนสภาพดินเน่าเปื่อย หรือดินก่อโรคให้เป็นดินต้านทานโรค ช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของ

โรคพืชที่มีจำนวนนับแสน นอกจากนี้ยังช่วยย่อยสลายเปลือกเมล็ดพันธุ์พืช ช่วยให้เมล็ดงอกได้ดีและแข็งแรง

ในการศึกษาของ ชวนพิศ และคณะ (2547) เรื่อง คุณภาพน้ำหมักชีวภาพและองค์ประกอบ ซึ่งมีการทำน้ำหมักชีวภาพจากเศษวัสดุ 3 ชนิด คือ หัวปลานิล พุงและเกล็ดปลานิล และเศษผักผลไม้หลายชนิด เปรียบเทียบกับการหมักด้วยการเติมหัวเชื้อสับปะรด และหัวเชื้อจากแบคทีเรีย 2 ชนิด คือ *Lactobacillus plantarum* และ *L. caseii* โดยพบว่า องค์ประกอบต่าง ๆ ระหว่างการหมักที่ระยะเวลา 30 45 60 และ 90 วัน มีความแปรปรวน คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ สีของน้ำหมักส่วนใหญ่เป็นสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำ มีค่า pH และค่า EC ที่สูงขึ้น คุณสมบัติทางเคมีนั้นพบว่า ธาตุอาหารหลัก (N, P และK) และธาตุอาหารรองของพืช (Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn และ Cu) น้อยมาก องค์ประกอบของกรดลดลง องค์ประกอบทางชีวเคมี เช่น มีน้ำตาลหลายชนิดปริมาณลดลงจนถึงระดับคงที่ ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้จุดสิ้นสุดกระบวนการหมัก และสารคล้ายฮอร์โมน GA_3 เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเหมักเพิ่มขึ้น

<u>การใช้น้ำหมักชีวภาพในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ</u>

ปัจจุบันมีการนำน้ำหมักชีวภาพมาใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพจะช่วยย่อยเศษอาหารที่ตกค้าง และมูลขับถ่ายของสัตว์น้ำที่ก้นบ่อให้หมดไป ทำให้น้ำไม่เสียเร็วเกินไป ไม่ต้องถ่ายน้ำบ่อย ๆ สัตว์น้ำมีสุขภาพสมบูรณ์แข็งแรงดี ผิวสะอาด ไม่มีโคลนตม เนื้อมีรสชาติดี บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่ใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นประจำจะมีเลนปริมาณน้อย และไม่มีกลิ่นเหม็นจนไม่จำเป็นต้องลอกเลนก้นบ่อ เป็นการประหยัดค่าใช้จ่าย (สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล และคณะ, 2544) ในการศึกษาของ ร่วมฤดี และคณะ (2549) ในเรื่อง การเลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่ระดับความหนาแน่นต่าง ๆ โดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากสัตว์และพืชสมุนไพร พบว่า การเลี้ยงปลาดุกลูกผสมโดยมีการใช้น้ำหมักชีวภาพจากพืชสมุนไพรมีแนวโน้มการเจริญเติบโตดีกว่าการเลี้ยงปลาดุกโดยไม่ใช้น้ำหมักชีวภาพ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) นอกจากนี้ยังมีการใช้น้ำหมักชีวภาพในการเลี้ยงกุ้ง เช่น การศึกษาของ เพ็ชร (2550) เรื่อง การลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์โดยการใช้น้ำหมักชีวภาพเพื่อเพิ่มผลผลิตกุ้งขาวแวนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ซึ่งมีการใช้น้ำหมักชีวภาพ 2 ชนิด คือ น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร และน้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่ระดับความหนาแน่น 70 ตัวต่อตารางเมตร พบว่า น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพและน้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณ

แอมโมเนียและไนไตรท์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนี้มีการศึกษาเรื่องผลของการใช้น้ำหมักชีวภาพในการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม พบว่า การใช้น้ำหมักชีวภาพที่ระดับความเข้มข้น 100 มิลลิลิตรต่อตารางเมตร มีอัตรารอดตายสูงที่สุดเท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์

<u>การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยระบบน้ำหมุนเวียน</u>

ปัจจุบันการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เริ่มมีการจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยระบบหมุนเวียน ผ่านการบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การเลี้ยงกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนด้วยการผ่านระบบกรองน้ำหมุนเวียน (สุรังษี, 2548) ปริมาณแร่ธาตุในการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนด้วยระบบกรองน้ำหมุนเวียน (กมลวรรณ และคณะ, 2548) แนวทางการใช้ประโยชน์จากปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์ (กมลวรรณ และคณะ, 2554)

ส่วนในระบบการเลี้ยงปลาน้ำจืดด้วยระบบน้ำหมุนเวียน เริ่มมีการศึกษาและวิจัยเช่นเดียวกัน ได้แก่ การเลี้ยงปลาดุกรัสเซียในน้ำหมุนเวียนในถังพลาสติก 200 ลิตร พบว่า มีอัตรารอดตายสูงถึง 96 เปอร์เซ็นต์ (ประพัฒน์, มปป.) การใช้ผักมาช่วยบำบัดน้ำจากการเลี้ยงปลา เริ่มมีการนำมาใช้โดยการปลูกด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ เช่น การศึกษาของ Andreas and Ranka (2009) เรื่อง ระบบ Aquaponic : การใช้แร่ธาตุจากน้ำเลี้ยงจากการเลี้ยงปลาผลิตผัก การศึกษาของ Damon *et al.* (1998) เรื่อง พลวัตของแร่ธาตุในการเลี้ยงปลาร่วมกับระบบไฮโดรโพนิกส์แบบบูรณาการ และการศึกษาของ กมลวรรณ และคณะ (2555) ในเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ พบว่า การใช้ผักบุ้งจีนสามารถช่วยบำบัดน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมได้ แสดงให้เห็นว่า การเลี้ยงปลาในปัจจุบันเราสามารถนำของเสียจากการเลี้ยงปลามาประยุกต์ใช้ในการปลูกผักชนิดต่าง ๆ ได้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. บ่อเลี้ยงปลาดุก บ่อพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร จำนวน 9 บ่อ
2. สัตว์ทดลอง ปลาดุกลูกผสมขนาดความยาวเฉลี่ย 2- 3 นิ้ว
3. ระบบไฮโดรโพนิกส์ จำนวน 6 ชุด
4. เมล็ดพันธุ์ผัก บุ้งจีน
5. ปุ๋ยซุปเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0)
6. น้ำที่ใช้ทดลอง น้ำจืดที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนความเข้มข้น 30 ส่วนในล้าน เปิดเครื่องให้อากาศทิ้งไว้ 3 วัน
7. อาหารปลาดุกเม็ดสำเร็จรูป
8. อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ
9. อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์แร่ธาตุ N P
10. Spectrophotometer
11. เครื่องชั่งดิจิตอล ทศนิยม 2 และ 4 ตำแหน่ง
12. อุปกรณ์เลี้ยงปลา

วิธีการ

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely randomized design) แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดที่1 การเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุก ๆ 7 วัน (ชุดควบคุม)
ชุดที่2 การเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด
ชุดที่3 การเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร

การเตรียมบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสม

ใช้บ่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร มีทางน้ำเข้า – ออก ติดตั้งเครื่องสูบน้ำเพื่อนำน้ำเข้าสู่ระบบไฮโดรโพนิกส์ เติมน้ำเข้าบ่อให้มีความสูง 30 เซนติเมตร ให้อากาศตลอดเวลา หลังจากนั้นเติมน้ำหมักชีวภาพก่อนปล่อยปลาดุกลงเลี้ยง และทำการเปิดระบบน้ำหมุนเวียนจากบ่อเลี้ยงผ่านไปยังระบบไฮโดรโพนิกส์ ให้ระบบน้ำหมุนเวียนไปจนกว่า ปริมาณไนไตรท์ในน้ำจะลดลงอยู่ในระดับเกณฑ์มาตรฐานที่สามารถเลี้ยงปลาดุกได้ ซึ่งจะใช้ระยะเวลาประมาณ 7-15 วัน

การเตรียมปลาดุกลูกผสมทดลอง

ใช้ปลาดุกลูกผสมที่มีความยาวตัวเฉลี่ยเริ่มต้น 7.70±0.81 เซนติเมตร และมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยเริ่มต้น 3.34±1.15 กรัม โดยปล่อยปลาดุกลูกผสมในอัตราความหนาแน่น 100 ตัวต่อบ่อ

การเตรียมระบบไฮโดรโพนิกส์

ติดตั้งโครงสร้างของระบบไฮโดรโพนิกส์เชื่อมต่อเข้ากับระบบการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม โดยมีเครื่องสูบน้ำ สูบน้ำจากระบบการเลี้ยงปลาเข้าระบบไฮโดรโพนิกส์ตลอดเวลา และมีทางน้ำออกจากระบบไฮโดรโพนิกส์เข้าบ่อเลี้ยงปลา การสูบน้ำจะเป็นในลักษณะของระบบหมุนเวียน โดยเริ่มตั้งแต่ต้นจนสิ้นสุดการทดลอง

การเตรียมผักบุ้งในการปลูกด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์

นำเมล็ดผักบุ้งมาแช่ในน้ำประมาณ 15 นาที เพื่อคัดเลือกเมล็ดที่สมบูรณ์ จากนั้นนำเมล็ดที่คัดเลือกไว้มาเพาะในถุงผ้าที่ชุ่มน้ำ ทำการรดน้ำให้ชุ่ม รอจนผักออกรากจึงนำต้นกล้ามาปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์ โดยให้รากแช่อยู่ในน้ำ มีการเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อผักบุ้งมีอายุ 20 วัน แล้วทำการปลูกผักใหม่ต่อเนื่องจนสิ้นสุดการทดลอง

การเตรียมน้ำหมักชีวภาพ

นำเปลือกมังคุดที่หาได้ในท้องถิ่น 3 ส่วน ต่อ กากน้ำตาล 1 ส่วน (อภิชาติ, 2553)

การเตรียมเปลือกมังคุดผสมในอาหารปลา

นำเปลือกมังคุดสด มาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ และนำไปตากแดดให้แห้ง จากนั้นนำเปลือกมังคุดมาปั่นให้ละเอียด

การให้อาหารปลาดุกลูกผสม

ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป ที่เหมาะสมกับอายุของปลา และให้เกินพอดี โดยให้อาหารวันละ 2 มื้อ เวลา 8.00 น และ 18.00 น เป็นเวลา 123 วัน

การเติมฟอสฟอรัสในน้ำเลี้ยงปลา

ในชุดที่เลี้ยงปลาดุกด้วยระบบน้ำหมุนเวียน จะมีการเติมปุ๋ยซุปเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) ปริมาณ 0.8 กรัม ต่อ น้ำ 1 ตัน ต่อ 7 วัน จนสิ้นสุดการทดลอง

การเติมน้ำหมักชีวภาพ

ใส่น้ำหมักชีวภาพ ในอัตรา 1 ลิตรต่อน้ำเลี้ยงปลา 1 ตัน (อภิชาต, 2553) ใส่น้ำหมักชีวภาพ ทุก ๆ 7 วัน จนสิ้นสุดการทดลอง

การเก็บข้อมูล

เก็บข้อมูลปลาดุกลูกผสม

เมื่อสิ้นสุดการทดลองจะทำการนับจำนวนปลาทดลองที่เหลือรอดพร้อมกับชั่งน้ำหนักรวมของปลาทดลองทั้งหมดในแต่ละบ่อแล้วสุ่มปลาทดลองมาอีก 10 ตัว เพื่อชั่งน้ำหนักและวัดความยาวของปลาทดลองแต่ละตัวอีกครั้งหนึ่ง เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหา

- อัตราการเจริญเติบโต (กรัมต่อวัน)

$$= \frac{\text{(น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย (กรัม) – น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น (กรัม)}}{\text{ระยะเวลาของการทดลองเลี้ยง (วัน)}}$$

- อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{\text{จำนวนปลาที่เหลือรอด (ตัว)}}{\text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มทดลอง (ตัว)}} \times 100$$

- อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion ratio : FCR)

$$= \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ปลากิน (กิโลกรัม)}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (กิโลกรัม)}}$$

- ผลผลิตปลาสุทธิ (กิโลกรัม)

= ผลผลิตปลาทั้งหมด (กิโลกรัม) – ผลผลิตปลาเริ่มต้น (กิโลกรัม)

<u>เก็บข้อมูลต้นทุนค่าอาหาร</u>

- ต้นทุนค่าอาหารทั้งหมด (บาท)

= ปริมาณอาหารที่ใช้ (กิโลกรัม) x ราคาอาหาร (บาทต่อกิโลกรัม)

- ต้นทุนค่าอาหารต่อหน่วยผลผลิต (บาทต่อกิโลกรัม)

$$= \frac{\text{ต้นทุนค่าอาหารทั้งหมด (บาท)}}{\text{ปริมาณผลผลิต (กิโลกรัม)}}$$

<u>เก็บข้อมูลสุขภาพของปลาดุกลูกผสม</u>

ทำการเก็บตัวอย่างเลือดปลาดุกลูกผสม เมื่อสิ้นสุดการทดลอง โดยน้ำเลือดมาตรวจหาค่าปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ปริมาณฮีโมโกลบิน และปริมาณน้ำตาลในเลือด

<u>เก็บข้อมูลผักบุ้ง</u>

เก็บเกี่ยวผลผลิตผักบุ้งจีนอายุ 20 วัน โดยนำผักมาชั่งน้ำหนัก บันทึกผล และเริ่มทำการปลูกผักใหม่จนกว่าจะสิ้นสุดการทดลองต่อเนื่องไปโดยตลอด

<u>คุณภาพน้ำ</u>

ทำการวิเคราะห์ค่าต่างๆ ดังนี้ T, DO, pH ทุก ๆ 7 วัน ในเวลา 8.00 น. และ 16.00 น.

ค่า Total Ammonia, Nitrite, Alkalinity ค่าฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ ทุกๆ 7 วัน จนสิ้นสุดการทดลอง ตามวิธีวิเคราะห์ของ APHA (1995)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติความแตกต่างของข้อมูลจากการทดลองในแต่ละชุดการทดลอง โดยนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองโดยวิธี Duncan 's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการวิจัย

1. น้ำหนักตัวเฉลี่ยสุดท้าย ความยาวตัวเฉลี่ยสุดท้าย อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ผลผลิตสุทธิ ปริมาณอาหารทั้งหมด ต้นทุนค่าอาหารทั้งหมด และต้นทุนค่าอาหารต่อหน่อยผลผลิตของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน

ผลของการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน ภายในเวลา 123 วัน ต่อน้ำหนักตัวเฉลี่ยสุดท้าย อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ผลผลิตสุทธิ ปริมาณอาหารทั้งหมด ต้นทุนค่าอาหารทั้งหมด และต้นทุนค่าอาหารต่อหน่อยผลผลิต ได้สรุปไว้ในตารางที่1

ตารางที่1 น้ำหนักตัวเฉลี่ยสุดท้าย ความยาวตัวเฉลี่ยสุดท้าย อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ผลผลิตสุทธิ ปริมาณอาหารทั้งหมด ต้นทุนค่าอาหารทั้งหมดและต้นทุนค่าอาหารต่อหน่อยผลผลิตของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

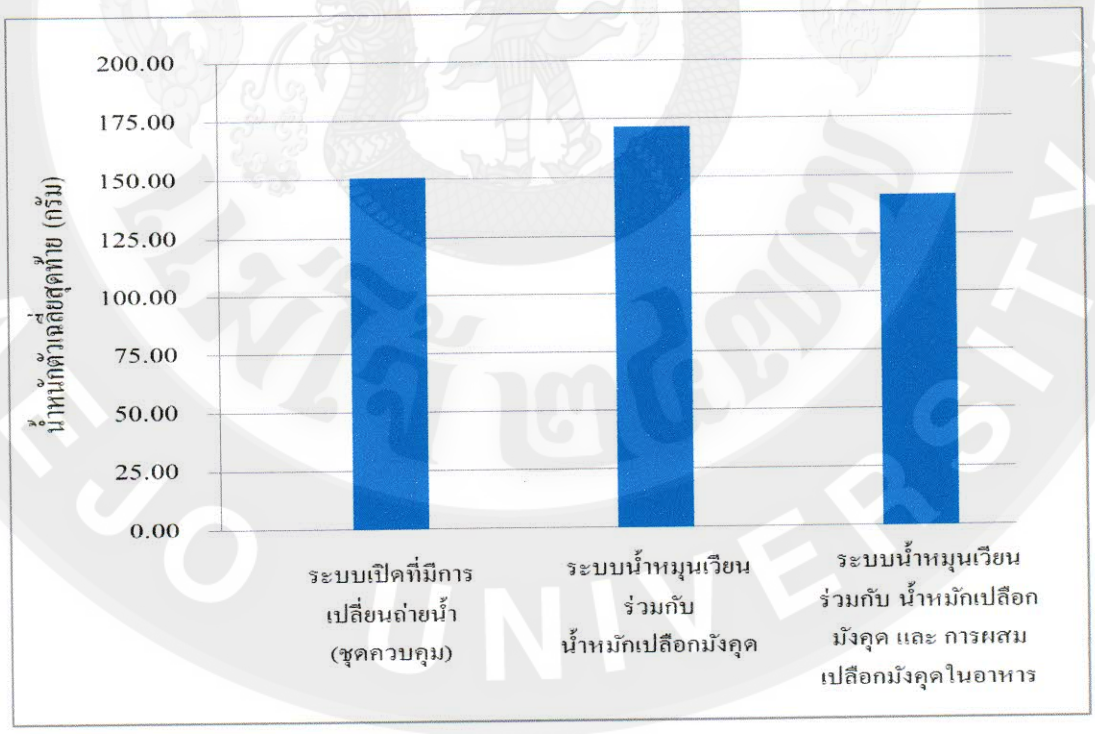
ปัจจัย	ระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม)	ระบบน้ำหมุนเวียน ร่วมกับ น้ำหมักเปลือกมังคุด	ระบบน้ำหมุนเวียน ร่วมกับ น้ำหมักเปลือกมังคุด และ การผสมเปลือกมังคุด
น้ำหนักตัวเฉลี่ยสุดท้าย (กรัม)	150.47±30.88[a]	171.67±20.55[a]	141.50±12.13[a]
ความยาวตัวเฉลี่ยสุดท้าย (เซนติเมตร)	25.07±1.63[a]	27.60±0.85[a]	25.36±1.03[a]
อัตราการเจริญเติบโต (กรัมต่อวัน)	1.20±0.25[a]	1.37±0.17[a]	1.12±0.10[a]
อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	91.67±2.08[a]	82.00±10.44[a]	90.33±3.21[a]
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	1.20±0.11[a]	0.97±0.14[a]	1.26±0.22[a]
ผลผลิตสุทธิ (กิโลกรัมต่อบ่อ)	8.50±1.46[a]	10.67±2.65[a]	8.33±1.53[a]
ปริมาณอาหารทั้งหมด (กิโลกรัมต่อบ่อ)	10.70±2.70[a]	10.47±1.60[a]	10.67±0.55[a]
ต้นทุนค่าอาหารทั้งหมด (บาทต่อบ่อ)	267.50±67.64[a]	261.67±40.10[a]	266.67±13.77[a]
ต้นทุนค่าอาหารต่อหน่วยผลผลิต (บาทต่อกิโลกรัม)	31.15±2.69[a]	25.10±3.91[a]	32.69±5.86[a]
ผลผลิตผักบุ้งจีนทั้งหมด (กิโลกรัมต่อบ่อ)	-	4.48±1.37	3.90±0.89

หมายเหตุ อักษร a ที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงถึง ความไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ราคาอาหารปลาสำเร็จรูป 25 บาทต่อกิโลกรัม

น้ำหนักตัวเฉลี่ยสุดท้าย (กรัม)

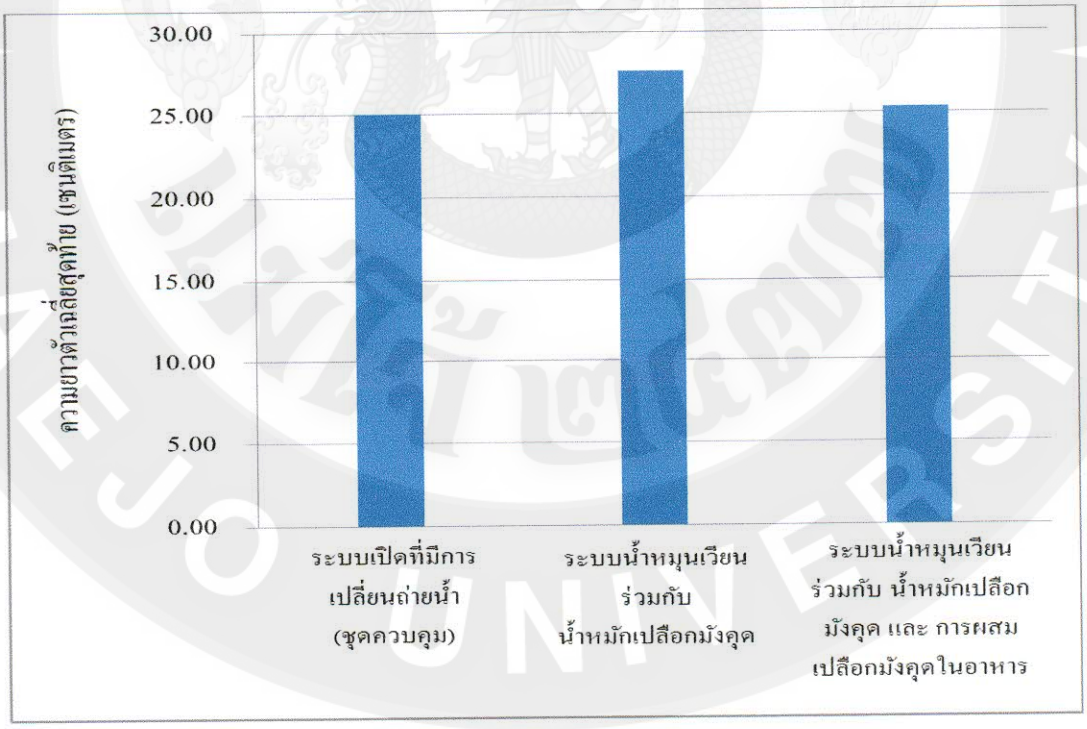
ผลของการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน 3 แบบ คือ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร เป็นเวลา 123 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร นั้นจะส่งผลให้ปลาดุกลูกผสมมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยสุดท้าย เท่ากับ 150.47±30.88 171.67±20.55 และ 141.50±12.13 กรัม ตามลำดับ และเมื่อคำนวณทางสถิติ พบว่า น้ำหนักตัวเฉลี่ยสุดท้ายของปลาดุกลูกผสม ในชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร ให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ส่วนน้ำหนักตัวเฉลี่ยสุดท้ายของปลาดุกลูกผสมได้แสดงไว้ในภาพที่1



ภาพที่1 น้ำหนักตัวเฉลี่ยสุดท้ายของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน นาน 123 วัน

ความยาวตัวเฉลี่ยสุดท้าย (เซนติเมตร)

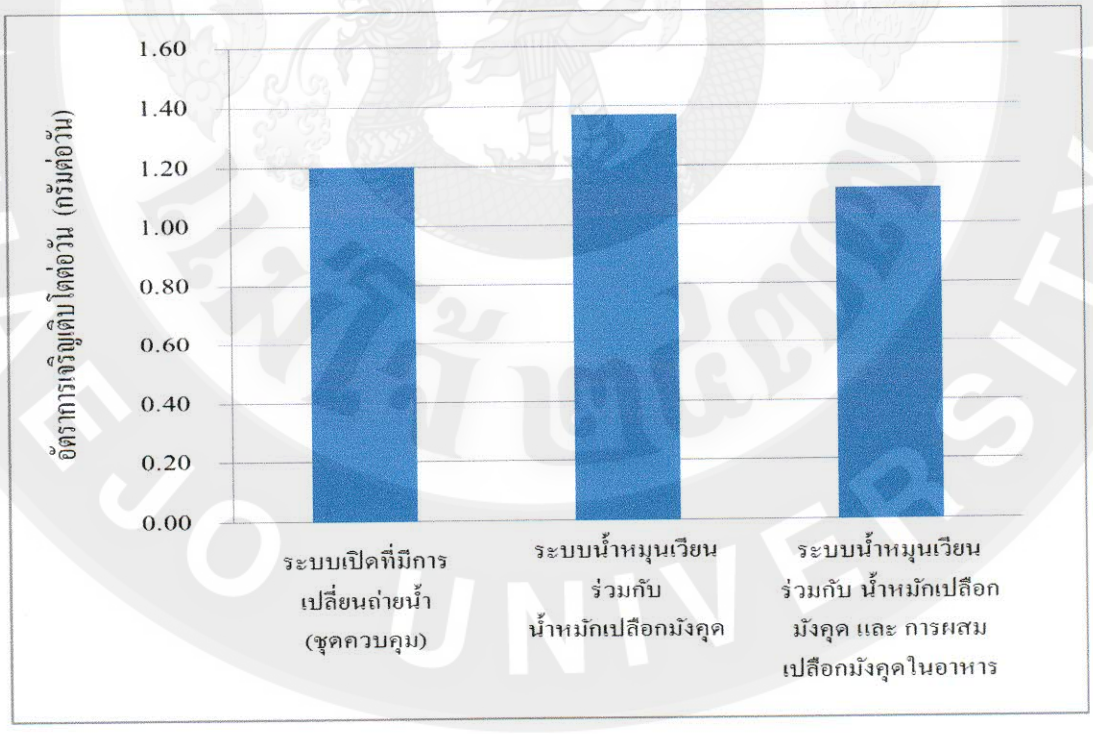
ผลของการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน 3 แบบ คือ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร เป็นเวลา 123 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร นั้นจะส่งผลให้ปลาดุกลูกผสมมีความยาวตัวเฉลี่ยสุดท้ายเท่ากับ 25.07±1.63 27.60±0.85 และ 25.36±1.03 เซนติเมตร ตามลำดับ และเมื่อคำนวณทางสถิติ พบว่า ความยาวตัวเฉลี่ยสุดท้ายของปลาดุกลูกผสม ในชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร ให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ส่วนความยาวตัวเฉลี่ยสุดท้ายปลาดุกลูกผสมได้แสดงไว้ในภาพที่2



ภาพที่2 ความยาวตัวเฉลี่ยสุดท้าย ของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน นาน 123 วัน

อัตราการเจริญเติบโต (กรัมต่อวัน)

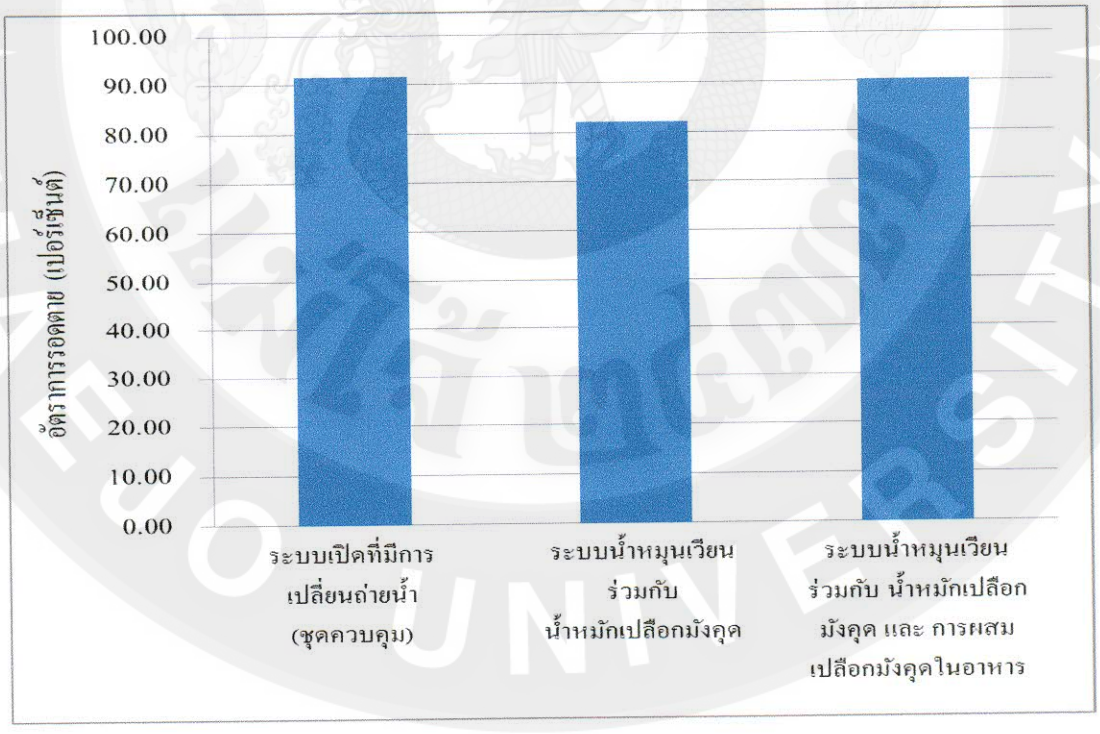
ผลของการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน 3 แบบ คือ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร เป็นเวลา 123 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร นั้นจะส่งผลให้ปลาดุกลูกผสมมีอัตราการเจริญเติบโต เท่ากับ 1.20±0.25 1.37±0.17 และ 1.12±0.10 กรัมต่อวัน ตามลำดับ และเมื่อคำนวณทางสถิติ พบว่า อัตราการเจริญเติบโตของปลาดุกลูกผสม ในชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร ให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ส่วนอัตราการเจริญเติบโตของปลาดุกลูกผสมได้แสดงไว้ในภาพที่3



ภาพที่3 อัตราการเจริญเติบโตของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน นาน 123 วัน

อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)

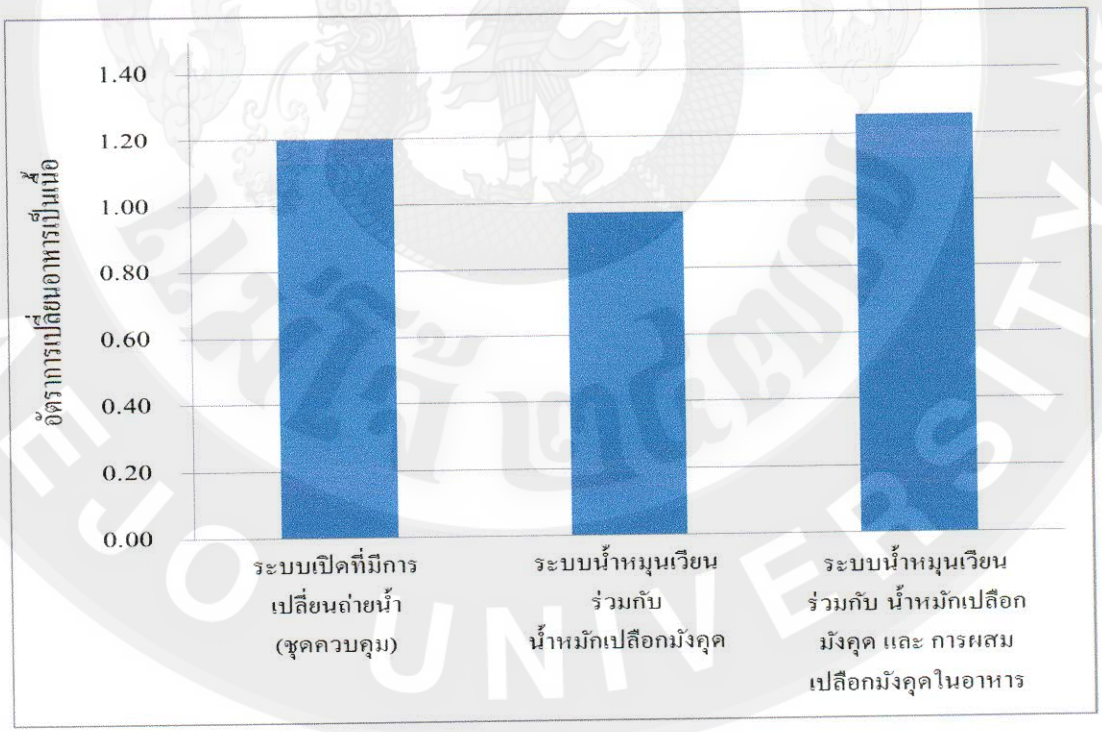
ผลของการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน 3 แบบ คือ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร เป็นเวลา 123 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร นั้นจะส่งผลให้ปลาดุกลูกผสมมีอัตราการรอดตาย เท่ากับ 91.67±2.08 82.00±10.44 และ 90.33±3.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อคำนวณทางสถิติ พบว่า อัตราการรอดตายของปลาดุกลูกผสม ในชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร ให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) กับชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ส่วนอัตราการรอดตายของปลาดุกลูกผสมได้แสดงไว้ในภาพที่4



ภาพที่4 อัตราการรอดตายของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน นาน 123 วัน

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

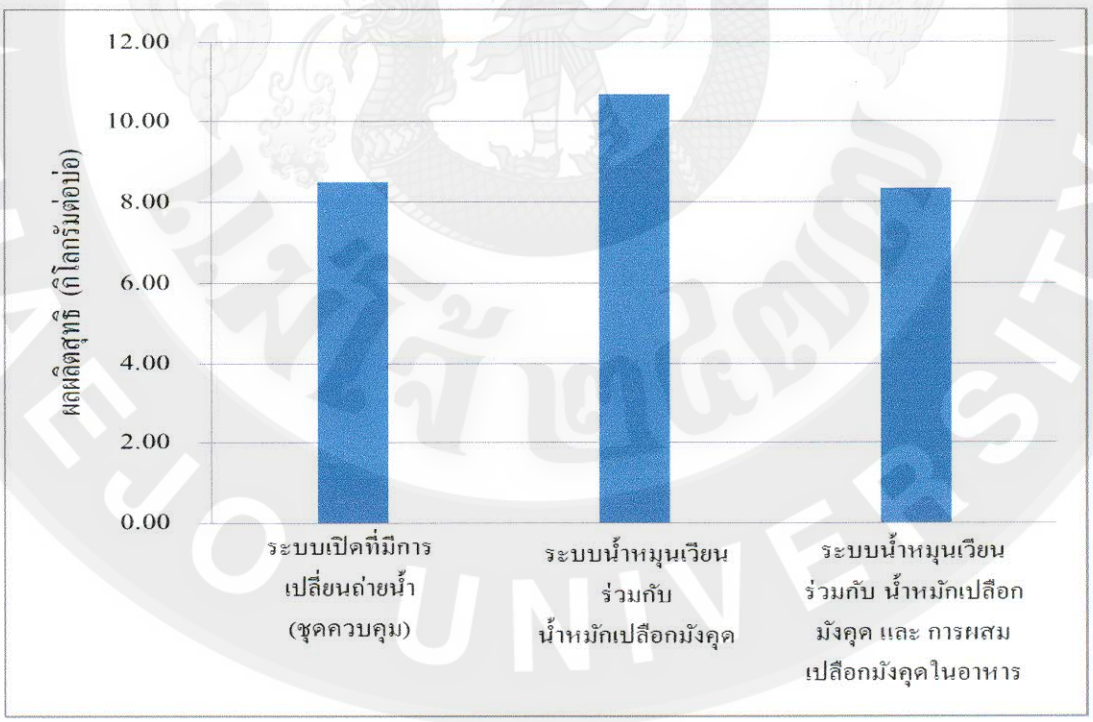
ผลของการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน 3 แบบ คือ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร เป็นเวลา 123 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร นั้นจะส่งผลให้ปลาดุกลูกผสมมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 1.20±0.11 0.97±0.14 และ 1.26±0.22 ตามลำดับ และเมื่อคำนวณทางสถิติ พบว่า อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาดุกลูกผสม ในชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร ให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาดุกลูกผสมได้แสดงไว้ในภาพที่5



ภาพที่5 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกันนาน 123 วัน

ผลผลิตสุทธิ (กิโลกรัมต่อบ่อ)

ผลของการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน 3 แบบ คือ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร เป็นเวลา 123 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร นั้นจะส่งผลให้ปลาดุกลูกผสมมีผลผลิตสุทธิ เท่ากับ 8.50±1.46 10.67±2.65 และ 8.33±1.53 กิโลกรัมต่อบ่อ ตามลำดับ และเมื่อคำนวณทางสถิติ พบว่า ผลผลิตสุทธิของปลาดุกลูกผสม ในชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร ให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ส่วนผลผลิตสุทธิของปลาดุกลูกผสมได้แสดงไว้ในภาพที่6

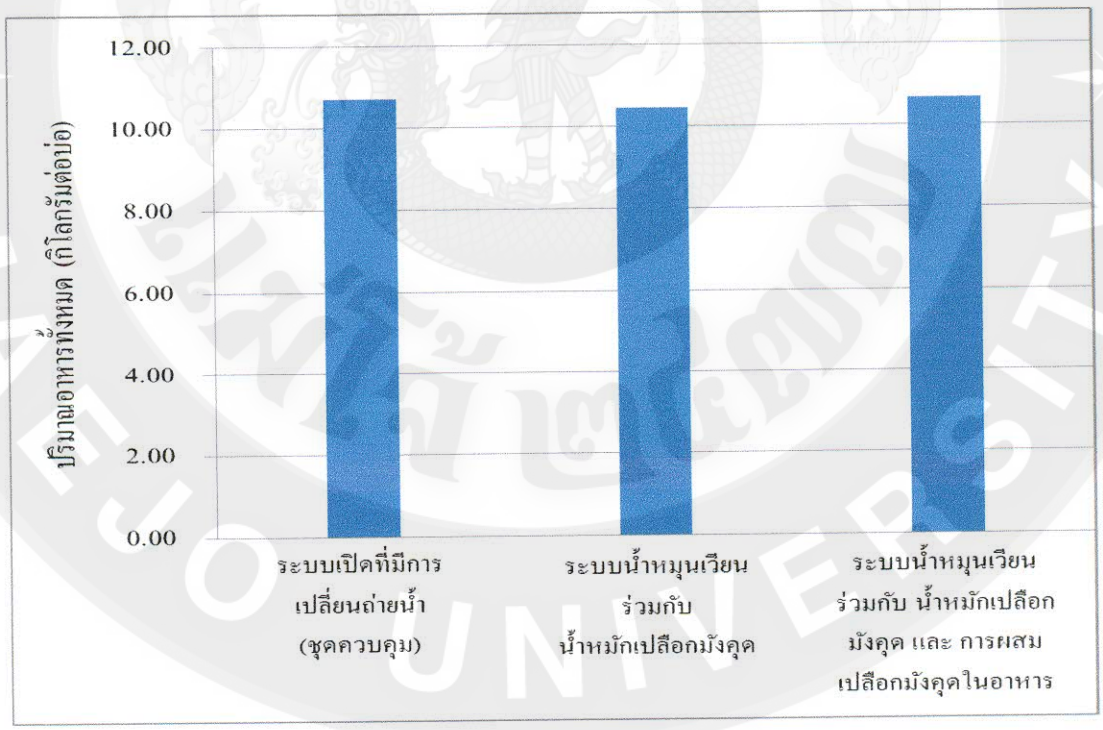


ภาพที่6 ผลผลิตสุทธิของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน นาน 123 วัน

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปริมาณอาหารทั้งหมด (กิโลกรัมต่อบ่อ)

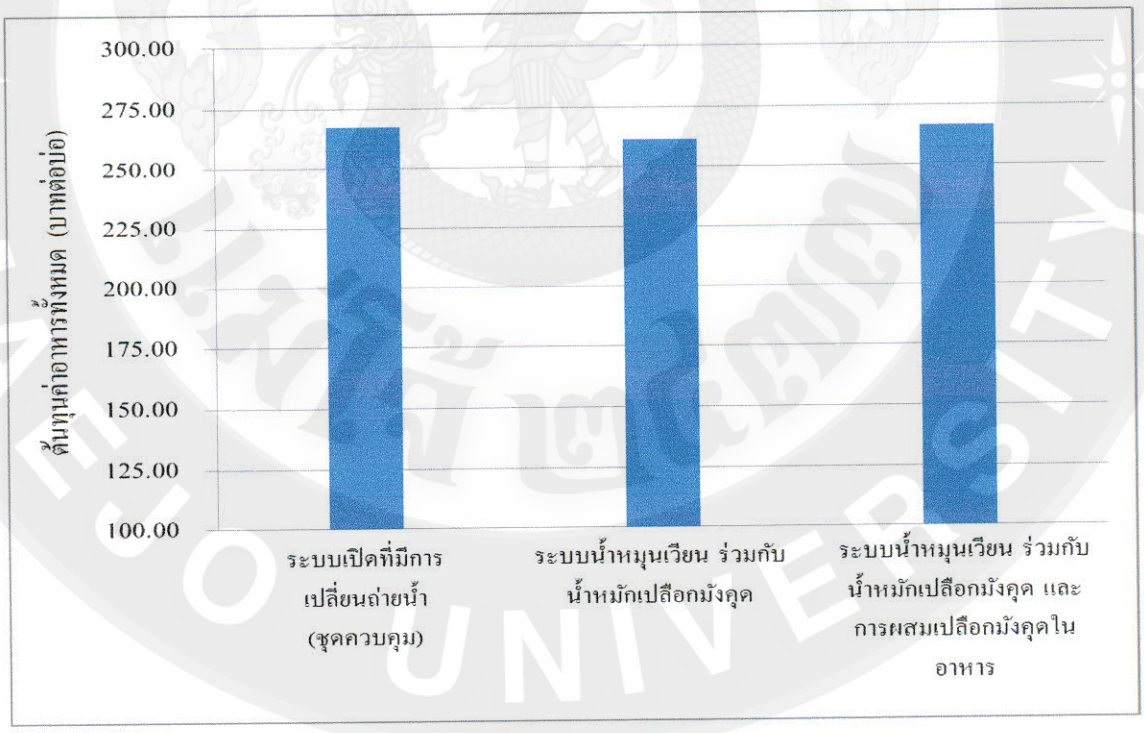
ผลของการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน 3 แบบ คือ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร เป็นเวลา 123 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร นั้นจะส่งผลให้ปลาดุกลูกผสมมีปริมาณอาหารทั้งหมด เท่ากับ 10.70±2.70 10.47±1.60 และ 10.67±0.55 กิโลกรัมต่อบ่อ ตามลำดับ และเมื่อคำนวณทางสถิติ พบว่า ปริมาณอาหารทั้งหมดของปลาดุกลูกผสม ในชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร ให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ส่วนปริมาณอาหารทั้งหมดได้แสดงไว้ในภาพที่7



ภาพที่7 ปริมาณอาหารทั้งหมดในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกันนาน 123 วัน

ต้นทุนค่าอาหารทั้งหมด (บาทต่อบ่อ)

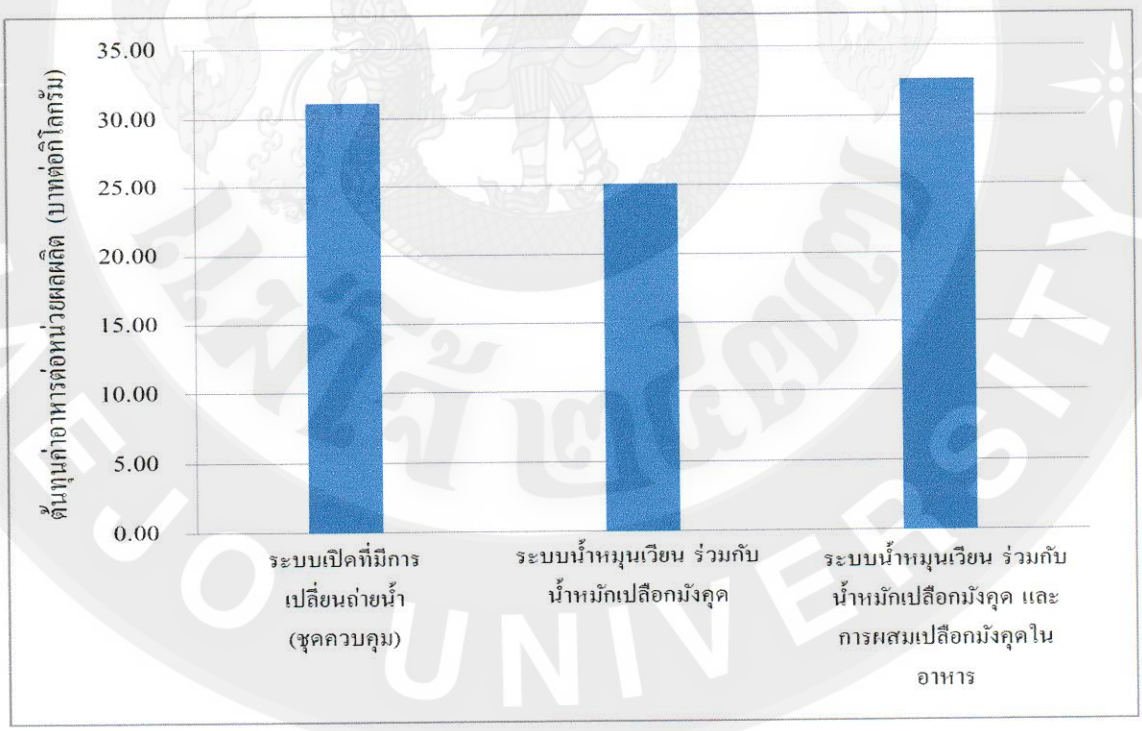
ผลของการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน 3 แบบ คือ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร เป็นเวลา 123 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร นั้นจะส่งผลให้ปลาดุกลูกผสมมีต้นทุนค่าอาหารทั้งหมด เท่ากับ 267.50±67.64 261.67±40.10 และ 266.67±13.77 บาทต่อบ่อ ตามลำดับ และเมื่อคำนวณทางสถิติ พบว่า ต้นทุนค่าอาหารทั้งหมดของปลาดุกลูกผสม ในชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร ให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ส่วนต้นทุนค่าอาหารทั้งหมดได้แสดงไว้ในภาพที่8



ภาพที่8 ต้นทุนค่าอาหารทั้งหมดในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกันนาน 123 วัน

ต้นทุนค่าอาหารต่อหน่วยผลผลิต (บาทต่อกิโลกรัม)

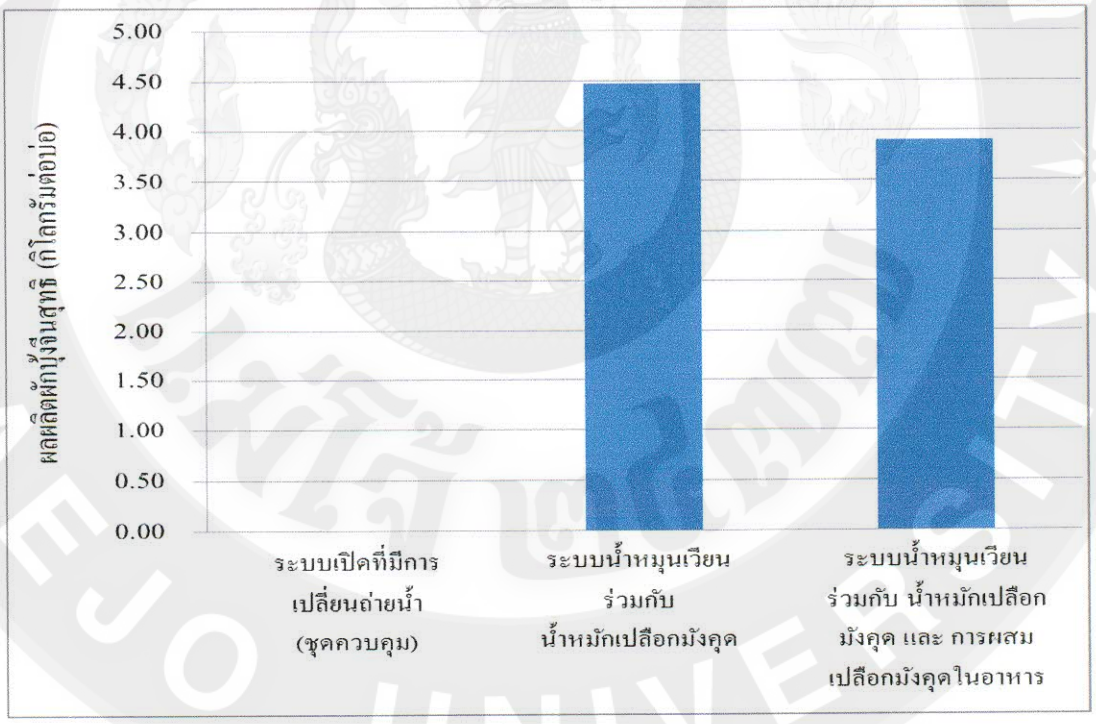
ผลของการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน 3 แบบ คือ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร เป็นเวลา 123 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร นั้นจะส่งผลให้ปลาดุกลูกผสมมีต้นทุนค่าอาหารต่อหน่วยผลผลิต เท่ากับ 31.15±2.69 25.10±3.91 และ 32.69±5.86 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และเมื่อคำนวณทางสถิติ พบว่า ต้นทุนค่าอาหารต่อหน่วยผลผลิตของปลาดุกลูกผสมในชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร ให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ส่วนต้นทุนค่าอาหารต่อหน่วยผลผลิตของปลาดุกลูกผสมได้แสดงไว้ในภาพที่9



ภาพที่9 ต้นทุนค่าอาหารต่อหน่วยผลผลิตในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน นาน 123 วัน

ผลผลิตผักบุ้งจีนทั้งหมด (กิโลกรัมต่อบ่อ)

ผลของการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน 3 แบบ คือ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร เป็นเวลา 123 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร นั้นจะส่งผลมีผลผลิตผักบุ้งจีนทั้งหมด เท่ากับ 4.48±1.37 และ 3.90±0.89 กิโลกรัมต่อบ่อ ตามลำดับ และเมื่อคำนวณทางสถิติ พบว่า จะมีเพียงผลผลิตผักบุ้งจีนทั้งหมดในชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร ให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ส่วนผลผลิตผักบุ้งจีนทั้งหมด ได้แสดงไว้ในภาพที่10



ภาพที่10 ผลผลิตผักบุ้งจีนทั้งหมด ในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน นาน 123 วัน

2. ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ปริมาณฮีโมโกลบิน และปริมาณน้ำตาลในเลือดของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน ภายในเวลา 123 วัน (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ผลของการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน ภายในเวลา 123 วัน ต่อปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ปริมาณฮีโมโกลบินและปริมาณน้ำตาลในเลือดได้สรุปไว้ในตารางที่2

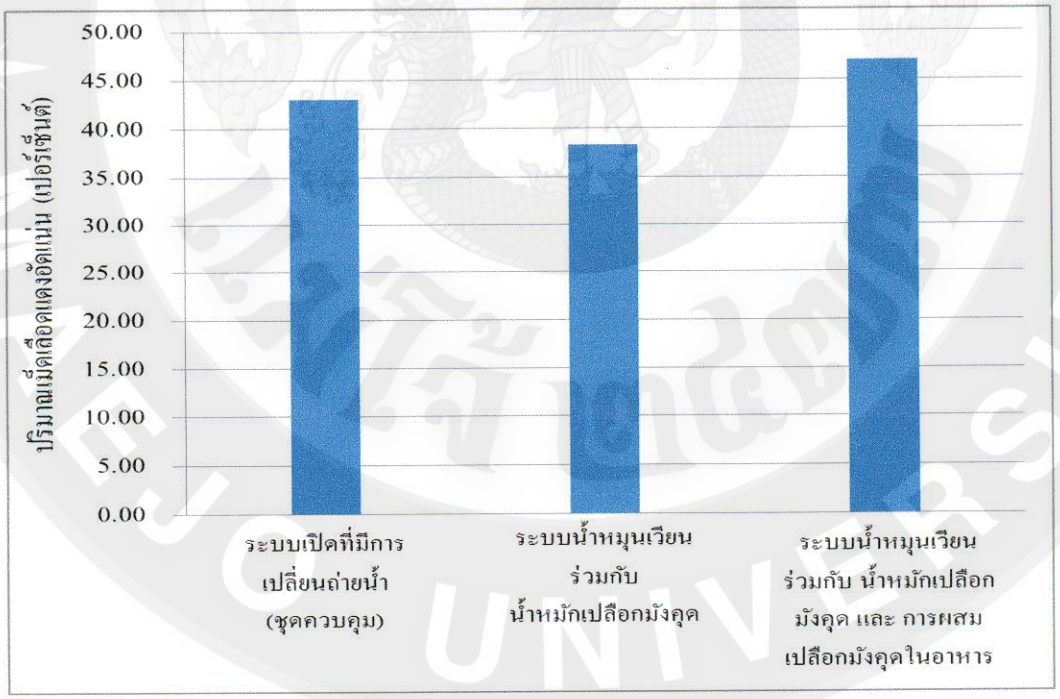
ตารางที่2 ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ปริมาณฮีโมโกลบิน และปริมาณน้ำตาลในเลือดของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียน โดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน ภายในเวลา 123 วัน (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ปัจจัย	ระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม)	ระบบน้ำหมุนเวียน ร่วมกับ น้ำหมักเปลือกมังคุด	ระบบน้ำหมุนเวียน ร่วมกับ น้ำหมักเปลือกมังคุด และ การผสมเปลือกมังคุดในอาหาร
ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (เปอร์เซ็นต์)	43.00±5.57 [a]	38.33±7.77 [a]	47.00±2.65 [a]
ปริมาณฮีโมโกลบิน (มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร)	11.93±2.92 [a]	9.67±0.99 [a]	11.53±1.62 [a]
ปริมาณน้ำตาลในเลือด (มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร)	96.00±49.69 [a]	116.00±81.30 [a]	74.00±21.00 [a]

หมายเหตุ อักษร a ที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงถึงความไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (เปอร์เซ็นต์)

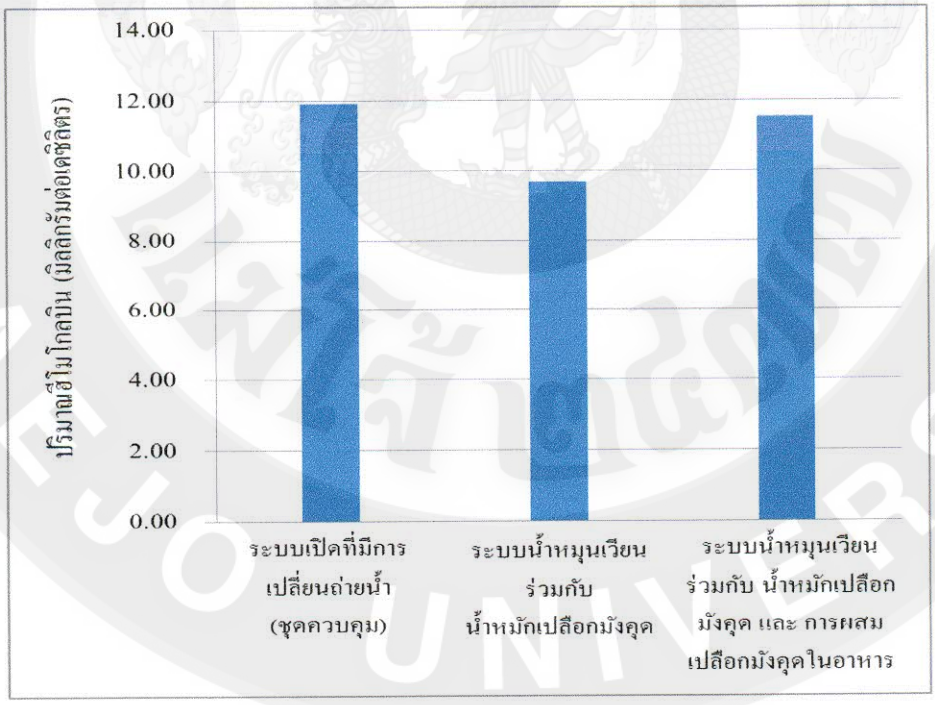
ผลของการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน 3 แบบ คือ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร เป็นเวลา 123 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร นั้นจะส่งผลให้ปลาดุกลูกผสม มีปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น เท่ากับ 43.00±5.57 38.33±7.77 และ 47.00±2.65 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อคำนวณทางสถิติ พบว่า ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่นของปลาดุกลูกผสมในชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร ให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ส่วนปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่นของปลาดุกลูกผสมได้แสดงไว้ในภาพที่11



ภาพที่11 ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่นของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน นาน 123 วัน

ปริมาณฮีโมโกลบิน (มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร)

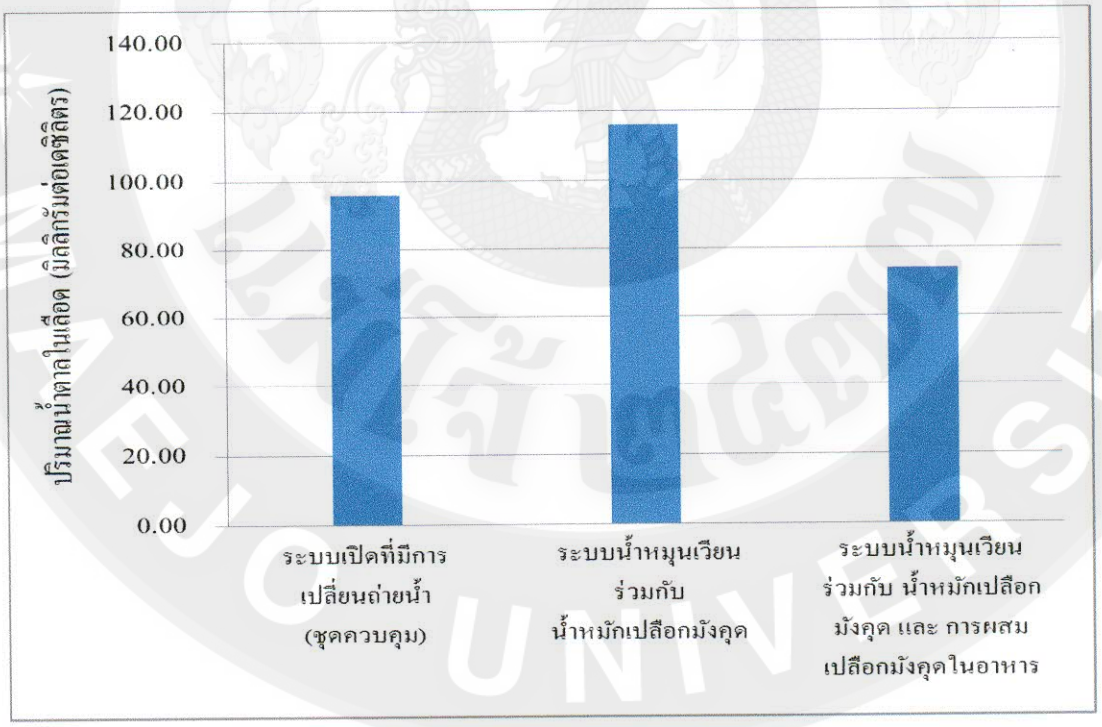
ผลของการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน 3 แบบ คือ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร เป็นเวลา 123 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร นั้นจะส่งผลให้ปลาดุกลูกผสมมีปริมาณฮีโมโกลบิน เท่ากับ 11.93±2.92 9.67±0.99 และ 11.53±1.62 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ และเมื่อคำนวณทางสถิติ พบว่า ปริมาณฮีโมโกลบินของปลาดุกลูกผสมในชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหารให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ส่วนปริมาณฮีโมโกลบินของปลาดุกลูกผสมแสดงไว้ในภาพที่12



ภาพที่12 ปริมาณฮีโมโกลบินของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกันนาน 123 วัน

ปริมาณน้ำตาลในเลือด (มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร)

ผลของการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน 3 แบบ คือ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร เป็นเวลา 123 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร นั้นจะส่งผลให้ปลาดุกลูกผสมมีปริมาณน้ำตาลในเลือดเท่ากับ 96.00±49.69 116.00±81.30 และ 74.00±21.00 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ และเมื่อคำนวณทางสถิติ พบว่า ปริมาณน้ำตาลในเลือดของปลาดุกลูกผสม ในชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร ให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ส่วนปริมาณน้ำตาลในเลือดของปลาดุกลูกผสมได้แสดงไว้ในภาพที่13



ภาพที่13 ปริมาณน้ำตาลในเลือด ของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน นาน 123 วัน

4. คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำภายในบ่อปลาดุกลูกผสมและบ่อผักบุ้งที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน ภายในเวลา 123 วัน

ผลของการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน ภายในเวลา 123 วัน ต่อ คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำภายในบ่อปลาดุกลูกผสมและบ่อผักบุ้ง ได้สรุปไว้ในตารางที่3

ตารางที่3 ค่าเฉลี่ยคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำภายในบ่อปลาดุกลูกผสมและบ่อผักบุ้งที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน ภายในเวลา 123 วัน (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ปัจจัย	ระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม)	ระบบน้ำหมุนเวียน ร่วมกับ น้ำหมักเปลือกมังคุด		ระบบน้ำหมุนเวียน ร่วมกับ น้ำหมักเปลือกมังคุด และ การผสมเปลือกมังคุดในอาหาร	
	บ่อปลาดุกลูกผสม	บ่อปลาดุกลูกผสม	บ่อผักบุ้ง	บ่อปลาดุกลูกผสม	บ่อผักบุ้ง
ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)					
ตอนเช้า	4.37±0.39[a]	4.77±0.72[a]	5.16±0.61[a]	4.32±1.13[a]	5.20±0.12[a]
ตอนเย็น	3.18±0.27[a]	3.72±0.61[a]	3.92±0.27[a]	3.71±0.95[a]	4.35±0.25[a]
ความเป็นกรดเป็นด่าง					
ตอนเช้า	7.44±0.07[a]	7.91±0.04[b]	7.89±0.03[b]	7.94±0.08[b]	7.93±0.02[b]
ตอนเย็น	6.81 ±0.24[a]	6.93±0.07[a]	6.94±0.02[a]	7.01±0.09[a]	7.03±0.03[a]

หมายเหตุ a และ b = อักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ตารางที่3 ค่าเฉลี่ยคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำภายในบ่อปลาดุกลูกผสมและบ่อผักบุ้งที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียน โดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน ภายในเวลา 123 วัน (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) (ต่อ)

ปัจจัย	ระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) (บ่อปลาฯ)	ระบบน้ำหมุนเวียน ร่วมกับ น้ำหมักเปลือกมังคุด		ระบบน้ำหมุนเวียน ร่วมกับ น้ำหมักเปลือกมังคุด และ การผสมเปลือกมังคุดในอาหาร	
	บ่อปลาดุกลูกผสม	บ่อปลาดุกลูกผสม	บ่อผักบุ้ง	บ่อปลาดุกลูกผสม	บ่อผักบุ้ง
อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)					
ตอนเช้า	25.17±0.19[a]	27.04±0.34[c]	26.86±0.30[c]	26.08±0.76[b]	25.55±0.23[ab]
ตอนเย็น	25.01±0.73[a]	25.47±0.49[a]	25.46±0.61[a]	25.58±0.50[a]	25.55±0.59[a]
ปริมาณความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตรของ $CaCO_3$)	101.11±7.86[a]	115.89±12.95[a]	108.93±3.90[a]	115.28±15.32[a]	108.14±2.49[a]
แอมโมเนียรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.91±0.31[a]	1.65±1.17[a]	0.76±0.12[a]	1.37±0.75[a]	0.67±0.12[a]
ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	3.15±0.24[a]	2.60±0.25[a]	2.46±0.38[a]	2.46±0.41[a]	2.29±0.40[a]
ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.97±0.05[a]	1.33±0.06[b]	1.45±0.07[c]	1.45±0.06[c]	1.51±0.02[c]

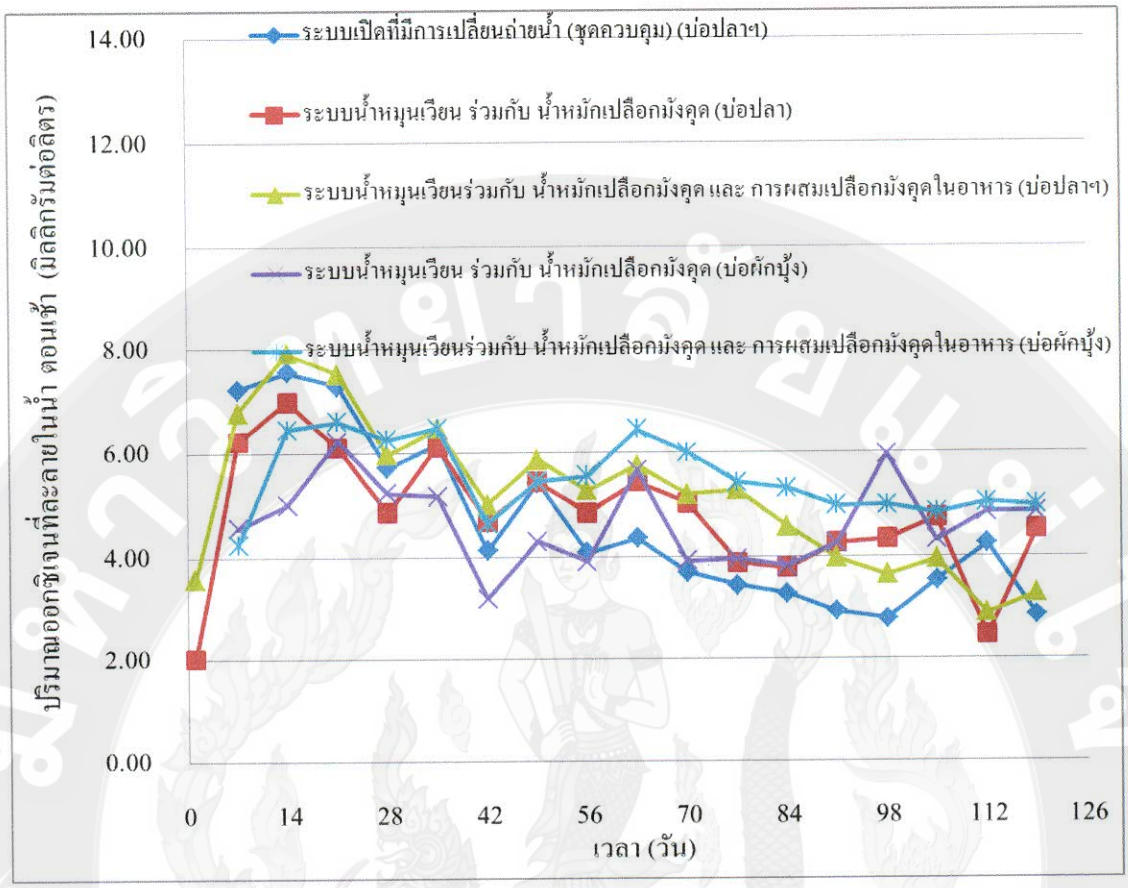
หมายเหตุ a และ b = อักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ตอนเช้า (มิลลิกรัมต่อลิตร)

ผลของการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน 3 แบบ คือ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร เป็นเวลา 123 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร นั้นจะส่งผลให้ภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมมีค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ตอนเช้า เท่ากับ 4.37±0.39 4.77±0.72 และ 4.32±1.13 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ส่วนค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ตอนเช้า ภายในบ่อผักบุ้ง ของชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร เท่ากับ 5.16±0.61 และ 5.20±0.12 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

เมื่อคำนวณทางสถิติ พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ตอนเช้า ทั้งภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมและภายในบ่อผักบุ้งของทั้งชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร ให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ตอนเช้า ตลอดระยะเวลาในการเลี้ยง ได้แสดงไว้ในภาพที่14



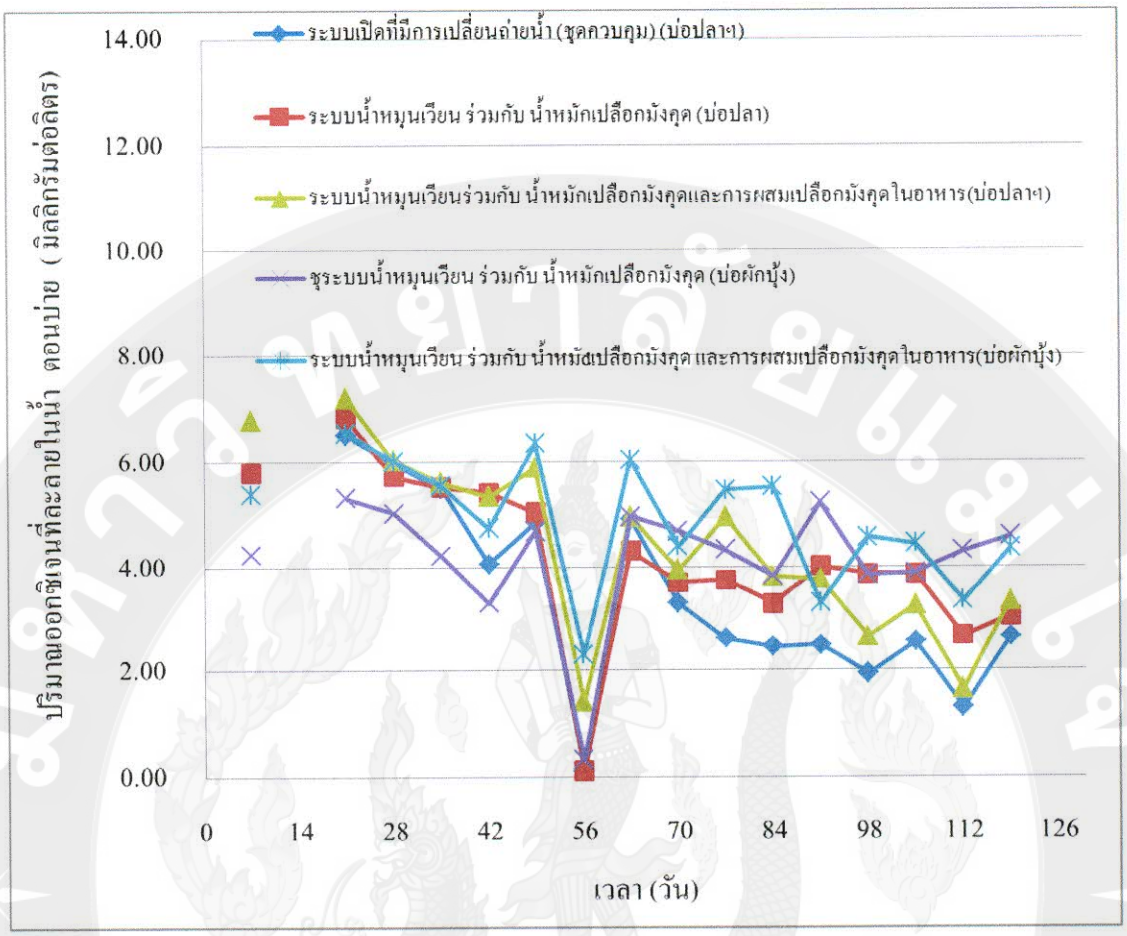
ภาพที่14 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ตอนเช้า ของน้ำภายในบ่อปลาดุกลูกผสมและบ่อผักบุ้งที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน ภายในเวลา 123 วัน

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ตอนเย็น (มิลลิกรัมต่อลิตร)

ผลของการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน 3 แบบ คือ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร เป็นเวลา 123 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร นั้นจะส่งผลให้ภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมมีค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ตอนเย็น เท่ากับ 3.18±0.27 3.72±0.61 และ 3.71±0.95 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ส่วนค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ตอนเย็น ภายในบ่อผักบุ้ง ของชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร เท่ากับ 3.92±0.27 และ 4.35±0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

เมื่อคำนวณทางสถิติ พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ตอนเย็น ทั้งภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมและภายในบ่อผักบุ้งของทั้งชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร ให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ตอนเย็น ตลอดระยะเวลาในการเลี้ยง ได้แสดงไว้ในภาพที่15



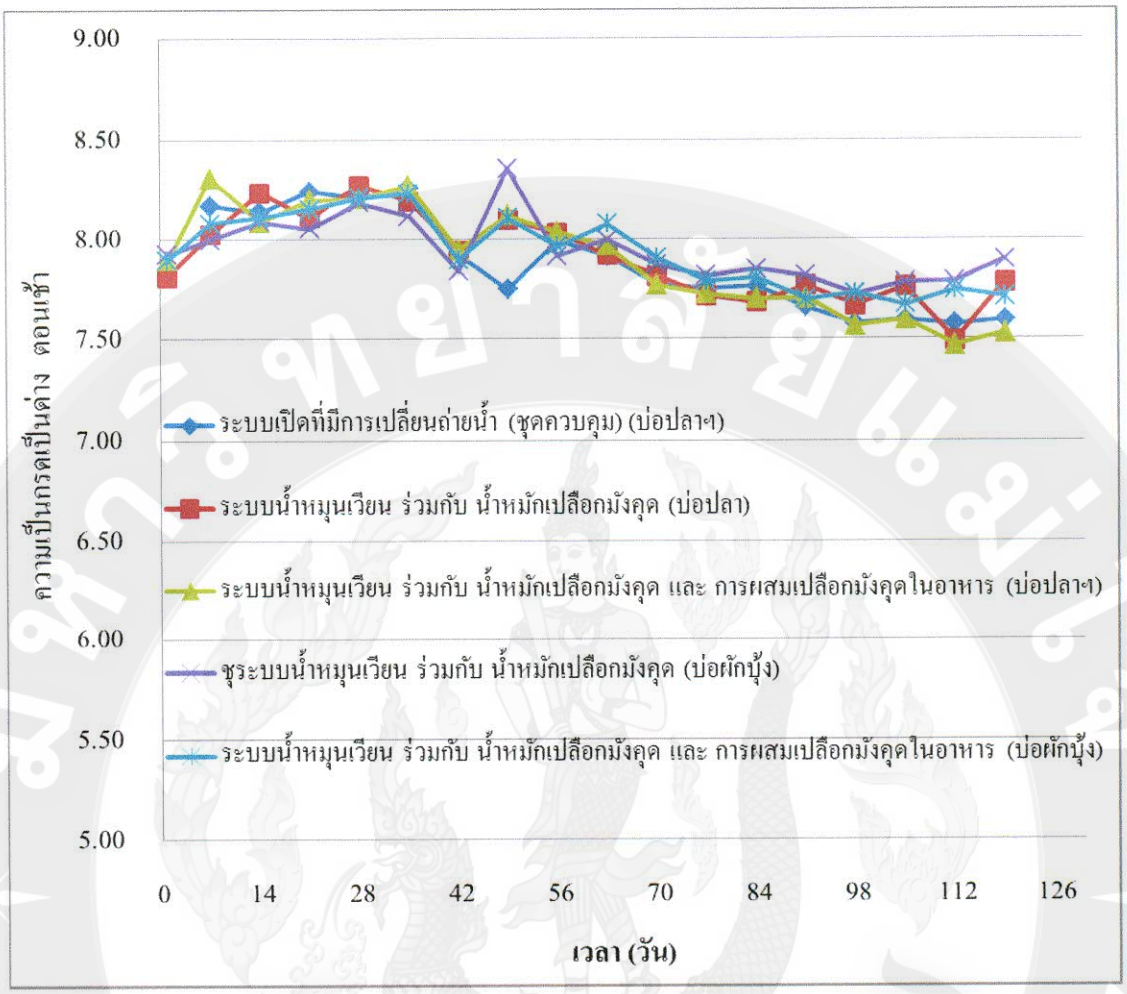
ภาพที่15 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ตอนเย็น ของน้ำภายในบ่อปลาดุกลูกผสมและบ่อผักบุ้งที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน ภายในเวลา 123 วัน

ความเป็นกรดเป็นด่าง ตอนเช้า

ผลของการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน 3 แบบ คือ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร เป็นเวลา 123 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร นั้นจะส่งผลให้ภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมมีค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเป็นกรดเป็นด่าง ตอนเช้าเท่ากับ 7.44±0.07 7.91±0.04 และ 7.94±0.08 ตามลำดับ

ส่วนค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเป็นกรดเป็นด่าง ตอนเช้า ภายในบ่อผักบุ้งของชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร เท่ากับ 7.89±0.03 และ 7.93±0.02 ตามลำดับ

เมื่อคำนวณทางสถิติ พบว่า ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเป็นด่าง ตอนเช้า ทั้งภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมและภายในบ่อผักบุ้งของทั้งชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร ให้ผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเป็นด่าง ตอนเช้า ตลอดระยะเวลาในการเลี้ยง ได้แสดงไว้ในภาพที่16



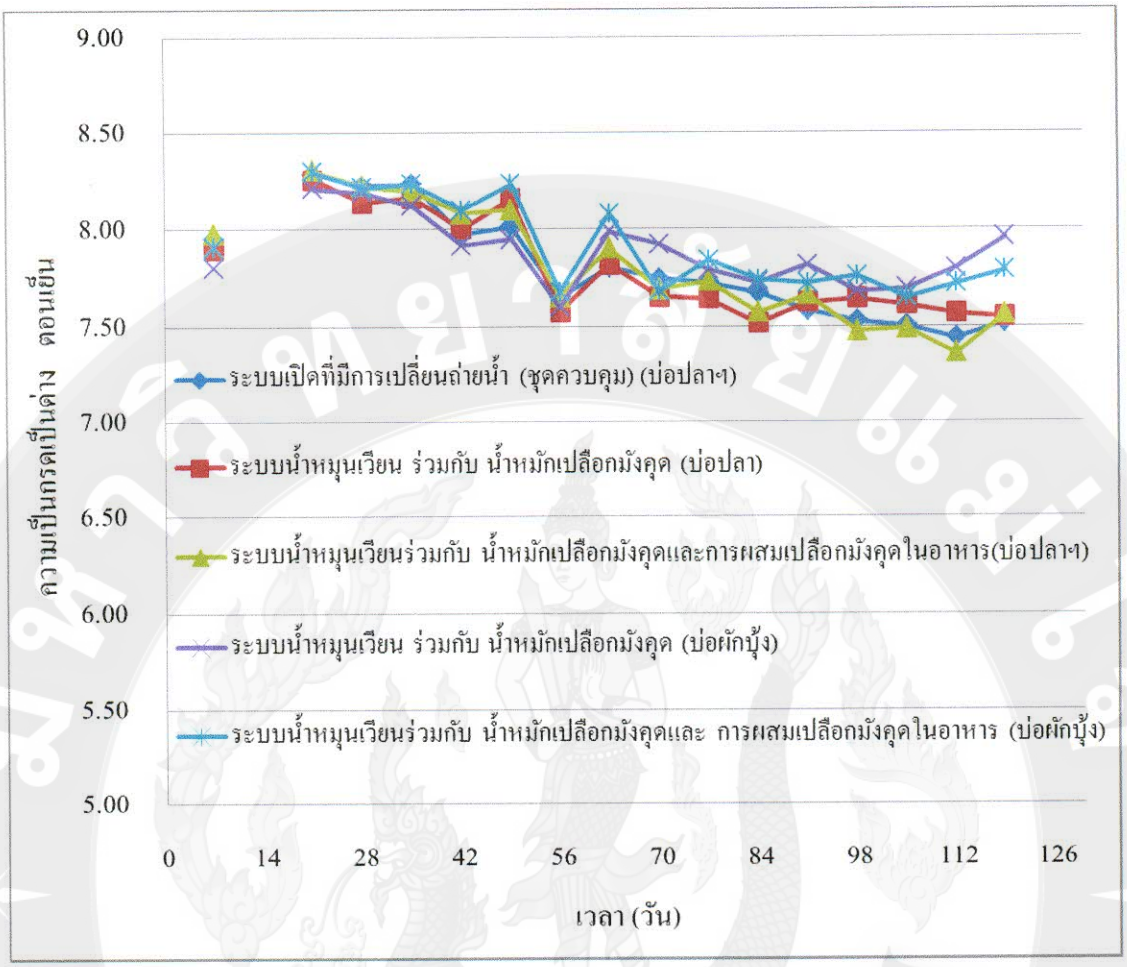
ภาพที่16 ความเป็นกรดเป็นด่าง ตอนเช้า ของน้ำภายในบ่อปลาดุกลูกผสมและบ่อผักบุ้งที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน ภายในเวลา 123 วัน

ความเป็นกรดเป็นด่าง ตอนเย็น

ผลของการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน 3 แบบ คือ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร เป็นเวลา 123 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร นั้นจะส่งผลให้ภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมมีค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความเป็นกรดเป็นด่าง ตอนเย็น เท่ากับ 6.81 ±0.24 6.93±0.07 และ 7.01±0.09 ตามลำดับ

ส่วนค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเป็นกรดเป็นด่าง ตอนเย็น ภายในบ่อผักบุ้งของ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร เท่ากับ 6.94±0.02 และ 7.03±0.03 ตามลำดับ

เมื่อคำนวณทางสถิติ พบว่า ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเป็นด่าง ตอนเย็น ทั้งภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมและภายในบ่อผักบุ้งของทั้งชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร ให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเป็นด่าง ตอนเย็น ตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงได้แสดงไว้ในภาพที่17



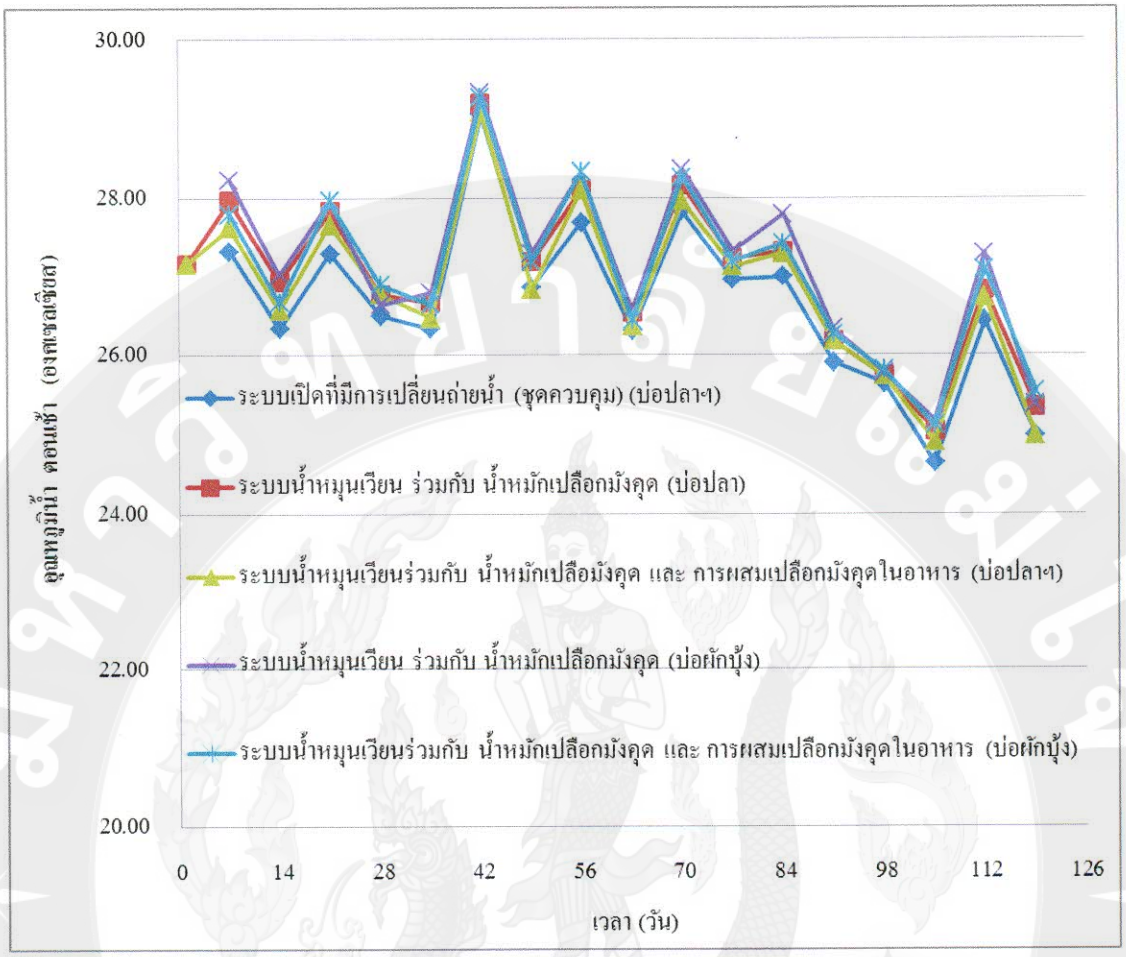
ภาพที่17 ความเป็นกรดเป็นด่าง ตอนเย็น ของน้ำภายในบ่อปลาดุกลูกผสมและบ่อผักบุ้งที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน ภายในเวลา 123 วัน

อุณหภูมิน้ำ ตอนเช้า (องศาเซลเซียส)

ผลของการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน 3 แบบ คือ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร เป็นเวลา 123 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร นั้นจะส่งผลให้ภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมมีค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุณหภูมิน้ำ ตอนเช้า เท่ากับ 25.17±0.19 27.04±0.34 และ 26.08±0.76 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

ส่วนค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุณหภูมิน้ำ ตอนเช้า ภายในบ่อผักบุ้งของชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร เท่ากับ 26.86±0.30 และ 25.55±0.23 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

เมื่อคำนวณทางสถิติ พบว่า จะมีเพียงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิน้ำ ตอนเช้า ภายในบ่อผักบุ้งของชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร ที่ให้ผลไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ส่วนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำ ตอนเช้า ตลอดระยะเวลาในการเลี้ยง ได้แสดงไว้ในภาพที่18



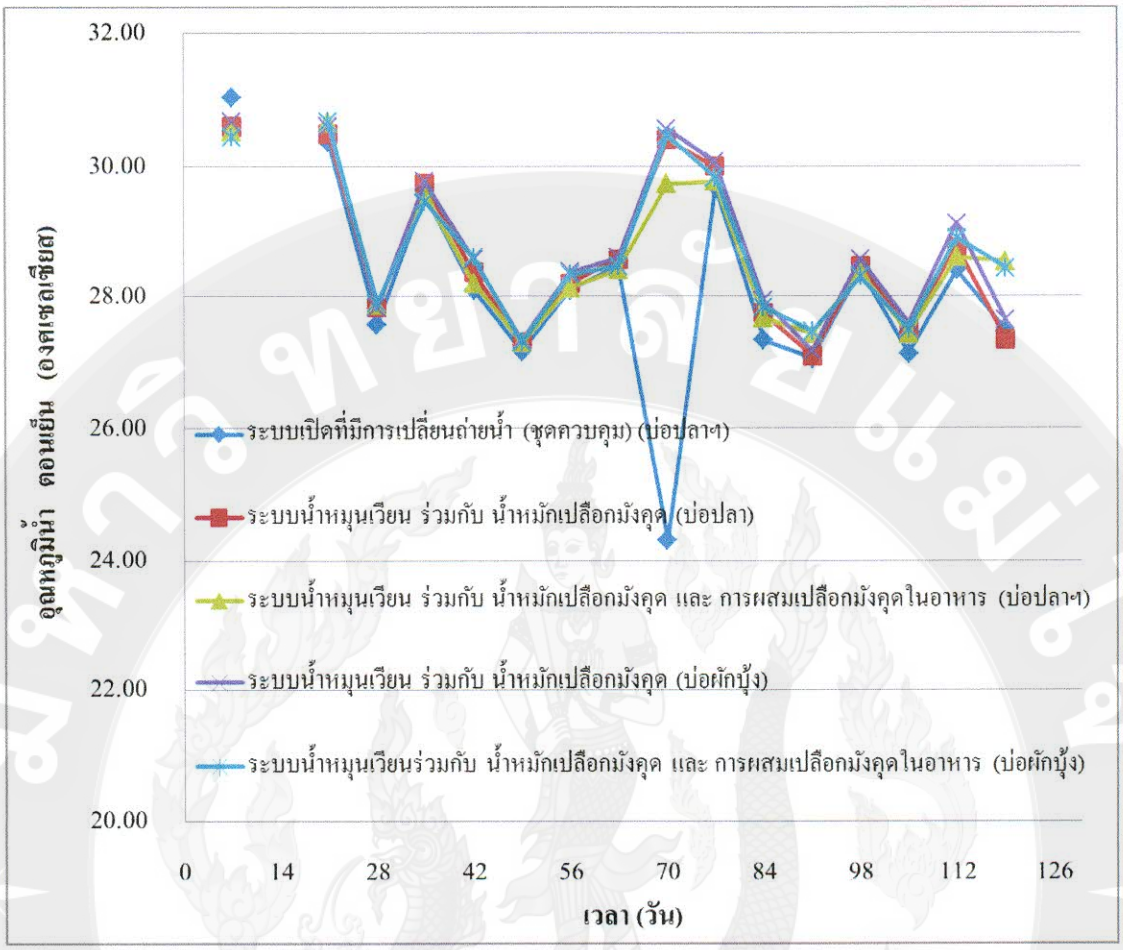
ภาพที่18 อุณหภูมิน้ำ ตอนเช้า ของน้ำภายในบ่อปลาดุกลูกผสมและบ่อผักบุ้งที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน ภายในเวลา 123 วัน

อุณหภูมิน้ำ ตอนเย็น (องศาเซลเซียส)

ผลของการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน 3 แบบ คือ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร เป็นเวลา 123 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร นั้นจะส่งผลให้ภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมมีค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุณหภูมิน้ำ ตอนเย็น เท่ากับ 25.01±0.73 25.47±0.49 และ 25.58±0.50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

ส่วนค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุณหภูมิน้ำ ตอนเย็น ภายในบ่อผักบุ้งของชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร เท่ากับ 25.46±0.61 และ 25.55±0.59 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

เมื่อคำนวณทางสถิติ พบว่า ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิน้ำ ตอนเย็น ทั้งภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมและภายในบ่อผักบุ้งของทั้งชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร ให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ส่วนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำ ตอนเย็น ตลอดระยะเวลาในการเลี้ยง ได้แสดงไว้ในภาพที่19



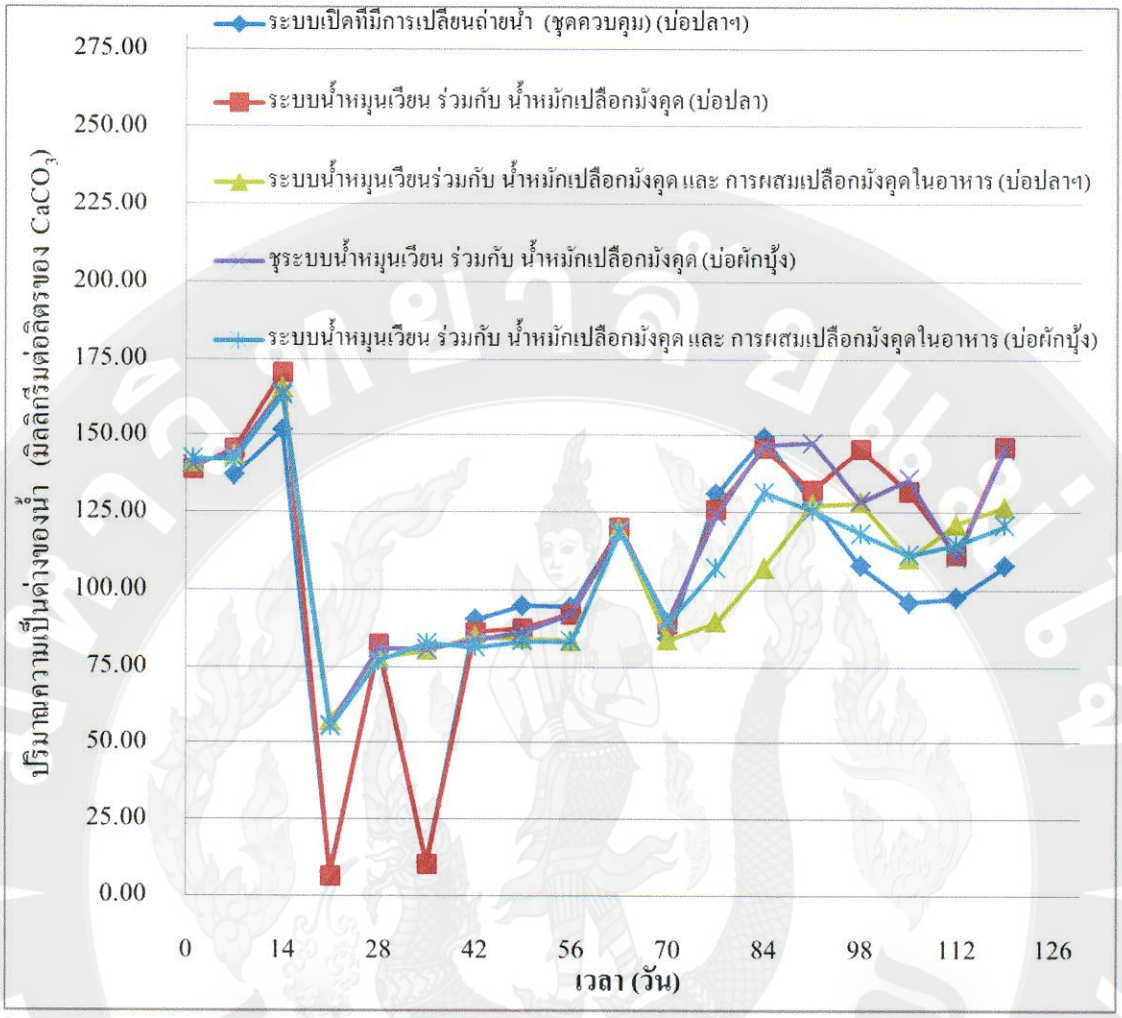
ภาพที่19 อุณหภูมิน้ำ ตอนเย็น ของน้ำภายในบ่อปลาดุกลูกผสมและบ่อผักบุ้งที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน ภายในเวลา 123 วัน

ปริมาณความเป็นด่างของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตรของ$CaCO_3$)

ผลของการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน 3 แบบ คือ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร เป็นเวลา 123 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร นั้นจะส่งผลให้ภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมมีค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณความเป็นด่างของน้ำ เท่ากับ 101.11±7.86 115.89±12.95 และ 115.28±15.32 มิลลิกรัมต่อลิตรของ$CaCO_3$ ตามลำดับ

ส่วนค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณความเป็นด่างของน้ำ ภายในบ่อผักบุ้ง ของชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร เท่ากับ 108.93±3.90 และ 108.14±2.49 มิลลิกรัมต่อลิตรของ$CaCO_3$ ตามลำดับ

เมื่อคำนวณทางสถิติ พบว่า ปริมาณความเป็นด่างของน้ำ ทั้งภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมและภายในบ่อผักบุ้งของทั้งชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร ให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ส่วนการเปลี่ยนแปลงปริมาณความเป็นด่างของน้ำตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงได้แสดงไว้ในภาพที่20



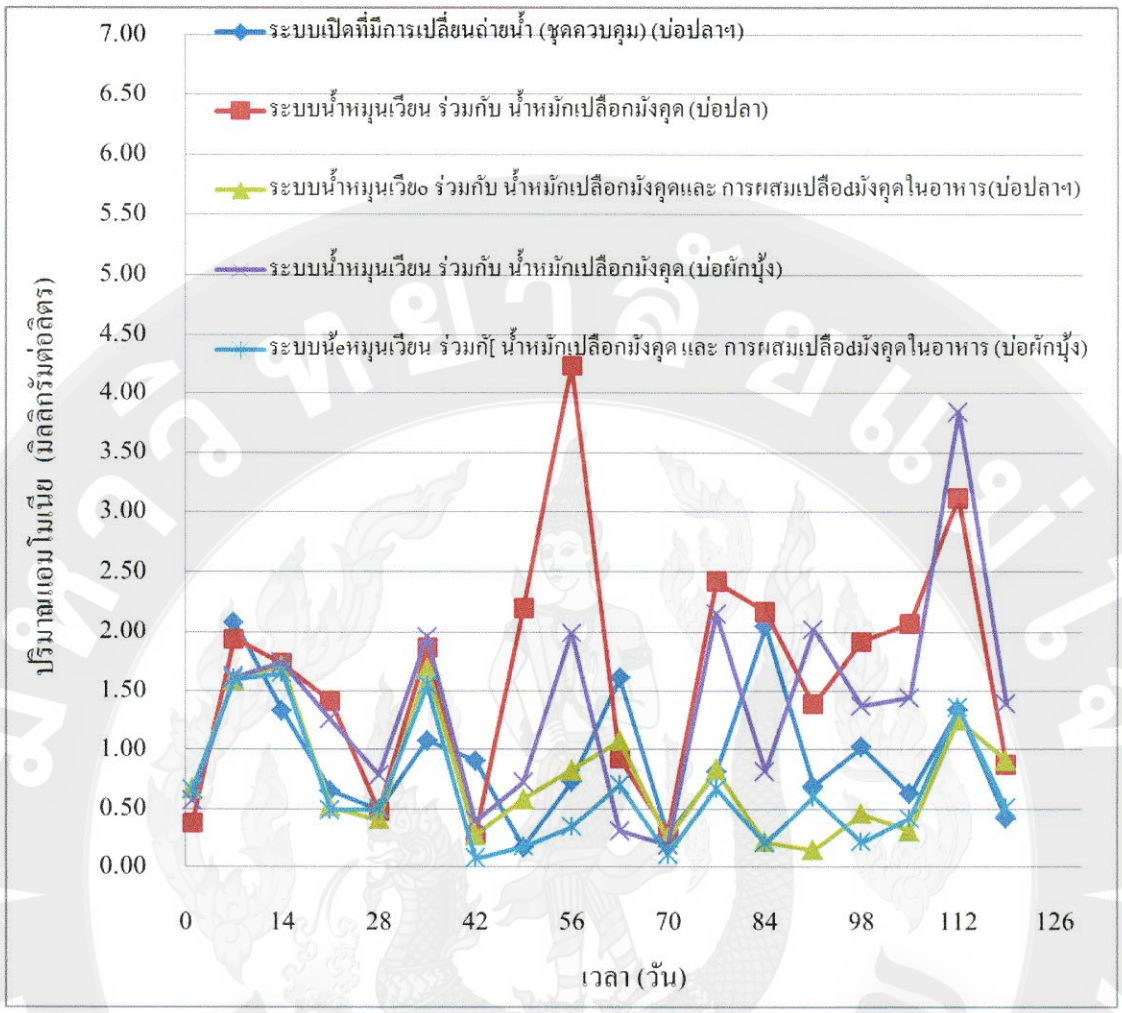
ภาพที่20 ปริมาณความเป็นด่างของน้ำของน้ำภายในบ่อปลาดุกลูกผสมและบ่อผักบุ้งที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน ภายในเวลา 123 วัน

ปริมาณแอมโมเนียรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)

ผลของการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน 3 แบบ คือ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร เป็นเวลา 123 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร นั้นจะส่งผลให้ภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมมีค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณแอมโมเนียรวม ของน้ำ เท่ากับ 0.91±0.31 1.65±1.17 และ 1.37±0.75 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ส่วนค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณแอมโมเนียรวมของน้ำภายในบ่อผักบุ้งของชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร เท่ากับ0.76±0.12 และ 0.67±0.12 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

เมื่อคำนวณทางสถิติ พบว่า ปริมาณแอมโมเนียรวม ทั้งภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมและภายในบ่อผักบุ้งของทั้งชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหารให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ส่วนการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวมของน้ำตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงได้แสดงไว้ในภาพที่21



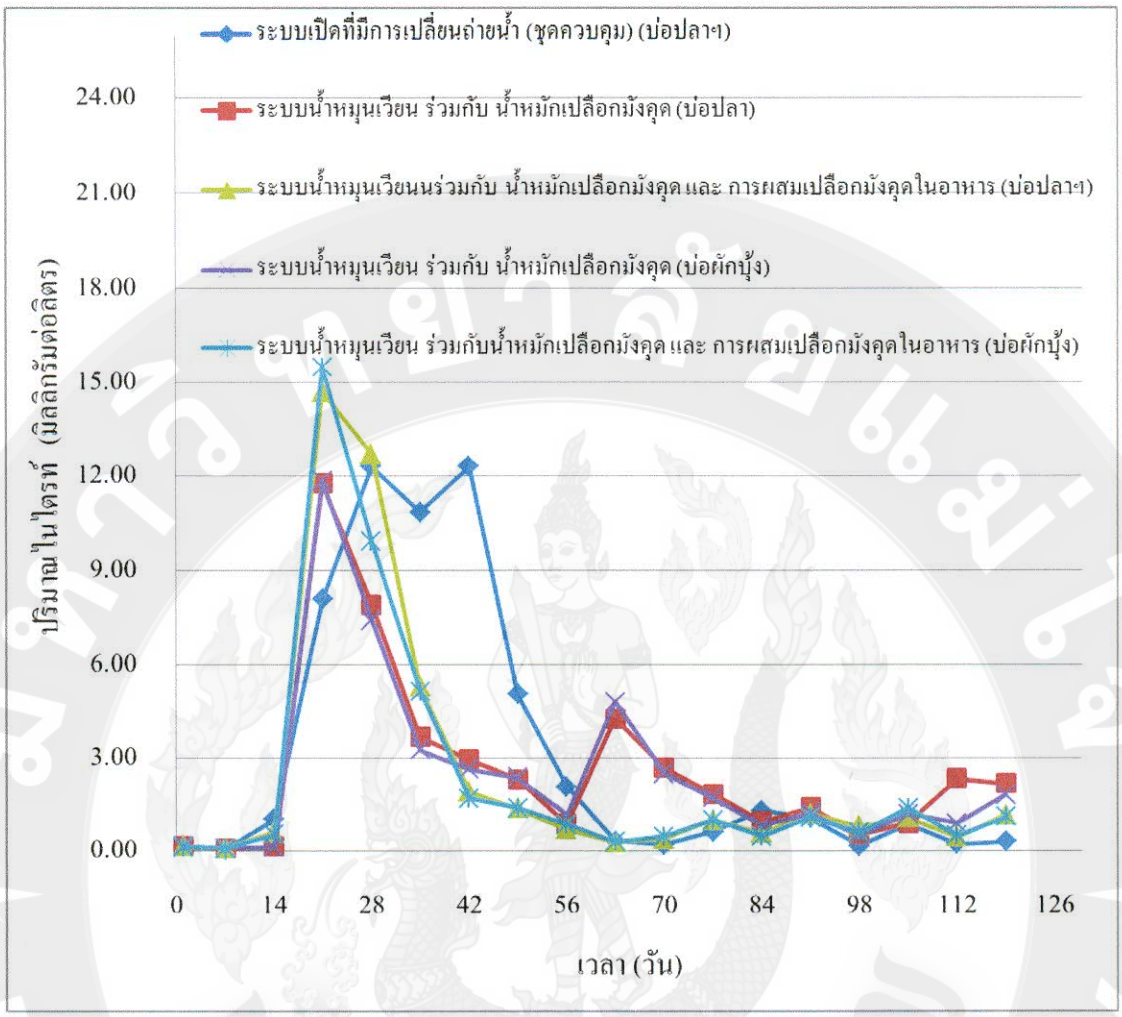
ภาพที่21 ปริมาณแอมโมเนียรวมของน้ำภายในบ่อปลาดุกลูกผสมและบ่อผักบุ้งที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน ภายในเวลา 123 วัน

ปริมาณไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

ผลของการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน 3 แบบ คือ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร เป็นเวลา 123 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร นั้นจะส่งผลให้ภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมมีค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณไนไตรท์ของน้ำ เท่ากับ 3.15±0.24 2.60±0.25 และ 2.46±0.41 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ส่วนค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณไนไตรท์ของน้ำภายในบ่อผักบุ้งของชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร เท่ากับ 2.46±0.38 และ 2.29±0.40 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

เมื่อคำนวณทางสถิติ พบว่า ปริมาณไนไตรท์ ทั้งภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมและภายในบ่อผักบุ้งของทั้งชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหารให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ส่วนการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์ของน้ำตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงได้แสดงไว้ในภาพที่22



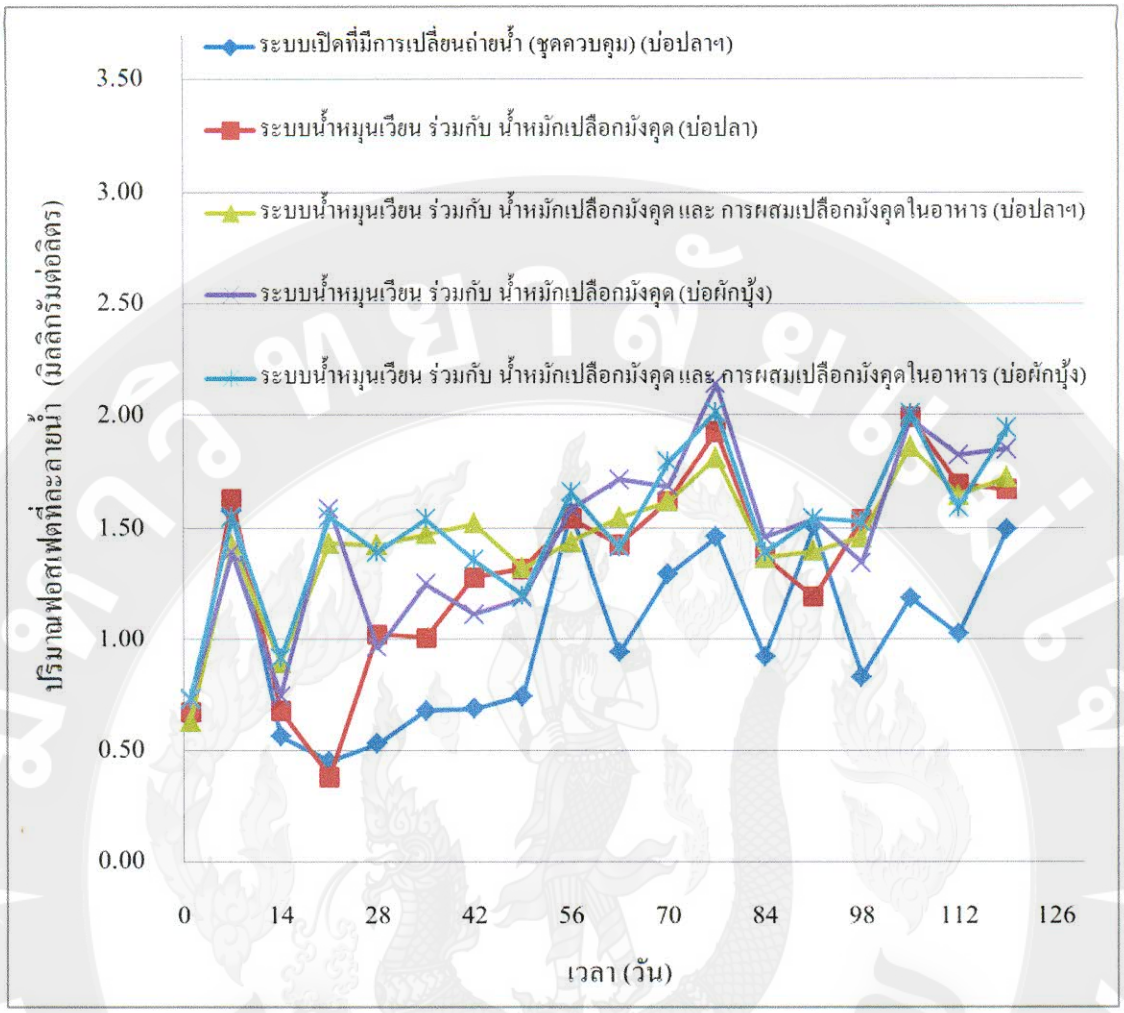
ภาพที่22 ปริมาณไนไตรท์ ของน้ำภายในบ่อปลาดุกลูกผสมและบ่อผักบุ้งที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน ภายในเวลา 123 วัน

ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

ผลของการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน 3 แบบ คือ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร เป็นเวลา 123 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร นั้นจะส่งผลให้ภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมมีค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ เท่ากับ 0.97±0.05 1.33±0.06 และ 1.45±0.06 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ส่วนค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน องปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำภายในบ่อผักบุ้งของชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร เท่ากับ 1.45±0.07 และ 1.51±0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

เมื่อคำนวณทางสถิติ พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำทั้งในภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมและภายในบ่อผักบุ้งทั้งของชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหารให้ผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ส่วนการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงได้แสดงไว้ในภาพที่23



ภาพที่23 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำภายในบ่อปลาดุกลุกผสมและบ่อผักบุ้งที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียน โดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน ภายในเวลา 123 วัน

วิจารณ์ผลการวิจัย

1. น้ำหนักตัวเฉลี่ยสุดท้าย ความยาวตัวเฉลี่ยสุดท้าย อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ผลผลิตสุทธิ ปริมาณอาหารทั้งหมด ต้นทุนค่าอาหารทั้งหมดและต้นทุนค่าอาหารต่อหน่อยผลผลิตของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน ภายในเวลา 123 วัน

ผลของการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน 3 แบบ คือ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร โดยการทดลองในครั้งนี้จะใช้ปลาดุกลูกผสมที่มีความยาวตัวเฉลี่ยเริ่มต้น 7.70±0.81 เซนติเมตร และมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยเริ่มต้น 3.34±1.15 กรัม แล้วสุ่มปล่อยลงในบ่อละ 100 ตัว พร้อมให้อาหารวันละ 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) ทดลองเลี้ยงนาน 123 วัน และพบว่า

น้ำหนักตัวเฉลี่ยสุดท้าย ของปลาดุกลูกผสมของทั้ง 3 ชุดการทดลองให้ผลใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) (ดังตารางที่1 และภาพที่1) ซึ่งปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดจะมีค่าน้ำหนักตัวเฉลี่ยสุดท้ายสูงสุดเท่ากับ 171.67±20.55 กรัม ส่วนปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหารจะมีค่าน้ำหนักตัวเฉลี่ยสุดท้ายต่ำสุด ซึ่งมีค่าเพียง 141.50±12.13 กรัม อาจเนื่องมาจากการที่ในสูตรอาหารมีการผสมเปลือกมังคุดในอาหารเพิ่มเข้าไป อาจทำให้รสชาติและกลิ่นของอาหารปลาเปลี่ยนแปลงไปมาก ซึ่งสังเกตจากปลาทดลองภายในบ่อไม่ค่อยขึ้นมากินอาหารที่ผิวน้ำเหมือนกับบ่อทดลองอื่นๆ ดังนั้น จากการที่เปลือกมังคุดมีประโยชน์ เพราะมีสารโพลีฟีนอลอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นสารช่วยต้านอนุมูลอิสระในสัตว์ รวมถึงมนุษย์ได้ ช่วยทำให้สัตว์มีสุขภาพที่ดี เมื่อผสมพืชที่มีโพลีฟีนอลให้กับหมู และแกะ (Akiko *et. al.*, 2009.; Akiko *et. al.*, 2010 ; Akiko *et. al.*, no date) นอกจากนี้มีสรรพคุณ ช่วยยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคได้อีกทางหนึ่งด้วย แต่เมื่อปลาดุกลูกผสมไม่กินอาหารที่ผสมเปลือกมังคุด จึงทำให้ปลาดุกลูกผสมน่าจะได้รับสารโพลีฟีนอลน้ำหมักเปลือกมังคุดเพียงทางเดียว

ความยาวตัวเฉลี่ยสุดท้าย ของปลาดุกลูกผสมของทั้ง 3 ชุดการทดลองให้ผลใกล้เคียงกัน (P>0.05) (ดังตารางที่1 และภาพที่2) ซึ่งปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดจะมีค่าความยาวตัวเฉลี่ยสุดท้ายสูงสุดเท่ากับ 27.60±0.85 เซนติเมตร ส่วนปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) จะมีค่าความยาวตัวเฉลี่ยสุดท้ายต่ำสุด ซึ่งมีค่าเพียง 25.07±1.63 เซนติเมตร ซึ่งปกติโดยทั่วไปในส่วนของความยาวตัวเฉลี่ยสุดท้ายของสัตว์น้ำซึ่งถือว่าโครงสร้างตัวที่มีกระดูกเป็นโครงสร้างหลักจึงมีโอกาสน้อยมากที่จะมีค่าลดลงผิดกับน้ำหนักตัวเฉลี่ยสุดท้ายของสัตว์น้ำที่เมื่อใดสัตว์น้ำเป็นโรคหรือสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมจนส่งผลให้สัตว์น้ำไม่กินอาหาร ทำให้ขาดพลังงานเพื่อใช้ในการดำรงชีวิตไปบางส่วน สัตว์น้ำจึงจำเป็นจะต้องนำเอาพลังงานสำรองที่สะสมร่างในร่างกายมาสลายเป็นพลังงานทดแทน ทำให้น้ำหนักตัวเฉลี่ยสุดท้ายของสัตว์น้ำจะมีค่าลดลงอย่างชัดเจน (ยุทธนาและคณะ, 2557)

อัตราการเจริญเติบโต ของปลาดุกลูกผสมของทั้ง 3 ชุดการทดลองให้ผลใกล้เคียงกัน (P>0.05) (ดังตารางที่1 และภาพที่3) ซึ่งปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดจะมีค่าอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดเท่ากับ 1.37±0.17 กรัมต่อวัน ส่วนปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหารจะมีค่าอัตราการเจริญเติบโตต่ำสุด ซึ่งมีค่าเพียง 1.12±0.10 กรัมต่อวัน อาจเนื่องมาจากการที่ในสูตรอาหารมีการผสมเปลือกมังคุดในอาหารเพิ่มเข้าไป อาจทำให้รสชาติและกลิ่นของอาหารปลาเปลี่ยนแปลงไปและ อัตราการเจริญเติบโตยังเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณจากน้ำหนักตัวเฉลี่ยสุดท้ายเปรียบเทียบต่อวัน

อัตราการรอดตาย ของปลาดุกลูกผสมของทั้ง 3 ชุดการทดลอง ให้ผลใกล้เคียงกัน (P>0.05) (ดังตารางที่1 และภาพที่4) ซึ่งปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) จะมีค่าอัตราการรอดตาย สูงสุดเท่ากับ 91.67±2.08 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดจะมีค่าอัตราการรอดตายต่ำสุด เท่ากับ 82.00±10.44 เปอร์เซ็นต์ อาจเนื่องมาจากสาเหตุการตายส่วนหนึ่งมาจากการกระโดดออกมาตายนอกบ่อทดลองถึงแม้ว่าการทดลองในครั้งนี้จะมีการใช้ตาข่ายที่มีขนาดตา 2 เซนติเมตร คลุมปิดปากบ่อทดลองทั้งหมดแต่ก็มีปลาทดลองจำนวนหนึ่งยังหลุดลอดออกมาได้ และปลาที่หลุดออกมาก็ยังถูกสัตว์ที่อยู่บริเวณนั้นกินเป็นอาหารทำให้ไม่พบซากปลาทดลอง ส่งผลให้ผู้ทดลองไม่ทราบว่ามีปลาหลุดออกจากบ่อทดลอง และอาจได้รับบาดเจ็บจากการเข้าแย่งอาหารหรือเปลี่ยนถ่ายน้ำหรือ

จากการต่อสู้กันเองภายในบ่อ และเมื่อมีปลาตัวใดบาดเจ็บแล้วอ่อนแอ จะถูกปลาที่แข็งแรงกว่าช่วยกันรุมแล้วกัดกินเป็นอาหาร

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ของปลาดุกลูกผสมของทั้ง 3 ชุดการทดลองให้ผลใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) (ดังตารางที่1 และภาพที่5) ซึ่งปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดจะมีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำสุดเท่ากับ 0.97±0.14 ส่วนปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหารจะมีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อสูงสุด เท่ากับ 1.26±0.22

ผลผลิตสุทธิ ของปลาดุกลูกผสมของทั้ง 3 ชุดการทดลองให้ผลใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) (ดังตารางที่1 และภาพที่6) ซึ่งปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดจะมีค่าผลผลิตสุทธิสูงสุดเท่ากับ 10.67±2.65 กิโลกรัมต่อบ่อ ส่วนปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหารจะมีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำสุด ซึ่งมีค่าเพียง 8.33±1.53 กิโลกรัมต่อบ่อ ซึ่งโดยทั่วไปผลผลิตปลาสุทธิในแต่ละชุดการทดลองจะมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อน้ำหนักตัวเฉลี่ยสุดท้ายและอัตราการรอดตายภายในบ่อ ดังนั้น ถ้าน้ำหนักตัวเฉลี่ยสุดท้ายและอัตราการรอดตายของปลาทดลองมีค่ามาก ก็จะส่งผลให้ผลผลิตสุทธิมีค่าสูงตามไปด้วย แต่ก็ไม่เสมอไป เนื่องจากตารางที่1 พบว่า ปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด นั้น จะมีค่าน้ำหนักตัวเฉลี่ยสุดท้ายสูงสุดเท่ากับ 171.67±20.55 กรัม แต่กลับมีค่าอัตราการรอดตายต่ำสุด เท่ากับ 82.00±10.44 เปอร์เซ็นต์ แต่ก็มีค่าผลผลิตสุทธิสูงสุดได้

ปริมาณอาหารทั้งหมด ของปลาดุกลูกผสมของทั้ง 3 ชุดการทดลองให้ผลใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) (ดังตารางที่1 และภาพที่7) ซึ่งปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดจะมีค่าปริมาณอาหารทั้งหมดต่ำสุดเท่ากับ 10.47±1.60 กิโลกรัมต่อบ่อ ส่วนปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) จะมีค่าปริมาณอาหารทั้งหมดสูงสุดเท่ากับ 10.70±2.70 กิโลกรัมต่อบ่อ เนื่องจากการทดลองในครั้งนี้ในชุดการทดลองที่เลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) และชุดที่เลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดนั้น ยังคงใช้อาหารปลาดุกสำเร็จรูปทั่วไป ปลาทดลองมีการยอมรับและกินอาหารได้ดี จึงทำให้ชุดการทดลองที่เลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) จะมีค่าปริมาณอาหารทั้งหมดสูงสุด แต่ปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบ

น้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดจะมีค่าปริมาณอาหารทั้งหมดต่ำสุดและปลาทดลองภายในบ่อนี้ยังมีจำนวนกว่าบ่ออื่นก็เป็นได้

ต้นทุนค่าอาหารทั้งหมด ของปลาดุกลูกผสมของทั้ง 3 ชุดการทดลองให้ผลใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) (ดังตารางที่1 และภาพที่8) ซึ่งปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดจะมีค่าต้นทุนค่าอาหารทั้งหมด ต่ำสุดเท่ากับ 267.67±40.10 บาทต่อบ่อ ส่วนปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) จะมีค่าต้นทุนค่าอาหารทั้งหมดสูงสุด เท่ากับ 267.50±67.64 บาทต่อบ่อ โดยการทดลองในครั้งนี้จะคิดต้นทุนค่าอาหารที่กิโลกรัมละ 25 บาท ดังนั้น หากชุดการทดลองใดมีปริมาณอาหารที่ใช้มากก็จะส่งผลให้มีต้นทุนค่าอาหารทั้งหมดสูงขึ้นตามไปด้วย

ต้นทุนค่าอาหารต่อหน่อยผลผลิต ของปลาดุกลูกผสมของทั้ง 3 ชุดการทดลองให้ผลใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) (ดังตารางที่1 และภาพที่9) ซึ่งปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดจะมีค่าต้นทุนค่าอาหารต่อหน่อยผลผลิต ต่ำสุดเท่ากับ 25.10±3.91 บาทต่อกิโลกรัม ส่วนปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร จะมีค่าต้นทุนค่าอาหารต่อหน่อยผลผลิตสูงสุด เท่ากับ 32.69±5.86 บาทต่อบ่อ

ผลผลิตผักบุ้งจีนทั้งหมด จะมีเพียงชุดการทดลองที่เลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยระบบน้ำหมุนเวียนเท่านั้นที่ให้ผลผลิตผักบุ้งจีน (ดังตารางที่1 และภาพที่10) โดยชุดการทดลองที่เลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด จะมีค่าผลผลิตผักบุ้งจีนทั้งหมดสูงสุด เท่ากับ 4.48±1.37 กิโลกรัมต่อบ่อ ส่วนปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร จะมีค่าผลผลิตผักบุ้งจีนทั้งหมดเพียง 3.90±0.89 กิโลกรัมต่อบ่อ

2. ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ปริมาณฮีโมโกบิน และปริมาณน้ำตาลในเลือดของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน ภายในเวลา 123 วัน

ผลของการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน 3 แบบ คือ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร ทดลองเลี้ยงนาน 123 วัน และพบว่า

ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ในเลือดของปลาดุกลูกผสมของทั้ง 3 ชุดการทดลองให้ผลใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) (ดังตารางที่2 และภาพที่11) ซึ่งปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร จะมีค่าปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น สูงสุดเท่ากับ 47.00±2.65 เปอร์เซ็นต์ ซึ่ง Delany *et al.* (1990) ที่รายงานว่าเลือดปลาจะแปรเปลี่ยนตามอาหารที่ได้รับซึ่งจะมีผลต่อเม็ดเลือดแดง (RBC), packed cell volume (PCV) และระดับกลูโคส ส่วนค่าปริมาณ ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (Haematocrit) ของปลานิลทั่วไปจะมีค่าเท่ากับ 22.11-22.56 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น ปลานิลทนเค็ม ฯ ในทุกชุดการทดลองจึงจัดว่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีสุขภาพดีและการใช้กากสลัดจ์ปาล์มที่ระดับ 0 (ชุดควบคุม) 10 20 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร ซึ่งมีปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (Haematocrit) เท่ากับ 31.83±2.90 28.47±5.03 31.80±4.40 32.07±6.88 31.70±5.26 และ 26.40±5.60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่ง ยุทธนาและคณะ (2557) รายงานว่าไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพของปลานิลทนเค็ม ฯ

ปริมาณฮีโมโกบิน ในเลือดของปลาดุกลูกผสมของทั้ง 3 ชุดการทดลองให้ผลใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) (ดังตารางที่2 และภาพที่12) ซึ่งปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) จะมีค่าปริมาณฮีโมโกบิน สูงสุดเท่ากับ 11.93±2.92 มิลลิกรัมต่อเดซิเมตร ซึ่งผลการวิเคราะห์เลือดนั้นสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในแง่การประเมินสุขภาพของปลาได้อีกทางหนึ่ง ซึ่ง Klinger *et al.* (1996) ได้รายงานว่า ค่าโลหิตวิทยานั้นมีความสำคัญมากในการประเมินถึงความเหมาะสมของอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์ได้ว่าการนำอาหารชนิดต่างๆ มาเลี้ยงสัตว์มีผลต่อสุขภาพสัตว์ได้

ปริมาณน้ำตาล ในเลือดของปลาดุกลูกผสมของทั้ง 3 ชุดการทดลองให้ผลใกล้เคียงกัน (P>0.05) (ดังตารางที่1 และภาพที่13) ซึ่งปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร จะมีค่าปริมาณน้ำตาล สูงสุดเท่ากับ 116.00±81.30 มิลลิกรัมต่อเดซิเมตรซึ่ง Delany *et al.* (1990) ที่รายงานว่าเลือดปลาจะแปรเปลี่ยนตามอาหารที่ได้รับซึ่งจะมีผลต่อเม็ดเลือดแดง (RBC), packed cell volume (PCV) และระดับกลูโคส

3. คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำภายในบ่อที่เลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งไฮโดรโพนิกส์ที่มีการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกันภายในเวลา 123 วัน

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ตอนเช้า ของน้ำภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมและบ่อผักบุ้งของทั้ง 3 ชุดการทดลองให้ผลใกล้เคียงกัน (P>0.05) และมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการทดลอง (ดังตารางที่3 และภาพที่14) ซึ่งปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหารจะมีค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ตอนเช้า ต่ำสุดเท่ากับ 4.32±1.13 มิลลิกรัมต่อลิตร อาจเนื่องจาก โดยทั่วไปการเพิ่มขึ้นของออกซิเจนละลายน้ำภายในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบพัฒนาจะมาจากที่มีการติดตั้งระบบให้อากาศภายในบ่อเลี้ยง ส่วนการสูญเสียนั้นจะเกิดจากการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำและการย่อยสลายของสารอินทรีย์ โดยจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ซึ่งสารอินทรีย์ต่าง ๆ เหล่านี้ส่วนใหญ่จะมาจากเศษอาหารที่เหลือตกค้างอยู่ภายในบ่อ รวมทั้งสิ่งขับถ่ายของตัวสัตว์น้ำเอง (ยนต์, 2530ก และ ยนต์และคณะ, 2531) แต่ที่สังเกตพบว่า ในชุดการทดลองที่เลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนนั้นที่ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำตลอดการเลี้ยง จึงทำให้เศษตะกอนและเศษอาหารย้ายจากบ่อเลี้ยงปลาไปตกค้างอยู่ในบ่อผักบุ้งเป็นจำนวนมาก แต่ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่วัดได้จากบ่อผักบุ้งก็ยังมีปริมาณสูงกว่าบ่อเลี้ยงปลาทั้งที่อยู่ในชุดการทดลองเดียวกัน ดังนั้น การสูญเสียปริมาณออกซิเจนในน้ำจึงน่าจะมาจากการใช้เพื่อการหายใจมากกว่าขบวนการย่อยสลาย

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ตอนเย็น ของน้ำภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมและบ่อผักบุ้งของทั้ง 3 ชุดการทดลองให้ผลใกล้เคียงกัน (P>0.05) และมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการทดลอง (ดังตารางที่3 และภาพที่15) แต่เมื่อเปรียบเทียบปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำตอนเช้ากับตอนเย็นพบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในตอนเย็นจะมีค่าต่ำกว่าตอนเช้า ทั้ง 3 ชุดการทดลอง เนื่องจากส่วนใหญ่อุณหภูมิน้ำ ตอนเย็น จะมีค่าเฉลี่ยสูงกว่า อุณหภูมิน้ำ ตอนเช้า เพราะพลังงานแสงที่ส่อง

ผ่านลงไปในน้ำนั้นจะถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อนให้กับแหล่งน้ำแทนจึงส่งผลทำให้แหล่งน้ำนั้นมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นและจากการที่สัตว์น้ำเป็นสัตว์เลือดเย็นอุณหภูมิภายในร่างกายจึงเปลี่ยนแปลงขึ้นลงตามอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม ดังนั้น เมื่ออุณหภูมิภายในร่างกายสูงขึ้นก็จะมีผลทำให้ขบวนการต่าง ๆ เช่น การย่อยอาหาร การหายใจ การเคลื่อนไหว การกินอาหาร การเจริญเติบโต ส่งผลให้การใช้ออกซิเจนเพิ่มสูงตามไปด้วย นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำยังส่งผลทำให้กิจกรรมบางประเภทที่เกิดขึ้นภายในบ่อ โดยเฉพาะขบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยจุลินทรีย์เพิ่มสูงขึ้นอีกทางหนึ่ง ผิดกลับความสามารถในการละลายน้ำของออกซิเจนที่พบว่าอุณหภูมิสูงจะทำให้ความสามารถในการละลายน้ำของออกซิเจนมีค่าลดลง นั้นเอง

ความเป็นกรดเป็นด่าง ตอนเช้า ของน้ำภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมและบ่อผักบุ้งของทั้ง 3 ชุดการทดลองให้ผลแตกต่างกัน ($P<0.05$) โดยปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) เท่านั้นที่ให้ผลแตกต่างจากชุดการทดลองอื่นๆ และมีค่าน้อยสุดซึ่งมีค่าเพียง 7.44±0.07 และมีแนวโน้มคงที่เกือบระยะเวลาการทดลอง (ดังตารางที่3 และภาพที่16) อาจเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำในบ่อ ส่วนใหญ่จะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากหายใจของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์และขบวนการย่อยสลายของเสียภายในบ่อ ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหล่านี้เมื่อรวมกับน้ำจะทำให้เกิดกรดคาร์บอนิกมาก ซึ่งกรดนี้เมื่อแตกตัวจะให้ไฮโดรเจนไอออนออกมา ทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำลดลง แต่ในชุดการทดลองที่เลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนนั้นจะไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำตลอดการเลี้ยง ทำให้ปริมาณเศษอาหารและสิ่งขับถ่าย ตกค้างอยู่ในระบบเป็นจำนวนมาก น่าจะส่งผลทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำมีปริมาณเพิ่มขึ้น แล้วทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าลดลง แต่จากผลการทดลองไม่เป็นเช่นนั้น แต่ก็ไม่สามารถอธิบายผลที่เกิดขึ้นว่าเป็นเพราะเหตุใด เหลือเพียงข้อสงสัยว่าเปลือกมังคุดน่าจะสามารถเพิ่มค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำได้

ความเป็นกรดเป็นด่าง ตอนเย็น ของน้ำภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมและบ่อผักบุ้งของทั้ง 3 ชุดการทดลองให้ผลใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) แต่ปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ก็ยังมีค่าน้อยสุดเพียง 6.81±0.24 และมีแนวโน้มคงที่เกือบระยะเวลาการทดลอง (ดังตารางที่3 และภาพที่17) จากเหตุผลที่ว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากหายใจของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์และขบวนการย่อยสลายของเสียภายในบ่อ ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหล่านี้เมื่อรวมกับน้ำจะทำให้เกิดกรดคาร์บอนิคมาก ซึ่งกรดนี้เมื่อแตกตัวจะให้ไฮโดรเจนไอออนออกมา ทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำลดลง แต่จากตารางที่3 แต่กลับพบว่า ค่าความเป็นกรด

เป็นด่าง ตอนเย็น กลับมีค่าต่ำกว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ตอนเช้า อาจเนื่องจากอุณหภูมิน้ำ ตอนเย็น จะมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าอุณหภูมิน้ำ ตอนเช้า ทำให้กิจกรรมต่าง ๆ ของสัตว์น้ำและขบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยจุลินทรีย์ภายในบ่อเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาเพิ่มขึ้นสูงตามไปด้วย จึงทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าต่ำลง

อุณหภูมิน้ำ ตอนเช้า ของน้ำภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) และบ่อผักบุ้งของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร เท่านั้นที่ให้ผลใกล้เคียงกัน (P>0.05) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 25.17±0.19 และ 25.55±0.23 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ดังตารางที่3 และภาพที่18) ซึ่งโดยทั่วไปอุณหภูมิน้ำนั้นจะมีความสัมพันธ์กับฤดูกาล ระดับความสูง และสภาพภูมิประเทศ นอกจากนี้ ยังขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงจากดวงอาทิตย์ กระแสลม ความลึก ปริมาณสารแขวนลอยหรือความขุ่น และสภาพแวดล้อมทั่วๆ ไปของแหล่งน้ำ (เปี่ยมศักดิ์, 2525)

อุณหภูมิน้ำ ตอนเย็น ของน้ำภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมและบ่อผักบุ้งของทั้ง 3 ชุดการทดลองให้ผลใกล้เคียงกัน (P>0.05) ซึ่งจากตารางที่3 และภาพที่19 พบว่า อุณหภูมิน้ำ ตอนเย็น ของทั้ง 3 ชุดการทดลอง มีค่าต่ำกว่า อุณหภูมิน้ำ ตอนเช้า ซึ่งผิดกับความจริงเนื่องจากพื้นที่ประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้นเป็นส่วนใหญ่ อีกทั้งจากการที่อุณหภูมิน้ำจะแปรแปลงตามอุณหภูมิอากาศ ซึ่งอุณหภูมิอากาศจะแปรผันตรงกับความเข้มแสง ดังนั้น ในตอนกลางวันแสงมีความเข้มมาก อีกทั้งอุณหภูมิอากาศในตอนกลางวันยังสูงกว่าในตอนกลางคืน เนื่องจากพลังงานแสงจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนแทน จึงไม่สามารถสรุปได้แน่ชัดว่าทำไม อุณหภูมิน้ำ ตอนเย็น จึงมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิน้ำ ตอนเช้า

ปริมาณความเป็นด่างของน้ำ ของน้ำภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมและบ่อผักบุ้งของทั้ง 3 ชุดการทดลองให้ผลใกล้เคียงกัน (P>0.05) ซึ่งจากตารางที่3 และภาพที่20 พบว่า ปริมาณความเป็นด่างของน้ำภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยระบบน้ำหมุนเวียนจะมีค่าสูงกว่าน้ำภายในบ่อผักบุ้งเล็กน้อย แต่ก็อยู่ในช่วงเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่ง วิรัช (2544) ที่รายงานว่าปริมาณความเป็นด่างของน้ำที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 20-150 มิลลิกรัมต่อลิตร ของ $CaCO_3$

ปริมาณแอมโมเนียรวม ของน้ำภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมและบ่อผักบุ้งของทั้ง 3 ชุดการทดลองให้ผลใกล้เคียงกัน (P>0.05) ซึ่งจากตารางที่3 และภาพที่21 พบว่า ปริมาณแอมโมเนียรวมของน้ำภายในบ่อเลี้ยงปลาของชุดที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนจะมีค่าสูงกว่าน้ำภายในบ่อผักบุ้งค่อนข้างมาก อาจเนื่องจากบ่อที่มีปลาอยู่นี้จะมีการให้อาหารแล้วปลาภายในบ่อยังได้ขับถ่ายของเสียออกมา จึงส่งผลต่อค่าปริมาณแอมโมเนียรวมภายในโดยตรงอีกทั้ง ผิดกับบ่อผักบุ้งที่มีปริมาณน้อยอาจเนื่องมาจากถูกผักบุ้งนำปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต จึงเป็นเหตุผลประการหนึ่งที่ทำให้ปริมาณแอมโมเนียรวมของน้ำภายในบ่อผักบุ้งมีค่าน้อยกว่าบ่อเลี้ยงปลา

ปริมาณไนไตรท์ ของน้ำภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมและบ่อผักบุ้งของทั้ง 3 ชุดการทดลองให้ผลใกล้เคียงกัน (P>0.05) และมีปริมาณค่อนข้างสูง ซึ่งจากตารางที่3 และภาพที่22 พบว่าในช่วง 14-35 วันแรกของการทดลอง อาจเนื่องมาจากในบ่อในช่วงเวลาดังกล่าวอยู่ในช่วงที่ปลามีการปรับเปลี่ยนขนาดอาหารทำให้ปลาทดลองใช้ระยะเวลาในการกินอาหารนานขึ้น จึงมีเศษอาหารละลายปะปนอยู่ในน้ำมากกว่าปกติก็เป็นได้

ปริมาณฟอสฟอรัสละลายน้ำ ของน้ำภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมและบ่อผักบุ้งของชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนมีค่าแตกต่างกับชุดที่เลี้ยงในระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ซึ่งมีค่าเพียง 0.97±0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร (ดังตารางที่3 และภาพที่23) (p<0.05) เนื่องจากชุดที่เลี้ยงในระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำไม่ได้มีการเสริมปุ๋ยซุปเปอร์ฟอสเฟต ส่วนชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนจะมีการใส่ปุ๋ยซุปเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) ในปริมาณ 0.8 กรัม ต่อ น้ำ 1 ตัน ต่อ 7 วัน จนสิ้นสุดการทดลอง ซึ่งเป็นเหตุผลประการสำคัญที่ทำให้ชุดการทดลองดังกล่าวมีปริมาณปริมาณฟอสฟอรัสละลายน้ำสูงขึ้นนั้นเอง

สรุปผลการวิจัย

สรุปผลของการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน 3 แบบ คือ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดและการผสมเปลือกมังคุดในอาหาร โดยการทดลองในครั้งนี้จะใช้ปลาดุกลูกผสมที่มีความยาวตัวเฉลี่ยเริ่มต้น 7.70±0.81 เซนติเมตร และมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยเริ่มต้น 3.34±1.15 กรัม สุ่มปล่อยลงในบ่อละ 100 ตัว พร้อมให้อาหารวันละ 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) ทดลองเลี้ยงนาน 123 วัน พบว่า การเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุดจะส่งผลให้มีค่า น้ำหนักตัวเฉลี่ยสุดท้าย ความยาวตัวเฉลี่ยสุดท้าย อัตราการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ผลผลิตสุทธิ ปริมาณอาหารทั้งหมด ต้นทุนค่าอาหารทั้งหมด ต้นทุนค่าอาหารต่อหน่อยผลผลิต และผลผลิตผักบุ้งจีนทั้งหมด มีค่าดีที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 171.67±20.55 กรัม 27.60±0.85 เซนติเมตร 1.37±0.17 กรัมต่อวัน 0.97±0.14 10.67±2.65 กิโลกรัมต่อบ่อ 10.47±1.60 กิโลกรัมต่อบ่อ 261.67±40.10 บาทต่อบ่อ 25.10±3.91 บาทต่อกิโลกรัม และ 4.48±1.37 กิโลกรัมต่อบ่อ ตามลำดับ ส่วนอัตราการรอดตายในชุดการทดลองที่เลี้ยงแบบระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) จะมีค่าสูงสุด เท่ากับ 91.67±2.08 เปอร์เซ็นต์

สรุปผลของการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน 3 แบบ นั้นไม่ส่งผลต่อ ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ปริมาณฮีโมโกลบิน และปริมาณน้ำตาลในเลือดของปลาดุกลูกผสม ($p>0.05$)

สรุปผลของการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยการเสริมเปลือกมังคุดในรูปแบบแตกต่างกัน 3 แบบ นั้นไม่ส่งผลต่อ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ตอนเช้า และตอนเย็น ความเป็นกรดเป็นด่าง ตอนเย็น อุณหภูมิน้ำ ตอนเย็น ปริมาณความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และ ไนไตรท์ ($p>0.05$) ส่วนที่มีผลคือ ความเป็นกรดเป็นด่าง ตอนเช้า อุณหภูมิน้ำ ตอนเช้า และ ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ ($p<0.05$)

ดังนั้น การเลี้ยงปลาดุกลูกผสมควรเลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับน้ำหมักเปลือกมังคุด

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2547. ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์น้ำหมักชีวภาพ (ตอนที่ 1). เอกสารวิชาการที่ 3/2547. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพ.

กมลวรรณ ศุภวิญญู ส่งศรี มหาสวัสดิ์ สุนทราภรณ์ ลิ่มสกุล และสมหวัง พิมลบุตร. 2548. ปริมาณแร่ธาตุบางชนิดในกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนที่อนุบาลด้วยระบบกรองน้ำหมุนเวียน. ประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพ.

กมลวรรณ ศุภวิญญู ยุทธนา สว่างอารมย์ ณิชาพล แก้วชฎา และศิลป์ชัย มณีขัติย์. 2555. การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่.

กมลวรรณ ศุภวิญญู ยุทธนา สว่างอารมย์ อภิญญา ปานโชติ และณิชาพล แก้วชฎา. 2555. แนวทางการใช้ประโยชน์จากปลิงทะเล่ร่วมกับสาหร่ายโพรงในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่.

เฉลิมเกียรติ โภคาวัฒนา และอัสรา ชวประดิษฐ์. 2539. ผักบุ้งจีน. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล http://web.ku.ac.th/agri/vetgett/menu.htm (18 กันยายน 2554)

ชวนพิศ อรุณรังสิกุล ชัยณรงค์ รัตนกรีฑากุล รุ่งนภา ก่อประดิษฐ์สกุล ธีรนุต ร่มโพธิ์ภักดิ์. 2547. คุณภาพน้ำหมักชีวภาพ และองค์ประกอบ. เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42: สาขาพืช สาขาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร, หน้า 481-488

ธนสรณ์ รักดนตรี. 2549. การศึกษาระบบการปลูกผักบุ้งน้ำแบบผสมผสานควบคู่กับการเลี้ยงปลาสลิดเปรียบเทียบระหว่างระบบการใช้สารอนินทรีย์กับระบบการใช้สารอินทรีย์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ.

ประพัฒน์ ปานนิล. มปป. การเลี้ยงปลาดุกรัสเซียในน้ำหมุนเวียนในถังพลาสติก 200 ลิตร. วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีระนอง.

เพ็ชร อ้วนสะอาด. 2550. การลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์โดยการใช้น้ำหมักชีวภาพเพื่อเพิ่มผลผลิตกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพ.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และไพพรรรณ พรประภา. 2544. การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, คณะวิศวกรรมศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพ.

ยุทธนา สว่างอารมย์ กมลวรรณ ศุภวิญญู และ ชัยวิชิต เพชรศิลา. 2557. การศึกษาการใช้กากสลัดจ์ปาล์มน้ำมันเป็นวัตถุดิบอาหารปลานิลทนเค็มสายพันธุ์ปทุมธานี. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน). กรุงเทพ.

ร่วมฤดี พานจันทร์ โฆษิต ศรีภูธร พิเชษฐ เวชวิฐาน นภาพร จันทะรัง และทาริกา โกฏสันเทียะ. 2549. การเลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่ระดับความหนาแน่นต่าง ๆ โดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากสัตว์และพืชสมุนไพร. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรสกลนคร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.

วิรัช จิ๋วแหยม. 2544. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพ.

วิรัตน์ เอี้ยสกุล. 2536. ผลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักปุ้งจีน. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพ.

วีรพงศ์ ตรีผ่องงาม. 2528. อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปรตัสเซียมต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ผักปุ้งจีนในดินชุดกำแพงแสน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพ.

สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, เครืออินแปง, เครือข่ายภูมิปัญญาไทย และศูนย์ประสานงานโครงการเกษตรผสมผสาน (ไทย – เบลเยี่ยม). 2544. น้ำหมักชีวภาพและปุ๋ยหมักชีวภาพเพื่อการเกษตร. รายงานการประชุมสัมมนาน้ำหมักและปุ๋ยหมักชีวภาพเพื่อการเกษตร, สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรสกลนคร, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. สกลนคร.

สมพงษ์ เพ็ชรรุณ. 2548. ผลของการใช้น้ำหมักชีวภาพในการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม. ปัญหาพิเศษ, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี. เพชรบุรี.

สมภพ ฐิตะวสันต์. 2537. หลักการผลิตผัก. สำนักพิมพ์รั้วเขียว. กรุงเทพ.

สุทิน สมบูรณ์ ณรงค์เดช เขียวสะ วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย และวิชิต เสมาชัย. 2548. อัตราการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยอาหารสดจากไส้ไก่ผสมซี่โครงไก่. ประชุมวิชาการ ครั้งที่43. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพ.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

สุรังสี ทัพพะรังสี. 2548. การอนุบาลกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนในระบบกรองน้ำหมุนเวียน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อภิชาต ศรีสะอาด. 2553. เกษตรอินทรีย์ สารพันสูตรปุ๋ยอินทรีย์. สำนักพิมพ์นาคา, บริษัท นาคา อินเตอร์มีเดีย จำกัด. กรุงเทพ.

อุทัยรัตน์ ณ นคร. 2533. การเจริญพัฒนาของไข่ปลาดุกและปัญหาพ่อแม่พันธุ์. เอกสารประกอบการบรรยายในการประชุม A/C. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรุงเทพ. 9 น.

Akiko K., Tatsuro M., Yasushi M.,Chikako M., Chinobu O. and Kiyotaka K. 2009. Cultivation and ensilage of yacon plants (*Smallanthus sonchifolius* [Poepp. & Endl.] H. Robinson) and the function of yacon silage. Japanese Society of Grassland Science. (55) : 6 – 10.

Akiko K., Rajeev P., Tatsuro M., Shin Y., Keiji I., Chinobu O. and Kiyotaka K. 2010. Effect of yacon silage on feed digestibility, blood characteristics and amount of urinary 8 – hydroxydeoxyguanosine in ewes. Japanese Society of Grassland Science. (56) : 95 – 100.

Akiko K., Shin Y., Ryoji N., Chinobu O., Takahiro N.,Keiji I.,Rajeev P., Masateru O. and Kiyotaka K. Development of new function feed that utilizes Yacon (Smallanthus sonchifolius) and Rush (*Juncus effuses* L.) in Japan. (no impress)

Andreas G.and R. Junge. 2009. Aquaponic Systems : Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. Desalination 246 : 147 – 156.

APHA, AWWA and WEF. 1995. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 19th ed. United Book Press, Maryland.

Boyd C. E. 1985. Chemical budgets for channel catfish ponds. Transaction of American Fishery Society 114 : 291 – 298.

Damon E. S., R. R. Stickney and R. B. Walker. 1998. Nutrient dynamics in integrated aquaculture hydroponics systems. Aquaculture 60 : 215 – 237.

Delany, J.P., V.M. Vivian, J.T. Snook and P.A. Anderson .1990. Effects of fish oil on serum lipids in men during a controlled feeding trial. Am. J. Cli. Nutri. 52 : 477 – 485.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Hu M. H., Y. S. Ao, X. E. Yang and T. Q. Li., 2008. Treating eutrophic water for nutrient reduction using an aquatic macrophyte (Ipomoea aquatic Forsskal) in a deep flow technique system. Agricultureal Water Management 95 : 607 – 615.

Jaap v. R. 1995. The potential for integrated biological treatment system in recirculation fish culture A review. Aquaculture 139 : 181 – 201.

Klinger, R.C., V.S. Blazer and C. Echevarria. 1996. Effects of dietary lipid on the haematology of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) Aquacuture. 147 : 225 - 233

Naylor R. L., Goldburg R. J., Mooney H., Beveridge M., Clay J., Folke C., Kautsky N., Lubchenco J., Primavera J. and Williams M. (1998). Nature's subsidies to shrimp and salmon farming. Science 282 : 883 – 884.

Smith V. H., Tilman G. D., Nekola J. C. (1999). Eutrophication : impacts of excess nutrient inputs on freshwater marine and terrestrial ecosystem. Environmental Pollution 100 : 179 – 196.

ภาคผนวก

ภาคผนวก(ก)

ภาพผนวกที่1 ปั่นเปลือกมังคุดแห้งให้ละเอียด

ภาพผนวกที่2 การผสมผงเปลือกมังคุดในอาหารเม็ดสำเร็จรูป

ภาพผนวกที่3 การลดความชื้นอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมผงเปลือกมังคุด

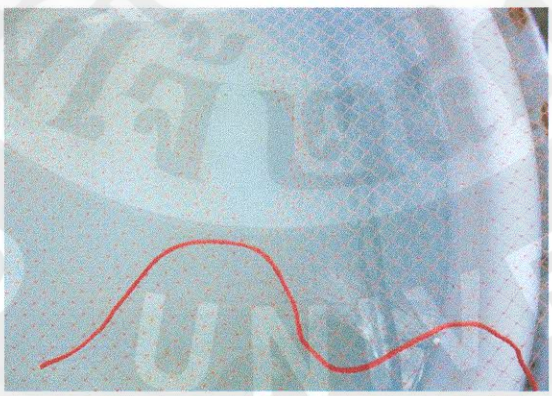
ภาพผนวกที่4 การเก็บอาหารที่ใช้ทดลอง

ภาพผนวกที่5 การสุ่มนับปลาลงบ่อทดลอง

ภาพผนวกที่6 ลักษณะทั่วไปของปลาดุกลูกผสมที่ใช้ในการทดลอง

ภาพผนวกที่7 การเก็บข้อมูลน้ำหนักปลาดุกลูกผสมก่อนการทดลอง

ภาพผนวกที่8 การเก็บข้อมูลความยาวปลาดุกลูกผสมก่อนการทดลอง



ภาพผนวกที่9 การใช้ตาข่ายตาถี่คลุมปากบ่อทดลองด้วย
เพื่อกันศัตรูปลาและกันปลาหลบหนี

ภาพผนวกที่10 การปล่อยปลาดุกลูกผสมลงบ่อทดลอง

ภาพผนวกที่11 การเตรียมแผ่นโฟมไว้สำหรับปลูกผักบุ้งจีนด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์

ภาพผนวกที่12 การปลูกต้นอ่อนของผักบุ้งจีนมาหุ้มฟองน้ำแล้วลงปลูก

ภาพผนวกที่13 ลักษณะทั่วไปของสถานที่ทำการทดลอง

ภาพผนวกที่14 ลักษณะทั่วไปของผักบุ้งจีน

ภาพผนวกที่15 การเก็บเกี่ยวผักบุ้งจีน

ภาพผนวกที่16 ปลาดุกลูกผสมในบ่อทดลอง อายุ 123 วัน

ภาพผนวกที่17 การชั่งน้ำหนักรวมของปลาดุกลูกผสมสุทธิ หลังเสร็จสิ้นการทดลอง

ภาพผนวกที่18 การเก็บข้อมูลน้ำหนักปลาดุกลูกผสมเมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง

ภาพผนวกที่19 การเก็บข้อมูลความยาวปลาดุกลูกผสมเมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง