เอกสารวิชาการฉบับที่ ๕๕/๒๕๕๑ Technical Paper No. 55/2008

ผลของการเก็บรักษาไรแดงต่อการเจริญเติบโตของปลา

Effect of Preservation of *Moina macrocopa* on Growth Performances of Fish

นุชนรี ทองศรี Nuchnaree Tongsri
จุฑามาศ ชมภูนิช Juthamas Chomphunich
จูอะดี พงศ์มณีรัตน์ Juadee Pongmaneerat
ชนิกานต์ เชษฐสิงห์ Chanikarn Chadthasing

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด Inland Fisheries Research and Development Bureau
กรมประมง Department of Fisheries
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ Ministry of Agriculture and Cooperatives

เอกสารวิชาการฉบับที่ ๕๕/๒๕๕๑ Technical Paper No. 55/2008

ผลของการเก็บรักษาไรแดงต่อการเจริญเติบโตของปลา

Effect of Preservation of *Moina macrocopa* on Growth Performances of Fish

นุชนรี ทองศรี Nuchnaree Tongsri
จุฑามาศ ชมภูนิช Juthamas Chomphunich
จูอะดี พงศ์มณีรัตน์ Juadee Pongmaneerat
ชนิกานต์ เชษฐสิงห์ Chanikarn Chadthasing

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด

สถาบันวิจัยอาหารสัตว์น้ำจืด Inland Feed Research Institute
สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด Inland Fisheries Research and Development Bureau
กรมประมง Department of Fisheries
๒๕๕๑ 2008

รหัสทะเบียนวิจัย 49-0512-49199

สารบาญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนำ	3
วัตถุประสงค์	4
วิธีดำเนินการ	4
ผลการศึกษา	9
สรุปและวิจารณ์ผล	16
เอกสารอ้างอิง	19

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด

สารบาญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เปอร์เซ็นต์น้ำสูญเสียระหว่างการละลาย (% free drip) ของไรแดงที่ผ่านการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน	9
2	คุณค่าทางเคมี (% น้ำหนักแห้ง) ของไรแดงที่ผ่านการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน	10
3	การเจริญเติบโต อัตราการกินอาหาร อัตราแลกเนื้อ อัตรารอด ของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยไรแดงในสภาพต่าง ๆ ที่ผ่านการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 14 วัน	14
4	การเจริญเติบโต อัตราการกินอาหาร อัตราแลกเนื้อ อัตรารอด ของปลาแฟนซีคาร์พที่เลี้ยงด้วยไรแดงในสภาพต่าง ๆ ที่ผ่านการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 14 วัน	15

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง

สารบาญภาพ

ภาพภาคผนวกที่		หน้า
1	การเก็บรักษาไรแดงที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน	21
2	ลักษณะทางกายภาพของไรแดงในสภาพต่าง ๆ ที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน	21

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด

ผลของการเก็บรักษาไรแดงต่อการเจริญเติบโตของปลา

นุชนรี ทองศรี[๑]* จุฑามาศ ชมภูนิช[๑] จูอะดี พงศ์มณีรัตน์[๒] และ ชนิกานต์ เชษฐสิงห์[๓]

[๑]สถาบันวิจัยอาหารสัตว์น้ำจืด กรมประมง

[๒]ราชการบริหารส่วนกลาง กรมประมง

[๓]สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด กรมประมง

บทคัดย่อ

การอนุบาลปลาดุกลูกผสมและปลาแฟนซีคาร์พ อายุ 10 วัน ด้วยไรแดงในสภาพต่าง ๆ ที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส ได้แก่ ไรแดงสดแช่แข็ง (ชุดการทดลองที่ 1), ไรแดงสดเสริมสารอาหารแช่แข็ง (ชุดการทดลองที่ 2), ไรแดงสดเสริมสารอาหารและแช่ด้วยน้ำเกลือ 0.5 เปอร์เซ็นต์ (อุณหภูมิน้ำเกลือ 25±1 องศาเซลเซียส) แช่แข็ง (ชุดการทดลองที่ 3), ไรแดงสดเสริมสารอาหารและแช่ด้วยน้ำเกลือ 0.5 เปอร์เซ็นต์ (อุณหภูมิน้ำเกลือ 17±1 องศาเซลเซียส) แช่แข็ง (ชุดการทดลองที่ 4) และไรแดงมีชีวิต (ชุดควบคุม) เป็นระยะเวลา 14 วัน

ผลการทดลองพบว่า ปลาทั้ง 2 ชนิดที่เลี้ยงด้วยไรแดงมีชีวิต (ชุดการทดลองที่ 5) และไรแดงสดแช่แข็ง (ชุดการทดลองที่ 1) มีค่าการเจริญเติบโต ทั้งด้านน้ำหนัก ความยาว น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่าการเจริญเติบโตมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับปลาที่เลี้ยงด้วยไรแดงเสริมสารอาหารทุกชุดการทดลอง อย่างไรก็ตามอัตรารอดของปลาทั้ง 2 ชนิดทุกชุดการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) จากการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า สามารถนำไรแดงสดแช่แข็งมาใช้ทดแทนไรแดงมีชีวิตในการอนุบาลปลาดุกลูกผสมและปลาแฟนซีคาร์พได้ ทั้งนี้ได้ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพ และคุณค่าทางเคมีของไรแดงในสภาพต่าง ๆ ที่ผ่านการเก็บรักษาแล้ว

คำสำคัญ: ไรแดง การเก็บรักษา การเจริญเติบโต

*ผู้รับผิดชอบ: สถาบันวิจัยอาหารสัตว์น้ำจืด กรมประมง เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร ๑๐๙๐๐

โทร. ๐ ๒๙๔๐ ๖๑๓๐-๔๕ ต่อ ๔๕๑๒ e-mail : nuchnareet@fisheries.go.th

สำนักวิชาและพัฒนาประมงน้ำจืด

Effect of Preservation of *Moina macrocopa* on Growth Performances of Fish

Nuchnaree Tongsri[1]* Juthamas Chomphunich[1] Juadee Pongmaneerat[2] and Chanikarn Chadthasing[3]

[1]Inland Feed Research Institute, Department of Fisheries

[2]Central Government, Department of Fisheries

[3]Inland Aquaculture Research Institute, Department of Fisheries

Abstract

Nursing experiments of Hybrid Clarias Catfish (*Clarias macrocephalus x Clarias gariepinus*) and Fancy Carp (*Cyprinus capio* Linn.) larvae (10 days old) were studied by feeding with each type of preservation of Moina for 14 days as follow : 1) frozen 2) enriched and frozen 3) enriched, soaked in normal saline 0.5 % at 25±1 °C and frozen 4) enriched, soaked in normal saline 0.5 % at 17±1 °C and frozen and 5) live Moina (control).

The results showed that both species of fish fed with live Moina (5) and frozen Moina (1) were not significant ($p>0.005$) in growth performances (body weight, total length, weight gain and specific growth rate) but significantly higher ($p<0.05$) than the other treatments. However, the survival rates of both species of fish were not significant ($p>0.05$) among the treatment groups. The study was concluded that frozen Moina could be used instead of live Moina for nursing of both species of fish. Besides, the physical and chemical properties of Moina in each type of preservation were studied.

Key words: *Moina*, preservation, growth performances

*Corresponding author: Inland Feed Research Institute, Department of Fisheries, Chatujak, Bangkok 10900

Tel. 0 2940 6130-45 ext. 4512 e-mail: nuchnareet@fisheries.go.th

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด

คำนำ

ไรแดง (*Moina macrocopa*) เป็นอาหารมีชีวิตที่มีความสำคัญและมีบทบาทมากในวงการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทั้งน้ำจืดและน้ำกร่อย เนื่องจากไรแดงมีขนาดและคุณค่าทางโภชนาการเหมาะสมสำหรับใช้ในการอนุบาลลูกปลาวัยอ่อนชนิดต่าง ๆ โดยเฉพาะปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เช่น ปลาดุก ปลาสวาย ปลาบู่ และปลาสวยงามทั่วไป (วิรัตดา, 2543) ทั้งนี้ลูกปลาวัยอ่อนหลายชนิดยังมีการพัฒนาอวัยวะในการย่อยอาหารไม่สมบูรณ์ โดยเฉพาะในช่วง 2 สัปดาห์แรก ทำให้ต้องอาศัยอาหารมีชีวิตซึ่งมีเอนไซม์ช่วยย่อยอาหารและมีกรดอะมิโนอิสระเป็นองค์ประกอบ สัตว์น้ำวัยอ่อนจึงสามารถนำไปใช้ได้ทันที ส่งผลให้ลูกปลามีอัตรารอดและการเจริญเติบโตที่ดี (อมรรัตน์ และบุษกร, 2543) ซึ่งปัจจุบันการพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำประสบผลสำเร็จมากขึ้น ความต้องการไรแดงเพื่อนำมาอนุบาลลูกปลาวัยอ่อนย่อมเพิ่มสูงขึ้นไปด้วย ถึงแม้ว่าจะมีการเพาะเลี้ยงไรแดงในเชิงพาณิชย์มากขึ้น เนื่องจากไรแดงในธรรมชาติไม่เพียงพอกับความต้องการ ด้วยสภาพแวดล้อมถูกทำลายขาดความเหมาะสมต่อการแพร่พันธุ์ แต่ยังคงขาดแคลนไรแดงในบางช่วงฤดูกาล เช่น ฤดูฝน ซึ่งเป็นช่วงฤดูการเพาะพันธุ์สัตว์น้ำ จึงส่งผลต่อการอนุบาลสัตว์น้ำ

การเก็บรักษาโดยวิธีแช่แข็งเพื่อให้น้ำที่อยู่ในอาหารกลายเป็นน้ำแข็ง ถือว่าเป็นการถนอมอาหารที่ดีสามารถเก็บอาหารได้นานเป็นปี (บุษกร, 2547) ซึ่งมีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการนำแพลงก์ตอนสัตว์แช่แข็งมาอนุบาลและเลี้ยงสัตว์น้ำหลายชนิด ทั้งกุ้งแชบ๊วย กุ้งกุลาดำ (บุญรัตน์ และคงศักดิ์, 2546; สุรชาต และวริษฐา, 2546) รวมถึงปลาชนิดต่าง ๆ เช่น African catfish, Golden Perch เป็นต้น (Nanthawat and Marc, 1994; Herbert and Graham, 2003) แต่ไรแดงที่ผ่านการแช่แข็งมักมีสีซีดลงและมีการละลายของส่วนของเหลวออกมา ส่งผลให้ปลาบางชนิดไม่ยอมรับไรแดงหรือกินได้น้อย จากการศึกษาการแช่แข็งแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ พบว่าเมื่อนำออกมาจากการแช่แข็งและตั้งทิ้งไว้ให้ละลาย (thawing) จะมีการสูญเสียสารอาหารออกจากตัวซึ่งเกิดจากการละลาย (Grabner *et al*., 1981) ดังนั้นการรักษาสภาพหรือเพิ่มความคงทนของการสลายตัวจากขบวนการแช่แข็งได้ ก็อาจเป็นการช่วยลดการสูญเสียคุณค่าทางอาหารของไรแดงได้ ซึ่งการที่จะลดการสูญเสียน้ำหลังการแช่แข็งได้นั้น ควรจะลดปริมาณน้ำก่อนการนำไปแช่แข็งเพื่อที่จะไม่ส่งผลต่อการเกิดผลึกน้ำแข็งและเกิดการละลายน้ำเมื่อนำออกมาจากการแช่แข็ง โดยการใช้เกลือเพื่อทำให้เกิดขบวนการออสโมซิส (osmosis) ซึ่งจะช่วยลดปริมาณน้ำที่อยู่ในอาหารอย่างเหมาะสม แต่ข้อเสียของอาหารธรรมชาติอย่างหนึ่งคือ คุณค่าทางโภชนาการอาจไม่สม่ำเสมอ ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม และอาหารที่กิน ดังนั้นการเสริมสารอาหารจะทำให้อาหารมีชีวิตมีคุณค่าทางอาหารเพิ่มขึ้น ซึ่งจะช่วยให้สัตว์น้ำมีอัตรารอด การเจริญเติบโต และทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดีขึ้น (Watanabe *et al*., 1983; พิศมัย และคณะ, 2539) ประกอบกับการลดอุณหภูมิก่อนการแช่แข็งจะช่วยลดการเกิดขบวนการเมตาโบลิซึมในสิ่งมีชีวิต จากข้อมูลดังกล่าวจึงนำมาเป็นแนวทางสำหรับการศึกษาในครั้งนี้ โดยใช้วิธีการต่าง ๆ ในการช่วยรักษาสภาพของไรแดงที่ต้องแช่แข็งเพื่อการส่งออกหรือเก็บรักษาไว้ในบางช่วงของฤดูกาลที่ไรแดงขาดแคลนได้ ดังนั้นหากมีงานวิจัยเพื่อศึกษาการเก็บรักษาไรแดงเพื่อให้มีไรแดงตลอดฤดูการเพาะพันธุ์สัตว์น้ำได้นั้น ย่อมส่งผลให้การจัดการการอนุบาลสัตว์น้ำเศรษฐกิจและสัตว์น้ำสวยงามเป็นไปได้ด้วยดี

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพและคุณค่าทางเคมีของไรแดงที่ผ่านการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน
2. เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของปลาดุกลูกผสม (*Clarias macrocephalus x Clarias gariepinus*) และปลาแฟนซีคาร์พ (*Cyprinus capio* Linn.) ที่เลี้ยงด้วยไรแดงที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาพต่าง ๆ กัน

วิธีดำเนินการ

1. การวางแผนการศึกษา

1.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design; CRD) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่1 ศึกษาลักษณะทางกายภาพและคุณค่าทางเคมีของไรแดงที่ผ่านการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ๆ ละ 4 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ไรแดงสดแช่แข็ง

ชุดการทดลองที่ 2 ไรแดงสดเสริมสารอาหารแช่แข็ง

ชุดการทดลองที่ 3 ไรแดงสดเสริมสารอาหาร และแช่ในน้ำเกลือความเข้มข้น 0.5 % (ที่อุณหภูมิน้ำเกลือประมาณ 25±1 องศาเซลเซียส) แช่แข็ง

ชุดการทดลองที่ 4 ไรแดงสดเสริมสารอาหาร และแช่ในน้ำเกลือความเข้มข้น 0.5 % (ที่อุณหภูมิน้ำเกลือประมาณ 17±1 องศาเซลเซียส) แช่แข็ง

การทดลองที่2 ศึกษาการเจริญเติบโตของปลาดุกลูกผสม (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*) และปลาแฟนซีคาร์พ (*Cyprinus capio* Linn.)

โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 5 ชุดการทดลอง ๆ ละ 4 ซ้ำ โดยให้ไรแดงที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาพต่าง ๆ เป็นอาหารดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ไรแดงสดแช่แข็ง

ชุดการทดลองที่ 2 ไรแดงสดเสริมสารอาหารแช่แข็ง

ชุดการทดลองที่ 3 ไรแดงสดเสริมสารอาหาร และแช่ในน้ำเกลือความเข้มข้น 0.5 % (ที่อุณหภูมิน้ำเกลือประมาณ 25±1 องศาเซลเซียส) แช่แข็ง

ชุดการทดลองที่ 4 ไรแดงสดเสริมสารอาหาร และแช่ในน้ำเกลือความเข้มข้น 0.5 % (ที่อุณหภูมิน้ำเกลือประมาณ 17±1 องศาเซลเซียส) แช่แข็ง

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ชุดการทดลองที่ 5 ไรแดงมีชีวิต

1.2 สถานที่และระยะเวลาดำเนินการทดลอง

ดำเนินการทดลองที่สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด อ.บางไทร จ.พระนครศรีอยุธยา ระหว่างเดือนตุลาคม ถึง พฤศจิกายน 2549 เป็นเวลา 44 วัน

2. วิธีดำเนินการ

การทดลองที่1 ศึกษาลักษณะทางกายภาพและคุณค่าทางเคมีของไรแดงที่ผ่านการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

1. การเตรียมสารอาหาร ใช้ไข่ไก่ (เฉพาะไข่แดง) 5 กรัม น้ำมันปลาทูน่า 5 กรัม วิตามินซีและวิตามินอี อย่างละ 5 กรัม น้ำ 100 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ และทำการตรวจสอบส่วนผสมด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 10 เท่า (10X) หากพบว่าหยดน้ำมันมีขนาดใหญ่หรือเล็กไม่ใกล้เคียงกันจะทำการปั่นซ้ำหลายๆ ครั้ง จนกระทั่งขนาดของหยดน้ำมันในส่วนผสมมีขนาดเล็กใกล้เคียงกัน นำส่วนผสมที่ได้เก็บในขวดแก้วที่มีฝาปิด (flask) และห่อด้วยกระดาษฟอยด์เพื่อป้องกันแสง แล้วเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ -4 องศาเซลเซียส (พิศมัย และคณะ, 2549) เพื่อใช้ในการทดลอง

2. การเสริมสารอาหาร ใส่สารอาหารที่เตรียมไว้ จำนวน 10 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 1 ลิตร ในโหลแก้วทรงกระบอกความจุ 10 ลิตร ซึ่งบรรจุน้ำปริมาตร 8 ลิตร และให้อากาศโดยใส่หัวทราย 1 อัน นำไรแดงมีชีวิตมาล้างด้วยน้ำจืดที่สะอาด และซับน้ำออกด้วยผ้า แล้วใส่ไรแดงประมาณ 500 กรัม (น้ำหนักเปียก) ในโหลแก้วแต่ละโหล ให้ไรแดงได้รับสารอาหารดังกล่าวเป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วจึงกรองด้วยสวิง ล้างด้วยน้ำจืดที่สะอาด และซับน้ำออกด้วยผ้า

3. เตรียมไรแดงแต่ละชุดการทดลองดังนี้

3.1 ชุดการทดลองที่ 1 นำไรแดงมีชีวิตมาล้างด้วยน้ำจืดที่สะอาด และซับน้ำออกให้มากที่สุดด้วยผ้าแห้ง แล้วนำมาชั่งน้ำหนักประมาณ 5 กรัม ใส่ถ้วยอะลูมิเนียมทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร นำถ้วยอะลูมิเนียมที่ใส่ไรแดงแต่ละใบใส่ถุงพลาสติก (ถุงซิป) ปิดปากถุงให้แน่น แล้วใส่กล่องพลาสติกและเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน (ภาพภาคผนวกที่ 1)

3.2 ชุดการทดลองที่ 2 นำไรแดงมีชีวิตมาล้างด้วยน้ำจืดที่สะอาด และซับน้ำออกให้มากที่สุดด้วยผ้าแห้ง แล้วนำไรแดงที่ได้ไปเสริมสารอาหาร 6 ชั่วโมง จากนั้นนำมากรองด้วยสวิง ซับน้ำออกให้มากที่สุดด้วยผ้า และนำไรแดงมาชั่งน้ำหนักประมาณ 5 กรัม ใส่ถ้วยอะลูมิเนียมทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร นำถ้วยอะลูมิเนียมที่ใส่ไรแดงแต่ละใบใส่ถุงพลาสติก (ถุงซิป) ปิดปากถุงให้แน่น แล้วใส่กล่องพลาสติกและเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน

3.3 ชุดการทดลองที่ 3 นำไรแดงมีชีวิตมาล้างด้วยน้ำจืดที่สะอาด และซับน้ำออกให้มากที่สุดด้วยผ้าแห้ง แล้วนำไรแดงที่ได้ไปเสริมสารอาหาร 6 ชั่วโมง จากนั้นนำมากรองด้วยสวิง ซับน้ำออกให้มากที่สุดด้วยผ้า นำไรแดงที่เสริมสารอาหารแล้วมาใส่โหลแก้วขนาด 10 ลิตร ที่บรรจุน้ำเกลือความเข้มข้น 0.5

เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิน้ำเกลือ 25±1 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบ 1 ชั่วโมง นำไรแดงมาชั่งน้ำหนักประมาณ 5 กรัม ใส่ถ้วยอะลูมิเนียมทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร แล้วนำถ้วยอะลูมิเนียมที่ใส่ไรแดงแต่ละใบใส่ถุงพลาสติก (ถุงซิป) ปิดปากถุงให้แน่น แล้วใส่กล่องพลาสติกและเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน

3.4 ชุดการทดลองที่ 4 นำไรแดงมีชีวิตมาล้างด้วยน้ำจืดที่สะอาด และซับน้ำออกให้มากที่สุดด้วยผ้าแห้ง แล้วนำไรแดงที่ได้ไปเสริมสารอาหาร 6 ชั่วโมง จากนั้นนำมากรองด้วยสวิง ซับน้ำออกให้มากที่สุดด้วยผ้า นำไรแดงที่เสริมสารอาหารแล้วมาใส่โหลแก้วขนาด 10 ลิตร ที่บรรจุน้ำเกลือความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิน้ำเกลือ 17±1 องศาเซลเซียส (โหลแก้วที่บรรจุน้ำเกลือความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ วางลงในกล่องโฟมและใส่น้ำแข็งพร้อมเกลือทะเลรอบ ๆ โหลแก้ว ทำให้ได้อุณหภูมิน้ำเกลือเป็น 17±1 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบ 1 ชั่วโมง นำไรแดงมาชั่งน้ำหนักประมาณ 5 กรัม ใส่ถ้วยอะลูมิเนียมทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร แล้วนำถ้วยอะลูมิเนียมที่ใส่ไรแดงแต่ละใบใส่ถุงพลาสติก (ถุงซิป) ปิดปากถุงให้แน่น แล้วใส่กล่องพลาสติกและเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน

4. หลังจากครบกำหนดการเก็บรักษาไรแดงทั้ง 4 ชุดการทดลอง ที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน นำไรแดงดังกล่าว มาตรวจสอบ

- ลักษณะทางกายภาพ โดยประสาทสัมผัส (sensory methods) ได้แก่ สี กลิ่น และรูปร่างลักษณะของไรแดงภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และนำมาหาค่าเปอร์เซ็นต์น้ำสูญเสียระหว่างการละลาย (% free drip) ตามวิธีของ Hiroshi (1987)

$$\text{เปอร์เซ็นต์น้ำสูญเสียระหว่างการละลาย (\% free drip)} = \frac{(X-Y)}{X} \times 100$$

X คือ น้ำหนักของไรแดงที่ทำเป็นบล็อก โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร และความสูง 0.5 เซนติเมตร ซึ่งผ่านการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

Y คือ น้ำหนักของไรแดงบล็อกหลังจากวางบนกระดาษกรอง 2 แผ่น และเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

- คุณค่าทางเคมี นำไรแดงที่ผ่านการเก็บรักษาแต่ละชุดทดลองและไรแดงมีชีวิตตัวอย่างละ 500 กรัม มาวิเคราะห์หาคุณค่าทางเคมี (proximate analysis) ด้วยวิธี AOAC (2000) ดังนี้

การวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณโปรตีน	ด้วยวิธี macro-kjeldahl
การวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณไขมัน	ด้วยวิธี ether - extraction
การวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณเถ้า	ด้วยวิธี muffle furnace combustion
การวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณเยื่อใย	ด้วยวิธี acid-alkali digestion
การวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณความชื้น	ด้วยวิธี oven-drying

สำนักวิชาเลขพัฒนาประมงชายฝั่ง

ส่วนค่าคาร์โบไฮเดรต หรือ NFE (Nitrogen free extract) และค่าพลังงานรวมในอาหาร คำนวณตามวิธีของ วิมล และคณะ (2537) ดังนี้

NFE คาร์โบไฮเดรต (%) = 100-(%โปรตีน+%ไขมัน+%เยื่อใย+%เถ้า+%ความชื้น)

พลังงานรวม (Kcal/100 g) = (%โปรตีนx5.65)+(%ไขมันx9.45)+(%คาร์โบไฮเดรตx4.15)

การทดลองที่2 ศึกษาการเจริญเติบโตของปลาดุกลูกผสม (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*) และปลาแฟนซีคาร์พ (*Cyprinus capio* Linn.)

1. การเตรียมภาชนะทดลอง นำโหลแก้วขนาดปริมาตร 5 ลิตร ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 16.5 เซนติเมตร สูง 27 เซนติเมตร จำนวน 40 ใบ เติมน้ำให้มีระดับความลึก 21 เซนติเมตร คิดเป็นปริมาตรน้ำ 3 ลิตร ทุกภาชนะทดลองมีหัวทรายให้อากาศ 1 อัน และเมื่อเลี้ยงลูกปลาได้ครบ 7 วัน ปรับปริมาตรน้ำเป็น 4 ลิตร จนสิ้นสุดการทดลอง

2. ปลาทดลอง

นำปลาดุกลูกผสมและปลาแฟนซีคาร์พที่ได้จากการเพาะพันธุ์จากพ่อแม่พันธุ์ชุดเดียวกัน อายุ 7 วัน มาอนุบาลในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 1 ตัน ให้ไรแดงมีชีวิตเป็นอาหาร เป็นระยะเวลา 3 วัน จากนั้นทำการคัดขนาดปลาที่ใช้ในการทดลองให้มีขนาดใกล้เคียงกัน สุ่มลูกปลาทั้ง 2 ชนิด จำนวน 100 ตัว เพื่อวัดความยาวเริ่มต้น ด้วยเครื่องมือวัด Vernier มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร และชั่งน้ำหนักรวมด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง มีหน่วยเป็นมิลลิกรัม แล้วนำมาหาน้ำหนักเฉลี่ย และสุ่มลูกปลาเพื่อการทดลองลงภาชนะทดลอง ๆ ละ 30 ตัว โดยแบ่งเป็น 2 ชุดการทดลอง คือ ชุดการทดลองการเจริญเติบโตของปลาดุกลูกผสมและปลาแฟนซีคาร์พ การศึกษาปลาแต่ละชนิดมี 5 ชุดการทดลองๆ ละ 4 ซ้ำ

3. อาหารทดลอง ได้แก่ ไรแดงที่ผ่านการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน ทั้ง 4 ชุดการทดลอง และไรแดงมีชีวิต โดยก่อนใช้ไรแดงที่ผ่านการแช่แข็งจะนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 5 นาที แล้วจึงให้ปลาทดลอง ให้อาหารวันละ 5 ครั้ง เวลา 09.00 น., 12.00 น., 15.00 น., 18.00 น. และ 21.00 น. โดยให้กินจนอิ่มและจดบันทึกปริมาณอาหารที่ให้ในแต่ละครั้ง เป็นระยะเวลา 14 วัน

4. การจัดการทดลอง ดูดตะกอนและเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรน้ำทุกวัน ตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำก่อนการเปลี่ยนถ่ายน้ำสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ดังนี้ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) วัดด้วยเครื่อง DO meter ยี่ห้อ YSI รุ่น 52 ความเป็นกรดเป็นด่าง วัดด้วยเครื่อง pH meter ยี่ห้อ Hanna รุ่น Hi 9901001 ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร) ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร) ปริมาณแอมโมเนียรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร) และปริมาณไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) โดยวิธีการที่กล่าวอ้างโดยไมตรีและจารุวรรณ (2528) และตรวจสอบอุณหภูมิน้ำ ด้วยเทอร์โมมิเตอร์ มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

สำนักวิทยบริการฯ มหาวิทยาลัยพะเยา

การวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาคำนวณหาดัชนีต่าง ๆ ดังนี้

1. น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย ความยาวสุดท้ายเฉลี่ย

2. น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (weight gain; มิลลิกรัม/วัน)

$$= \frac{\text{น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง-น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง}}{\text{ระยะเวลาทดลอง}}$$

3. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate; เปอร์เซ็นต์/วัน)

$$= \frac{(ln\text{น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง})- (ln\text{น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง})}{\text{ระยะเวลาทดลอง}} \times 100$$

4. อัตราการกินอาหาร (daily feed intake; เปอร์เซ็นต์/วัน)

$$= \frac{\text{ปริมาณอาหารที่ปลากินเฉลี่ยต่อวัน}}{(\text{น้ำหนักปลาเริ่มต้น} + \text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง})/2} \times 100$$

5. ปริมาณการกินโปรตีน (มิลลิกรัม/นน.ปลา 1 กรัม/วัน)

$$= \frac{\text{อัตราการกินอาหาร x เปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหารx1000}}{100}$$

6. ปริมาณการกินไขมัน (มิลลิกรัม/นน.ปลา 1 กรัม/วัน)

$$= \frac{\text{อัตราการกินอาหาร x เปอร์เซ็นต์ไขมันในอาหารx1000}}{100}$$

7. อัตราแลกเนื้อ (feed conversion ratio)

$$= \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ปลากิน}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}$$

8. อัตรารอด (survival rate; เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{\text{จำนวนลูกปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตัว)}}{\text{จำนวนลูกปลาเมื่อเริ่มต้นการทดลอง (ตัว)}} \times 100$$

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด

นำข้อมูลที่คำนวณได้จากการทดลอง และมีการกระจายแบบปกติมาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี one way analysis of variance สำหรับข้อมูลอัตรารอด ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธี arcsine transformation ก่อนการวิเคราะห์ เพื่อให้ข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ (normal distribution) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของชุดการทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทั้งหมดใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS for windows 11

ผลการศึกษา

<u>การทดลองที่ 1</u> ศึกษาลักษณะทางกายภาพและคุณค่าทางเคมีของไรแดงที่ผ่านการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

เมื่อนำไรแดงที่ผ่านการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน ทั้ง 4 ชุดการทดลอง คือ ไรแดงสดแช่แข็ง (ชุดการทดลองที่ 1), ไรแดงสดเสริมสารอาหารแช่แข็ง (ชุดการทดลองที่ 2), ไรแดงสดเสริมสารอาหาร และแช่ในน้ำเกลือความเข้มข้น 0.5 % (ที่อุณหภูมิน้ำเกลือประมาณ 25$\pm$1 องศาเซลเซียส) แช่แข็ง (ชุดการทดลองที่ 3), ไรแดงสดเสริมสารอาหาร และแช่ในน้ำเกลือความเข้มข้น 0.5 % (ที่อุณหภูมิน้ำเกลือประมาณ 17$\pm$1 องศาเซลเซียส) แช่แข็ง (ชุดการทดลองที่ 4) มาตรวจสอบลักษณะทางกายภาพโดยทางประสาทสัมผัส (sensory methods) ซึ่งได้แก่ สี กลิ่น และรูปร่างลักษณะของไรแดง พบว่า ไรแดงในชุดการทดลองที่ 1 ซึ่งเป็นไรแดงสดที่แช่แข็งทันทีหลังการล้างทำความสะอาด มีสีแดงสดกว่า (ภาพภาคผนวกที่ 2) และมีกลิ่นคาวน้อยกว่า ไรแดงชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 ซึ่งมีการเสริมสารอาหารและแช่น้ำเกลือก่อนนำไปแช่แข็ง ส่วนรูปร่างลักษณะของไรแดงภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่า ไรแดงทุกชุดการทดลองมีเปลือกหุ้มลำตัวแยกออกจากลำตัว

ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำสูญเสียระหว่างการละลาย (% free drip) มีค่าเท่ากับ 35.18$\pm$1.09, 36.92$\pm$0.65, 36.76$\pm$0.78 และ 37.61$\pm$0.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1) เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำสูญเสียระหว่างการละลายของไรแดงทั้ง 4 ชุดการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์น้ำสูญเสียระหว่างการละลาย (% free drip) ของไรแดงที่ผ่านการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

	ชุดการทดลองที่			
	1	2	3	4
% free drip	35.18$\pm$1.09[a]	36.92$\pm$0.65[a]	36.76$\pm$0.78[a]	37.61$\pm$0.03[a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

สำนักวิทยบริการฯ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

สำหรับคุณค่าทางเคมีของไรแดงทั้ง 5 ชุดการทดลอง พบว่า มีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 73.47-79.32 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไขมันอยู่ในช่วง 4.87-8.68 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเยื่อใยอยู่ในช่วง 5.72-8.73 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณเถ้าอยู่ในช่วง 6.84-8.86 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 คุณค่าทางเคมี (% น้ำหนักแห้ง) ของไรแดงที่ผ่านการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

องค์ประกอบทางเคมี	ชุดการทดลองที่				
	1	2	3	4	5
ค่าจากการวิเคราะห์					
โปรตีน	79.10	77.20	73.47	74.52	79.32
ไขมัน	4.87	8.68	8.36	8.43	4.97
เยื่อใย	5.80	6.94	8.24	8.73	5.72
เถ้า	7.89	6.84	8.86	8.52	7.64
ค่าจากการคำนวณ					
NFE (%)	2.34	0.34	0.33	0.21	2.34
พลังงานรวม (Kcal / 100 g)	516.17	546.15	526.39	534.41	518.07

<u>การทดลองที่ 2</u> ศึกษาการเจริญเติบโตของปลาดุกลูกผสมและปลาแฟนซีคาร์พ

การเลี้ยงปลาดุกลูกผสมและปลาแฟนซีคาร์พอายุ 10 วัน ด้วยไรแดงในสภาพต่าง ๆ คือ ไรแดงสดแช่แข็ง (ชุดการทดลองที่ 1), ไรแดงสดเสริมสารอาหารแช่แข็ง (ชุดการทดลองที่ 2), ไรแดงสดเสริมสารอาหาร และแช่ในน้ำเกลือความเข้มข้น 0.5 % (ที่อุณหภูมิน้ำเกลือประมาณ 25$\pm$1 องศาเซลเซียส) แช่แข็ง (ชุดการทดลองที่ 3), ไรแดงสดเสริมสารอาหาร และแช่ในน้ำเกลือความเข้มข้น 0.5 % (ที่อุณหภูมิน้ำเกลือประมาณ 17$\pm$1 องศาเซลเซียส) แช่แข็ง (ชุดการทดลองที่ 4) และ ไรแดงมีชีวิต (ชุดการทดลองที่ 5) เป็นระยะเวลา 14 วัน มีผลการทดลองดังนี้

1. การเจริญเติบโต

1.1 น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย

ปลาดุกลูกผสมเริ่มต้นการทดลองมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 4.75 มิลลิกรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลองปลาดุกลูกผสมมีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 48.56$\pm$3.46, 39.07$\pm$7.09, 35.53$\pm$1.16, 37.48$\pm$2.21 และ 52.58$\pm$2.50 มิลลิกรัม ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปลาดุกลูกผสมในชุดการทดลองที่ 1 และ 5

สำนักวิทยบริการและพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยหัวเฉียว

มีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่ามากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับปลาดุกลูกผสมในชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 ทั้งนี้ปลาดุกลูกผสมในชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 มีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 3)

ปลาแฟนซีคาร์พเริ่มต้นการทดลองมีค่าน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 มิลลิกรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลองปลาแฟนซีคาร์พมีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 36.46±3.52, 25.83±2.17, 25.28±0.75, 24.45±0.69 และ 38.44±1.55 มิลลิกรัม ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปลาแฟนซีคาร์พในชุดการทดลองที่ 1 และ 5 มีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่ามากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับปลาแฟนซีคาร์พในชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 ทั้งนี้ปลาแฟนซีคาร์พในชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 มีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4)

1.2 ความยาวสุดท้ายเฉลี่ย

ปลาดุกลูกผสมเริ่มต้นการทดลองมีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 8.67±0.51 มิลลิเมตร เมื่อสิ้นสุดการทดลองปลาดุกลูกผสมมีความยาวสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 18.88±0.63, 17.89±0.71, 17.47±0.59, 17.53±0.39 และ18.97±0.32 มิลลิเมตร ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปลาดุกลูกผสมในชุดการทดลองที่ 1 และ 5 มีค่าความยาวสุดท้ายเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่ามากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับปลาดุกลูกผสมในชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 ทั้งนี้ปลาดุกลูกผสมในชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 มีค่าความยาวสุดท้ายเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 3)

ปลาแฟนซีคาร์พเริ่มต้นการทดลองมีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 8.96±0.83 มิลลิเมตร เมื่อสิ้นสุดการทดลองปลาแฟนซีคาร์พมีความยาวสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 15.65±0.54, 14.51±0.33, 14.48±0.13, 14.49±0.17 และ 15.98±0.17 มิลลิเมตร ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปลาแฟนซีคาร์พในชุดการทดลองที่ 1 และ 5 มีค่าความยาวสุดท้ายเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่ามากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับปลาแฟนซีคาร์พในชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 ทั้งนี้ปลาแฟนซีคาร์พในชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 มีค่าความยาวสุดท้ายเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)(ตารางที่ 4)

1.3 น้ำหนักเพิ่มต่อวัน

เมื่อสิ้นสุดการทดลองปลาดุกลูกผสมมีค่าน้ำหนักเพิ่มต่อวันเท่ากับ 3.13±0.25, 2.45±0.51, 2.20±0.08, 2.34±0.16 และ 3.42±0.18 มิลลิกรัม/วัน ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปลาดุกลูกผสมในชุดการทดลองที่ 1 และ 5 มีค่าน้ำหนักเพิ่มต่อวันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่ามากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับปลาดุกลูกผสมในชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 ทั้งนี้ปลาดุกลูกผสมในชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 มีค่าน้ำหนักเพิ่มต่อวันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 3)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองปลาแฟนซีคาร์พมีค่าน้ำหนักเพิ่มต่อวันเท่ากับ 2.28±0.25, 1.53±0.16, 1.49±0.05, 1.43±0.05 และ 2.42±0.11 มิลลิกรัม/วัน ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปลาแฟนซีคาร์พ

สำนักวิทยบริการฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ในชุดการทดลองที่ 1 และ 5 มีค่าน้ำหนักเพิ่มต่อวันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่ามากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับปลาแฟนซีคาร์พในชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 ทั้งนี้ปลาแฟนซีคาร์พในชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 มีค่าน้ำหนักเพิ่มต่อวันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4)

1.4 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ

เมื่อสิ้นสุดการทดลองปลาดุกลูกผสมมีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเท่ากับ 16.59$\pm$0.52, 14.96$\pm$1.33, 14.37$\pm$0.23, 14.75$\pm$0.41 และ 17.17$\pm$0.34 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปลาดุกลูกผสมในชุดการทดลองที่ 1 และ 5 มีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่ามากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับปลาดุกลูกผสมในชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 โดยปลาดุกลูกผสมในชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 มีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 3)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองปลาแฟนซีคาร์พมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเท่ากับ 14.92$\pm$0.67, 12.46$\pm$0.60, 12.33$\pm$0.21, 12.09$\pm$0.20 และ 15.32$\pm$0.29 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปลาแฟนซีคาร์พในชุดการทดลองที่ 1 และ 5 มีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่ามากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับปลาแฟนซีคาร์พในชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 ทั้งนี้ปลาแฟนซีคาร์พในชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 มีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4)

2. อัตราการกินอาหาร

เมื่อสิ้นสุดการทดลองอัตราการกินอาหารของปลาดุกลูกผสมมีค่าเท่ากับ 11.85$\pm$0.20, 10.81$\pm$0.39, 10.75$\pm$0.18, 10.60$\pm$0.42 และ 11.95$\pm$0.52 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปลาดุกลูกผสมในชุดการทดลองที่ 1 และ 5 มีค่าอัตราการกินอาหารแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่ามากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับปลาดุกลูกผสมในชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 ทั้งนี้ค่าอัตราการกินอาหารของปลาดุกลูกผสมในชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 3)

ส่วนอัตราการกินอาหารของปลาแฟนซีคาร์พ มีค่าเท่ากับ 12.75$\pm$0.50, 13.45$\pm$0.30, 13.52$\pm$0.38, 13.54$\pm$0.23 และ 12.64$\pm$0.16 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปลาแฟนซีคาร์พในชุดการทดลองที่ 1 และ 5 มีค่าอัตราการกินอาหารแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับปลาแฟนซีคาร์พ ในชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 ทั้งนี้ค่าอัตราการกินอาหารของปลาแฟนซีคาร์พในชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4)

สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร

3. ปริมาณโปรตีนที่กิน

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ปริมาณโปรตีนที่กินของปลาดุกลูกผสมมีค่าเท่ากับ 0.812±0.013, 0.739±0.027, 0.699±0.011, 0.709±0.028 และ 0.828±0.036 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักปลา 1 กรัมต่อวัน ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปลาดุกลูกผสมในชุดการทดลองที่ 1 และ 5 มีค่าปริมาณโปรตีนที่กินแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่ามากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับปลาดุกลูกผสมในชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 ส่วนปลาดุกลูกผสมในชุดการทดลองที่ 2 และ 4 มีค่าปริมาณโปรตีนที่กินแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งนี้ปลาดุกลูกผสมในชุดการทดลองที่ 3 และ 4 มีค่าปริมาณโปรตีนที่กินแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เช่นกัน (ตารางที่ 3)

ส่วนปลาแฟนซีคาร์พ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง มีค่าปริมาณโปรตีนที่กินเท่ากับ 0.874±0.035, 0.920±0.020, 0.879±0.025, 0.906±0.015 และ 0.873±0.011 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักปลา 1 กรัมต่อวัน ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปลาแฟนซีคาร์พในชุดการทดลองที่ 5 มีค่าปริมาณโปรตีนที่กินแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับปลาแฟนซีคาร์พในชุดการทดลองที่ 1, 3 และ 4 แต่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับปลาแฟนซีคาร์พในชุดการทดลองที่ 2 ในขณะที่ค่าปริมาณโปรตีนที่กินในปลาแฟนซีคาร์พในชุดการทดลองที่ 2 และ 4 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4)

4. ปริมาณไขมันที่กิน

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ปริมาณไขมันที่กินของปลาดุกลูกผสมมีค่าเท่ากับ 0.050±0.001, 0.083±0.003, 0.079±0.001, 0.080±0.003 และ 0.052±0.002 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักปลา 1 กรัมต่อวัน ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปลาดุกลูกผสมในชุดการทดลองที่ 1 และ 5 มีค่าปริมาณไขมันที่กินแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับปลาดุกลูกผสมในชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 และปลาดุกลูกผสมในชุดการทดลองที่ 2 และ 4 มีค่าปริมาณไขมันที่กินแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งนี้ปลาดุกลูกผสมในชุดการทดลองที่ 3 และ 4 มีค่าปริมาณโปรตีนที่กินแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เช่นกัน (ตารางที่ 3)

ส่วนปลาแฟนซีคาร์พ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง มีค่าปริมาณไขมันที่กินเท่ากับ 0.054±0.002, 0.103±0.002, 0.100±0.003, 0.102±0.002 และ 0.055±0.001 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักปลา 1 กรัมต่อวัน ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปลาแฟนซีคาร์พในชุดการทดลองที่ 1 และ 5 มีค่าปริมาณไขมันที่กินแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่าน้อยกว่าปลาแฟนซีคาร์พในชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่ปริมาณไขมันที่กินในปลาแฟนซีคาร์พในชุดการทดลองที่ 3 และ 4 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และปริมาณไขมันที่กินของปลาแฟนซีคาร์พในชุดการทดลองที่ 2 และ 4 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เช่นกัน (ตารางที่ 4)

สำนักวิทยบริการและพัฒนาการเรียนการสอน

ตารางที่ 3 การเจริญเติบโต อัตราการกินอาหาร อัตราแลกเนื้อ อัตรารอด ของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยไรแดงในสภาพต่าง ๆ ที่ผ่านการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 14 วัน

	ชุดการทดลอง				
	1	2	3	4	5
น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย (มิลลิกรัม)	4.75±0.00[a]	4.75±0.00[a]	4.75±0.00[a]	4.75±0.00[a]	4.75±0.00[a]
น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย (มิลลิกรัม)	48.56±3.46[a]	39.07±7.09[b]	35.53±1.16[b]	37.48±2.21[b]	52.58±2.50[a]
ความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	8.67±0.51[a]	8.67±0.51[a]	8.67±0.51[a]	8.67±0.51[a]	8.67±0.51[a]
ความยาวสุดท้ายเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	18.88±0.63[a]	17.89±0.71[b]	17.47±0.59[b]	17.53±0.39[b]	18.97±0.32[a]
น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (มิลลิกรัม/วัน)	3.13±0.25[a]	2.45±0.51[b]	2.20±0.08[b]	2.34±0.16[b]	3.42±0.18[a]
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (%/วัน)	16.59±0.52[a]	14.96±1.33[b]	14.37±0.23[b]	14.75±0.41[b]	17.17±0.34[a]
อัตราการกินอาหาร (%/วัน)	11.85±0.20[a]	10.81±0.39[b]	10.75±0.18[b]	10.60±0.42[b]	11.95±0.52[a]
ปริมาณโปรตีนที่กิน (มก./นน.ปลา 1 ก./วัน)	0.812±0.013[a]	0.739±0.027[b]	0.699±0.011[c]	0.709±0.028[bc]	0.828±0.036[a]
ปริมาณไขมันที่กิน (มก./นน.ปลา 1 ก./วัน)	0.050±0.001[c]	0.083±0.003[a]	0.079±0.001[b]	0.080±0.003[ab]	0.052±0.002[c]
อัตราแลกเนื้อ (as fed)	7.22±0.17[a]	6.95±0.46[a]	7.04±0.18[a]	6.84±0.25[a]	7.18±0.25[a]
อัตรารอด (%)	97.50±1.67[a]	95.00±5.77[a]	95.83±1.67[a]	91.67±4.30[a]	95.83±4.19[a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

5. อัตราแลกเนื้อ

เมื่อสิ้นสุดการทดลองปลาดุกลูกผสมมีอัตราแลกเนื้อเท่ากับ 7.22±0.17, 6.95±0.46, 7.04±0.35, 6.84±0.25 และ 7.18±0.25 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยไรแดงทั้ง 5 ชุดการทดลอง มีค่าอัตราแลกเนื้อแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 3)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองปลาแฟนซีคาร์พมีอัตราแลกเนื้อเท่ากับ 8.19±0.30, 9.58±0.25, 9.69±0.37, 9.83±0.20 และ 8.00±0.12 ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปลาแฟนซีคาร์พในชุดการทดลองที่ 1 และ 5 มีค่าอัตราแลกเนื้อแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับปลาแฟนซีคาร์พในชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 ทั้งนี้ปลาแฟนซีคาร์พในชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 มีค่าอัตราแลกเนื้อแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4)

สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร

ตารางที่ 4 การเจริญเติบโต อัตราการกินอาหาร อัตราแลกเนื้อ อัตรารอด ของปลาแฟนซีคาร์พที่เลี้ยงด้วยไรแดงในสภาพต่าง ๆ ที่ผ่านการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 14 วัน

	ชุดการทดลอง				
	1	2	3	4	5
น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย (มิลลิกรัม)	4.50±0.00[a]	4.50±0.00[a]	4.50±0.00[a]	4.50±0.00[a]	4.50±0.00[a]
น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย (มิลลิกรัม)	36.46±3.52[a]	25.83±2.17[b]	25.28±0.75[b]	24.45±0.69[b]	38.44±1.55[a]
ความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	8.96±0.83[a]	8.96±0.83[a]	8.96±0.83[a]	8.96±0.83[a]	8.96±0.83[a]
ความยาวสุดท้ายเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	15.65±0.54[a]	14.51±0.33[b]	14.48±0.13[b]	14.49±0.17[b]	15.98±0.17[a]
น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (มิลลิกรัม/วัน)	2.28±0.25[a]	1.53±0.16[b]	1.49±0.05[b]	1.43±0.05[b]	2.42±0.11[a]
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (%/วัน	14.92±0.67[a]	12.46±0.60[b]	12.33±0.21[b]	12.09±0.20[b]	15.32±0.29[a]
อัตราการกินอาหาร (%/วัน)	12.75±0.50[a]	13.45±0.30[b]	13.52±0.38[b]	13.54±0.23[b]	12.64±0.16[a]
ปริมาณโปรตีนที่กิน (มก./นน.ปลา 1 ก./วัน)	0.874±0.035[b]	0.920±0.020[a]	0.879±0.025[b]	0.906±0.015[a b]	0.873±0.011[b]
ปริมาณไขมันที่กิน (มก./นน.ปลา 1 ก./วัน)	0.054±0.002[c]	0.103±0.002[a]	0.100±0.003[b]	0.102±0.002[a b]	0.055±0.001[c]
อัตราแลกเนื้อ (as fed)	8.19±0.30[a]	9.58±0.25[b]	9.69±0.37[b]	9.83±0.20[b]	8.00±0.12[a]
อัตรารอด (%)	94.17±5.00[a]	86.67±7.70[a]	91.67±8.39[a]	93.33±7.20[a]	91.67±6.94[a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

6. อัตรารอด

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ปลาดุกลูกผสมมีอัตรารอดเท่ากับ 97.50±1.67, 95.00±5.77, 95.83±1.67, 91.67±4.30 และ 95.83±4.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยไรแดงทั้ง 5 ชุดการทดลอง มีค่าอัตรารอดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 3)

ส่วนอัตรารอดของปลาแฟนซีคาร์พ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 94.17±5.00, 86.67±7.70, 91.67±8.39, 93.33±7.20 และ 91.67±6.94 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปลาแฟนซีคาร์พทั้ง 5 ชุดการทดลองมีค่าอัตรารอดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4)

7. คุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมและปลาแฟนซีคาร์พ เป็นเวลา 14 วัน พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ มีค่าอยู่ในช่วง 6.9-7.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าอยู่ในช่วง

สถาบันวิจัยและพัฒนาการประมงน้ำจืด

7.54-7.93 ความเป็นด่างอยู่ในช่วง 60-64 มิลลิกรัมต่อลิตร ความกระด้างอยู่ในช่วง 88-94 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณแอมโมเนียในรูป unionized form อยู่ในช่วง 0.008-0.025 มิลลิกรัมต่อลิตร และอุณหภูมิน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 27.0-29.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

สรุปและวิจารณ์ผล

เมื่อนำไรแดงที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาพต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน มาตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ พบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำสูญเสียระหว่างการละลาย (% free drip) ไม่แตกต่างกันในทุกชุดการทดลอง สาเหตุหนึ่งอาจเนื่องจากการใช้น้ำเกลือ 0.5 เปอร์เซ็นต์ เพื่อนำมาดึงน้ำออกจากเซลล์ไรแดงที่ผ่านการเสริมสารอาหารแล้วนั้น ยังมีค่าความเข้มข้นของน้ำเกลือไม่เหมาะสมจึงทำให้ไม่เห็นความแตกต่างระหว่างชุดการทดลอง ซึ่งให้ผลที่แตกต่างจากของพิศมัย และคณะ (2549) ที่พบว่า การใช้น้ำเกลือที่ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ แช่ไรแดงที่กินสารอาหารแล้ว 6 ชั่วโมง มีส่วนช่วยในการทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักลดลงกว่าการใช้น้ำเกลือที่ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอุณหภูมิของน้ำเกลือที่ใช้ในการทดลองนี้อยู่ที่ประมาณ 25 และ 17 องศาเซลเซียสนั้น อาจส่งผลต่อการลดลงของการซึมผ่าน เนื่องจากส่งศรี (2533) ระบุว่าอุณหภูมิของเซลล์และสารละลายที่เพิ่มขึ้นสามารถซึมผ่านเยื่อเซลล์ได้เพิ่มขึ้นด้วย รวมถึงมีผลต่อขบวนการต่าง ๆ ของสัตว์น้ำ เช่น การย่อยอาหาร การเคลื่อนไหว การกินอาหาร การหายใจ เป็นต้น (ภาณุ และคณะ, 2545) ประกอบกับอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาซึ่งในการทดลองนี้เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส ซึ่งแตกต่างจากงานทดลองของพิศมัย และคณะ (2549) ที่เก็บรักษาไรแดงที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ทำให้ส่งผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์น้ำสูญเสียระหว่างการละลาย (% free drip) ที่มีค่าอยู่ในช่วง 35.18 – 37.61 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าของพิศมัย และคณะ (2549) ที่มีค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักอยู่ในช่วง 22.36 – 34.16 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของบุษกร (2547) ที่รายงานว่า การแช่เยือกแข็งแบบช้า (slow freezing) ซึ่งใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส และใช้เวลาตั้งแต่ 3 ชั่วโมง ถึง 3 วัน จะมีผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่เกิดขึ้นในอาหาร และจะไปทิ่มแทงผนังเซลล์ที่แช่แข็งให้ฉีกขาดซึ่งมีผลต่อคุณภาพอาหาร และเมื่อนำอาหารไปละลายน้ำแข็ง (thawing) อาหารจะมีลักษณะชุ่มน้ำ เนื่องจากของเหลวในเซลล์ไหลออกมาซึ่งประกอบไปด้วยสารอาหาร วิตามิน แร่ธาตุต่างๆ และเอนไซม์ซึ่งอยู่ในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ (สุทธวัฒน์, 2548; Rehbien *et al*., 1978) ส่วนการแช่เยือกแข็งแบบรวดเร็ว จะใช้อุณหภูมิต่ำตั้งแต่ -17.8 ถึง -45.6 องศาเซลเซียส และใช้เวลาไม่เกิน 30 นาที ทำให้ผลึกน้ำแข็งมีขนาดเล็กเซลล์ถูกทำลายน้อยกว่า เมื่อนำไปละลายน้ำแข็งอาหารจะเสียคุณค่าทางโภชนาการน้อยกว่า ส่วนกลิ่นคาวที่เกิดขึ้นในไรแดงชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 อาจเกิดจากการเสริมสารอาหารทำให้เกิดการเปลี่ยนสภาพเมื่อเก็บไว้เป็นเวลานาน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Labuza (1974) ที่พบว่า การเก็บรักษาอาหารสดหรืออาหารที่มีความชื้นสูง อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนสภาพหรือเสียเนื่องจากขบวนการทางเคมีและมีกลิ่นเหม็นไม่เป็นที่ยอมรับได้ โดยปัจจัยที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนสภาพได้แก่ การเสื่อมสภาพของไขมัน สารสี การเปลี่ยนสภาพของออกซิเจนในโปรตีนและmyoglobulin ทำให้สีเนื้อสัตว์ซีดลงจากการเสื่อมสภาพของวิตามินซีหรือการเสื่อมสภาพของน้ำย่อย (enzyme) ประกอบกับไรแดง

ทั้ง 3 ชุดการทดลองนำไปผ่านขั้นตอนการเสริมสารอาหารและแช่น้ำเกลือ ซึ่งใช้เวลามากกว่าไรแดงในชุดการทดลองที่ 1 ประมาณ 6 – 7 ชั่วโมง อาจมีไรแดงบางส่วนเกิดการตาย และเมื่อนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส เชื้อจุลินทรีย์ยังคงเกิดขบวนการเมทาบอลิซึมอย่างช้า ๆ (บุษกร, 2547)

เมื่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมและปลาแฟนซีคาร์พอายุ 10 วัน ด้วยไรแดงสภาพต่างกันเป็นระยะเวลา 14 วัน พบว่า ค่าน้ำหนักสุดท้าย ความยาวสุดท้าย น้ำหนักเพิ่มต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาทั้ง 2 ชนิดในชุดการทดลองที่ 5 มีค่าสูงกว่าแต่ไม่แตกต่างทางสถิติจากปลาในชุดการทดลองที่ 1 และมีค่าสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปลาในชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 ถึงแม้ว่าปลาทดลองในชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 จะมีค่าปริมาณไขมันที่กินมากกว่ากลับไม่ส่งผลให้มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่า ซึ่งอาจเป็นผลมาจากไขมันที่ปลากินเข้าไปนั้นเป็นไขมันที่เสื่อมสภาพเนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยปริมาณไขมันมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (สุทธวัฒน์, 2548) ทำให้ปริมาณไขมันที่สูงขึ้นในไรแดงชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 ที่ควรจะมีประโยชน์กับสัตว์น้ำแต่สัตว์น้ำกลับนำไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Njaa *et al*., 1966; Roubal and Tappel, 1966; Opstvedt, 1974 and Ko *et al*. 1975 (cited after Watanabe, 1988) ระบุว่า อาหารปลาที่มีการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันนั้นจะทำให้เกิดการทำปฏิกิริยากับสารอาหารชนิดอื่นในอาหาร เช่น โปรตีน และวิตามิน ซึ่งจะส่งผลให้คุณค่าทางโภชนาการของไขมันและพลังงานในอาหารลดลง และบางทียังเป็นสาเหตุให้คุณภาพของโปรตีนลดลงด้วย นอกจากนี้อาจทำให้เกิดโรคขึ้นในสัตว์น้ำได้ ดังนั้นการเสริมสารอาหารในไรแดงแช่แข็งที่ต้องเก็บรักษาไว้ในสภาพแช่แข็งเป็นเวลานานนั้น จะต้องคำนึงถึงการรักษาคุณภาพให้คงที่สม่ำเสมอ โดยการใช้สารอาหารเพื่อเสริมคุณค่าทางโภชนาการจะต้องเหมาะสมทั้งชนิดของสารอาหารที่ใช้เสริมและวิธีการ เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพที่อาจจะเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน และปฏิกิริยาของสารอาหารชนิดอื่น ๆ ดังกล่าวข้างต้น ซึ่งจะส่งผลให้คุณภาพของไรแดงเสื่อมลง

อัตรารอดของทุกชุดการทดลองในการเลี้ยงปลาทั้ง 2 ชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสุรชาต และวริษฐา (2546) รายงานว่า สามารถให้ไรแดงแช่แข็งเป็นอาหารแทนอาร์ทีเมียในการอนุบาลลูกกุ้งแชบ๊วยระยะโพสลาร์วา 2-15 โดยไม่มีผลกระทบต่อผลผลิตลูกกุ้งแชบ๊วย อัตรารอดตาย และคุณภาพของลูกกุ้ง แต่ให้ผลตรงกันข้ามกับการทดลองของ Villegas and Lumasag (1991) ที่พบว่า การใช้ไรแดงแช่แข็งในการอนุบาลลูกปลา milkfish จะทำให้มีการเจริญเติบโต อัตรารอด และผลผลิตลดลงกว่าชุดการทดลองที่ให้ไรแดงสด และจากรายงานของ Kerdchuen and Legendre (1994) พบว่า การอนุบาลปลา African catfish ด้วยไรแดงแช่แข็งให้ผลการเจริญเติบโต และอัตรารอดตายต่ำกว่าการใช้อาร์ทีเมียและไรแดงสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วน Nanthawat and Marc (1994) อนุบาลปลา African catfish ด้วยอาร์ทีเมียสด, อาร์ทีเมียแช่แข็ง, ไรแดงสด, ไรแดงแช่แข็ง, อาหารผสม (ผงยีสต์ และตับวัว) และอาหารสำเร็จรูปปลาเทร้า พบว่า น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาที่อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียสดมีค่ามากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองอื่น ๆ ส่วนอัตรารอดไม่แตกต่างกันในทุกชุดการทดลอง และ Ojutiku (2008) อนุบาลลูกปลา *Clarias gariepinus* และ Heteroclarias อายุ 3 วัน ด้วย daphnia สดและ

แช่แข็ง เป็นเวลา 14 วัน พบว่า การเจริญเติบโตและอัตรารอดของปลาทั้ง 2 ชนิดที่อนุบาลด้วย daphnia สด ดีกว่าปลาที่อนุบาลด้วย daphnia แช่แข็ง

ด้านคุณภาพน้ำ พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความเป็นกรดเป็นด่าง ความเป็นด่าง ความกระด้าง ปริมาณไนไตรท์ และอุณหภูมิน้ำ อยู่ในช่วงที่มีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ตามที่ไมตรี และจารุวรรณ (2528) รายงานไว้ แต่ค่าปริมาณแอมโมเนียในการทดลองนี้ที่อยู่ในรูป unionized มีค่าค่อนข้างสูงอยู่ในช่วง 0.008-0.025 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจารุวรรณ (2550) ระบุว่าในการเลี้ยงสัตว์น้ำไม่ควรมีปริมาณแอมโมเนียในรูป unionized สูงกว่า 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร อย่างไรก็ตามคุณภาพน้ำดังกล่าวไม่มีผลต่ออัตรารอดตาย ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของสุรชาต และวริษฐา (2546) ที่ให้ข้อควรระวังไว้ในเรื่องการอนุบาลลูกกุ้งแชบ๊วยโดยให้ไรแดงแช่แข็งว่า จะมีผลเสียต่อคุณภาพน้ำมากกว่าการให้อาร์ทีเมีย เนื่องจากไรแดงแช่แข็งไม่มีชีวิต และไรแดงแช่แข็งบางส่วนที่ละลายแล้วโครงสร้างลำตัวมีการแตกแยก ทำให้ส่วนของโปรตีนกระจายออกมาในน้ำ เมื่ออยู่ในบ่ออนุบาลลูกกุ้งย่อมทำให้น้ำเน่าเสียง่ายกว่าอาร์ทีเมียซึ่งมีชีวิต

สรุปผลการทดลองครั้งนี้ พบว่า การเก็บรักษาไรแดงแช่แข็งที่อุณหภูมิ – 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน ไรแดงสดแช่แข็งที่ไม่เสริมสารอาหารมีคุณภาพทางกายภาพดีกว่าไรแดงที่เสริมสารอาหารในสภาพต่าง ๆ และเมื่อพิจารณาผลของการเจริญเติบโตและอัตรารอดของปลาดุกลูกผสมและปลาแฟนซีคาร์พอายุ 10 วัน ที่เลี้ยงด้วยไรแดงสภาพต่าง ๆ เป็นเวลา 14 วัน พบว่าสามารถใช้ไรแดงสดแช่แข็งทดแทนไรแดงมีชีวิตได้ในช่วงที่มีการขาดแคลน ในขณะที่ไรแดงเสริมสารอาหารแช่แข็งสามารถนำมาเลี้ยงสัตว์น้ำทดแทนไรแดงมีชีวิตได้เช่นกันแต่จะส่งผลให้ปลามีการเจริญเติบโตด้อยกว่าปกติ ดังนั้นจึงควรจะต้องมีการศึกษาความเหมาะสมของสารอาหารที่จะนำมาเสริมในไรแดงรวมทั้งระยะเวลา วิธีการเสริมสารอาหาร และอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาไรแดงที่เหมาะสม เพื่อให้ไรแดงแช่แข็งมีคุณภาพที่ดีต่อไป

สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร

เอกสารอ้างอิง

จารุวรรณ สมศิริ. 2550. วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำเพื่อการศึกษาด้านการประมง. สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรประมงน้ำจืด, กรมประมง. 57 หน้า.

บุญรัตน์ ประทุมชาติ และ คงศักดิ์ เรืองบุญส่ง. 2546. การอนุบาลกุ้งกุลาดำโพสลาวาด้วยอาร์ทีเมียแช่แข็ง ไรแดงแช่แข็ง อาร์ทีเมียเฟลก และอาหารสำเร็จรูป. **ใน**: การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41 วันที่ 3-7 กุมภาพันธ์ 2546. หน้า 187-194.

บุษกร อุตรภิชาติ. 2547. จุลชีววิทยาทางอาหาร. ภาควิชาชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยทักษิณ. 451 หน้า.

พิศมัย สมสืบ, สุธีวัฒน์ สมสืบ และ ศราวุธ คเชนทองสุวรรณ์. 2539. การศึกษาเปรียบเทียบการปรับปรุงปริมาณกรดไขมันในอาหารธรรมชาติ. **ใน:** รายงานการสัมมนาวิชาการประจำปี 2539, กรมประมง. หน้า 759-763.

พิศมัย สมสืบ, นุชนรี ทองศรี, ศิริพร บุญเต็ม และ สหัสยา อุตสาหะ. 2549. ผลของการเก็บรักษาไรแดง 3 วิธีที่มีต่อการยอมรับอาหารของปลาทองและปลากัด. เอกสารวิชาการฉบับที่ 34/2549. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. 11 หน้า.

ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล, สุจินต์ หนูขวัญ และ วีระ วัชรกรโยธิน. 2545. การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด. สำนักงานฝ่ายฝึกอบรม, ศูนย์พัฒนาการประมงแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้. 185 หน้า.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ. 2528. คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับงานวิจัยทางการประมง. ฝ่ายวิจัยสิ่งแวดล้อมสัตว์น้ำ. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง. 133 หน้า.

วิมล จันทโรทัย, ประเสริฐ สีตะสิทธิ์ และ ศิริพร ราชภักดี. 2537.อัตราส่วนสูงสุดของคาร์โบไฮเดรตจากปลายข้าวต่อลิปิดในอาหารปลาดุกลูกผสม.วารสารเกษตรศาสตร์ (วิทย์) 28: 49-57.

วิรัตดา สีตะสิทธิ์. 2543. วิเคราะห์และประมวลผลการศึกษาวิจัยเรื่องไรแดงในประเทศไทย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 207. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด, กรมประมง. 66 หน้า.

ส่งศรี มหาสวัสดิ์. 2533. สรีรวิทยาของสัตว์น้ำ. ภาควิชาชีววิทยาประมง, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. 185 หน้า.

สุทธวัฒน์ เบญจกุล. 2548. เคมีและคุณภาพสัตว์น้ำ. โอ เอส พริ้นติ้ง เฮาส์. กรุงเทพมหานคร. 336 หน้า.

สุรชาต ฉวีภักดิ์ และ วริษฐา หนูปิ่น. 2546. เปรียบเทียบการอนุบาลลูกกุ้งแชบ๊วย (*Penaeus merguiensis* de Man) ระยะโพสลาร์วา 2-15 ด้วยอาร์ทีเมีย (*Artemia salina* Linn.) และไรแดง (*Moina macrocopa* Straus) แช่แข็ง. เอกสารวิชาการฉบับที่20/2546. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง. กรมประมง. 17 หน้า.

อมรรัตน์ เสริมวัฒนากุล และ บุษกร บำรุงธรรม. 2543. อาหารปลาสวยงาม. เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 1/2543. สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและสถานแสดงพันธุ์สัตว์น้ำ, กรมประมง. 77 หน้า.

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 17theds. Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg. Chapter 4: 2-36.

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด

Grabner, M., W. Wieser and R. Lackner. 1981. The suitability of frozen and freeze-dried zooplankton as food for fish larvae: a biochemical test program. *Aquaculture* 26: 85-94.

Herbert, B. and P. Graham. 2003. Use of artemia, frozen zooplankton and artificial food for weaning fingerlings of the freshwater fish golden perch *Macquaria ambigua amigua* (Percichthyidae). *Asian Fisheries Science* 16: 85-90.

Hiroshi, H. (ed.). 1987. Measurement of free and expressible drips. Laboratory manual on analytical methods and procedures for fish and fish product. Marine Fisheries Research Department Southeast Asian Fisheries Development Center. Singapore. pp.4-5.

Kerdchuen, N. and M. Legendre. 1994. Larval rearing of an African catfish, Heterobranchus longifilis, (Teleostei, Clariidae): a comparison between natural and artificial diet. *Aquat. Living Resour*. 7: 247-253.

Labuza, T.P. 1974. Oxidative changes in foods at low and intermediate moisture levels. **In:** Duckworth, R.B. (ed.). Water Relations of Foods. pp. 455-474.

Nanthawat, K. and L. Marc. 1994. Larval rearing of an African catfish, *Heterobranchus longifilis*, (Teleostei, Clariidae): a comparison between natural and artificial diet. *Aquat. Living Resour*. 7: 247-253.

Ojutiku, R.O. 2008. Comparative survival and growth rate of *Clarias gariepinus* and Heteroclarias hatchlings fed live and frozen daphnia. *Pakistan Journal of Nutrition* 7(4): 527-529.

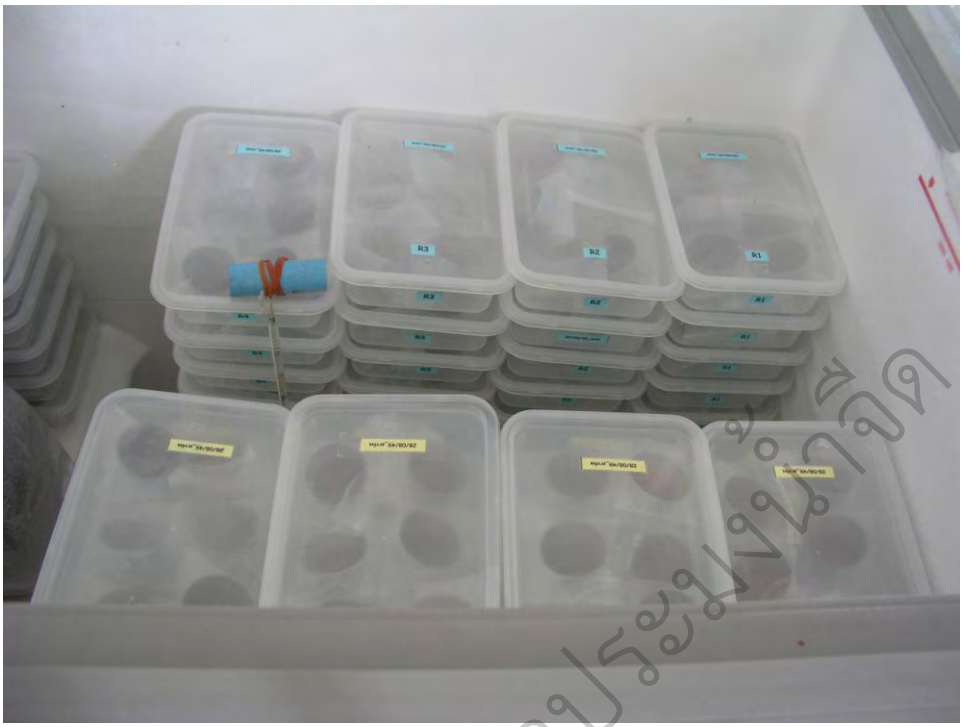
Rehbein, H., G. Kress and W. Schreiber. 1978. An enzymic method for differentiating thawed and fresh fish fillets. *J. Sci. Food Agric*. 29: 1076-1082.

Villegas, C.T. and G. L. Lumasag. 1991. Biology evaluation of frozen zooplankton as food for milkfish (Cbanoschanos) fry. *Journal of Applied Ichthyology* 7(2): 65-71.

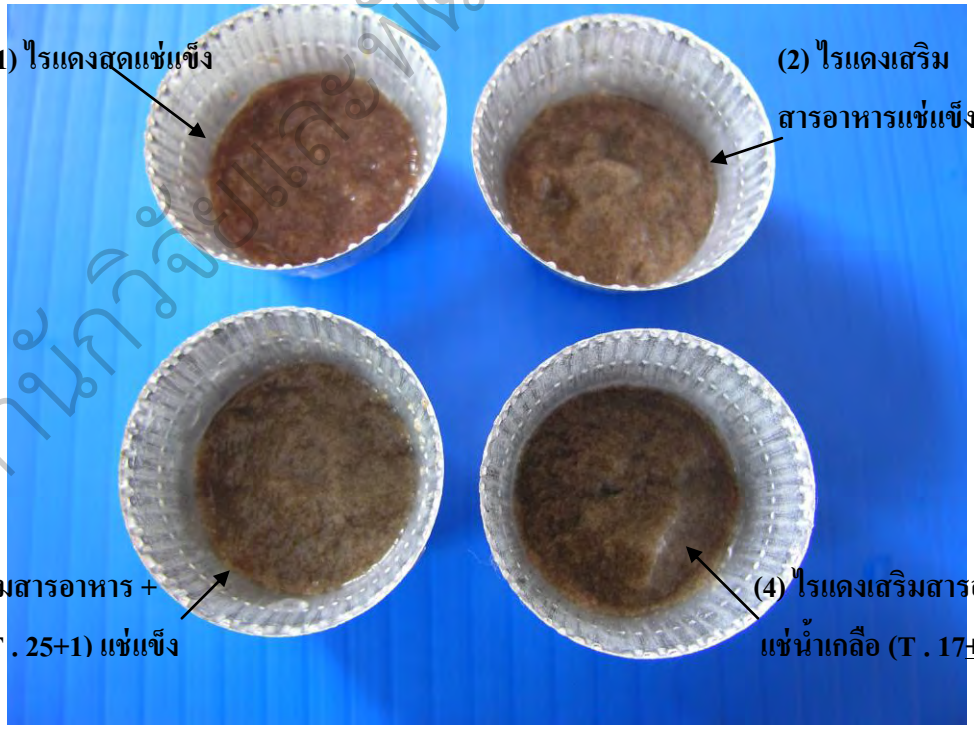
Watanabe, T., C. Kitajima and S. Fujita. 1983. Nutrition values of live organism used in Japan for mass culture propagation of fish: a review. *Aquaculture* 34: 115-143.

Watanabe, T. 1988. Fish Nutrition and Mariculture. Department of Aquatic Biosciences Tokyo University of Fisheries. 233 pp.

ภาคผนวก



ภาพภาคผนวกที่ 1 การเก็บรักษาไรแดงที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน



ภาพภาคผนวกที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของไรแดงในสภาพต่าง ๆ ที่ผ่านการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

สำนักวิทยบริการและพัฒนาประมงน้ำจืด