



รายงานผลการวิจัย

เรื่อง

การเพิ่มมูลค่าปลาหนังลูกผสมด้วยอาหารเสริมสาหร่ายไค

Value added of hybrid catfish strain with *Cladophora* spp. supplemented pellet feed

โครงการย่อยภายใต้ชุดโครงการ : เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อเพิ่มผลผลิตเชิงพาณิชย์และเพิ่ม
ศักยภาพในการแข่งขัน

โดย

ดวงพร อมรเลิศพิศาล

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

2556



รายงานผลการวิจัย

เรื่อง การเพิ่มมูลค่าปลาหางนกยูงผสมด้วยอาหารเสริมสาหร่ายไค

Value added of hybrid catfish strain with *Cladophora* spp. supplemented pellet feed

โครงการย่อยภายใต้ชุดโครงการ : เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อเพิ่มผลผลิตเชิงพาณิชย์และเพิ่ม
ศักยภาพในการแข่งขัน

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2556

จำนวน 219,000 บาท

หัวหน้าโครงการ

นางดวงพร อมรเลิศพิศาล

ผู้ร่วมโครงการ

นายเกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน

นางสาวชุตินา ศรีมะเร็ง

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

9/ กันยายน/ 2556

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือและความร่วมมือจากหลายฝ่ายด้วยกัน ซึ่งทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ช่วยเป็นนักวิจัยพี่เลี้ยงคอยให้คำแนะนำวิธีการดำเนินวิจัยรวมทั้งอนุเคราะห์สถานที่ในการทำงานวิจัย ณ ฐานเรียนรู้ปลาบึกแบบบูรณาการ ขอขอบคุณ นายเมทัส เงินจันทร์ และนางสาวรัตนภรณ์ จันทรทิพย์ นักศึกษาปริญญาโทจากคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ และคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ช่วยงานวิจัยนี้ตลอดโครงการ ขอขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาสัตววิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์ วิธีการวิเคราะห์ทางชีวเคมี ซึ่งเป็นเครื่องมืองานวิจัยที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณคณาจารย์ และเจ้าหน้าที่ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ได้ให้การสนับสนุนอนุเคราะห์สถานที่ และอำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัยตลอดระยะเวลา 1 ปี จนงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้วิจัย

การเพิ่มมูลค่าปลาหนังลูกผสมด้วยอาหารเสริมสาหร่ายไก

Value added of hybrid catfish strain with *Cladophora* spp. supplemented pellet feed

ดวงพร อมรเลิศพิศาล¹ เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน¹ และชุตินา ศรีมะเรง²

Doungporn Amornlerdpison¹, Kriangsak Mengumphan¹

and Chutima Srimaroeng²

¹คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 50290

²คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

บทคัดย่อ

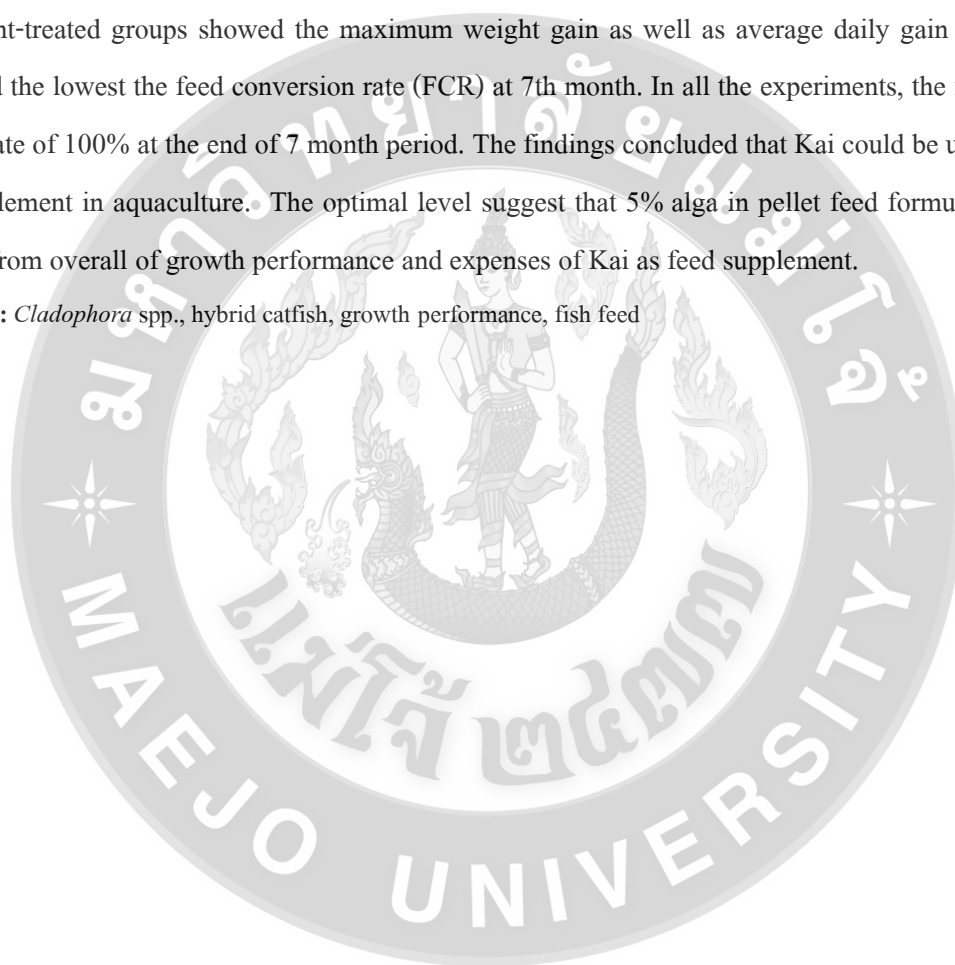
ไกเป็นสาหร่ายน้ำจืดสีเขียวขนาดใหญ่ที่มีฤทธิ์ชีวภาพในการต้านอนุมูลอิสระถูกนำมาประเมินผลต่อการเจริญเติบโตในปลาหนังลูกผสม โดยให้อาหารเม็ดเสริมสาหร่ายไกในระดับ 0, 2.5, 5 และ 10% ในปลาหนังลูกผสมเลี้ยงในกระชังเป็นระยะเวลา 7 เดือน ผลการทดลองพบว่า ปลาหนังลูกผสมในหน่วยทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสาหร่ายไกขนาด 5 และ 10% มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยที่การเสริมสาหร่ายไกทั้ง 2 ระดับนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปลาหนังกลุ่มที่ได้รับการเสริมสาหร่ายไก 10% มีค่าของการเพิ่มขึ้นของน้ำหนัก (Weight gain) และการเจริญเติบโตต่อวัน (average daily gain; ADG) สูงสุดในเดือนที่ 7 และมีค่าการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) น้อยที่สุดตลอดการทดลอง และเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยงในเดือนที่ 7 พบอัตราการรอด 100% ทุกหน่วยการทดลองผลจากการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า สาหร่ายไกมีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นอาหารเสริมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้ และหากพิจารณาจากผลการเจริญเติบโตโดยภาพรวมและการลงทุนค่าอาหารจากการเสริมสาหร่ายไก สูตรอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงปลาหนังลูกผสมด้วยการเสริมสาหร่ายไกในระดับ 5% จึงน่าจะเหมาะสมที่สุด

คำสำคัญ : สาหร่ายไก ปลาหนังลูกผสม การเจริญเติบโต อาหารปลา

Abstract

Kai (*Cladophora* spp.) is a green freshwater macroalga and exhibits its antioxidant activity. The alga was evaluated the growth performance in hybrid catfish. Fish-feed supplemented with 0, 2.5, 5 and 10% alga were fed to hybrid catfish which cultured in cage for 7 months. The results revealed that the fish treated with 5 and 10% alga increased body weight, significantly different from those of other groups ($p < 0.05$), however the two levels of supplementation were not significantly different. The 10% alga supplement-treated groups showed the maximum weight gain as well as average daily gain (ADG) and performed the lowest the feed conversion rate (FCR) at 7th month. In all the experiments, the fish showed survival rate of 100% at the end of 7 month period. The findings concluded that Kai could be utilized for a feed supplement in aquaculture. The optimal level suggest that 5% alga in pellet feed formulation when consider from overall of growth performance and expenses of Kai as feed supplement.

Keywords : *Cladophora* spp., hybrid catfish, growth performance, fish feed



สารบัญเรื่อง

หน้า

สารบัญตาราง	๗
สารบัญภาพ	๘
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนำ	3
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	3
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	13
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย	17
1. การวิเคราะห์กลุ่มสารประกอบฟีนอลิกในสาหร่ายไก่อ	17
2. การศึกษาผลการเสริมสาหร่ายไก่อต่อการเจริญเติบโตของปลาหางนกยูงผสมในกระชัง	18
สรุปผลการวิจัย	21
เอกสารอ้างอิง	22
ภาคผนวก	23

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของสาหร่ายไคที่เก็บจากบ่อเลี้ยงและธรรมชาติ	17
ตารางที่ 2	ผลการเจริญเติบโตของปลาหางลูกผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสาหร่ายไคเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	20



สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1	สาหร่ายไถ	5
ภาพที่ 2	ปลาบึกสยาม	11
ภาพที่ 3	แผนภูมิแสดงวิธีการเตรียมสารสกัดน้ำของสาหร่ายไถ	14
ภาพที่ 4	ผลของการเสริมสาหร่ายไถต่อน้ำหนักตัวของปลาหนังลูกผสม	18
ภาพที่ 5	ผลของการเสริมสาหร่ายไถต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักของปลาหนังลูกผสม	19
ภาพที่ 6	ผลของการเสริมสาหร่ายไถต่อการเจริญเติบโตของปลาหนังลูกผสม	19
ภาพที่ 7	ผลของการเสริมสาหร่ายไถต่อการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาหนังลูกผสม	20



คำนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันกลุ่มปลาหนังลูกผสมเนื้อขาวได้รับความนิยมจากผู้บริโภคเป็นอย่างมากเนื่องจากเป็นอาหารสุขภาพ มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นแหล่งของโปรตีน วิตามิน แร่ธาตุ และกรดไขมันที่ดีเช่น ไขมันกลุ่มโอเมก้า 3 โดยเฉพาะ กรดไขมันชนิด DHA (docosahexaenoic acid) และ EPA (eicosapentaenoic acid) ที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาของสมอง และช่วยป้องกันการเกิดโรคหลอดเลือดและหัวใจ พบว่า ตลาดมีความต้องการปลาหนังกลุ่มนี้ประมาณ 3.5 - 4 พันตัน/ปี (www.nicaonline.com/webboard/index.php) ส่วนในตลาดต่างประเทศเช่น กลุ่มประเทศแถบยุโรป อเมริกา มาเลเซีย สิงคโปร์ พบว่า มีความต้องการปลาเนื้อขาวและปลาสวายเนื้อขาวประมาณ 5 แสน- 1 ล้านตัน/ปี (www.thefishsite.com/articles/963/recent-trends-in-aquaculture-production-in-asia-and-europe) โดยมีมูลค่าหลายแสนล้านบาทในรูปปลาแล่นเนื้อ (fillet) อย่างไรก็ตามในปัจจุบันยังไม่สามารถผลิตปลาหนังลูกผสมเนื้อขาวได้เพียงพอต่อความต้องการที่เพิ่มมากขึ้น

สาหร่ายไกมีโปรตีนสูง (20%) มีวิตามินซี บี1 บี2 และแร่ธาตุต่างๆ โดยเฉพาะแคลเซียม และซิลิเนียมสูงมาก ซึ่งวิตามินซีและซิลิเนียมมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ยังพบกลุ่มสารประกอบฟีนอลิกที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสาหร่ายไกอีกด้วย (ยูวดี และคณะ, 2552) อนุมูลอิสระมีบทบาทในการเกิดการอักเสบ และการทำลายเนื้อเยื่อ มีผลต่อความเสื่อมหรือการแก่ของเซลล์ ทำให้เป็นต้นเหตุของการเกิดโรค มีรายงานการวิจัยพบว่า ส่วนสกัดน้ำของสาหร่ายไกมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เมื่อทดสอบในการทดลองฤทธิ์กำจัดอนุมูล DPPH ฤทธิ์กำจัดอนุมูล superoxide และฤทธิ์ยับยั้งการเกิด lipid peroxidation ในหลอดทดลอง (*in vitro*) (ยูวดี และคณะ, 2552) และมีฤทธิ์ต้านการอักเสบในหนูขาว (Peerapornpisal et al., 2006)

อนุมูลอิสระเป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียร ถูกปล่อยออกมาในรูปของโมเลกุลที่ไม่ครบวงจรและว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี จึงพร้อมที่จะทำปฏิกิริยากับโมเลกุลตัวอื่น มีการทำลายเนื้อเยื่อส่งผลให้เซลล์ได้รับความเสียหาย และทำให้ปลาเป็นโรคร่าย เกิดการตายของปลาขึ้น ในภาวะที่มีสารอนุมูลอิสระมีมากไม่สมดุลกับสารต้านอนุมูลอิสระจะทำให้เกิดภาวะเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress) เกิดขึ้น โดยอาจเป็นผลมาจากการสร้างสารอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น และ/หรือมีการลดลงของสารและเอนไซม์ที่ต้านอนุมูลอิสระลดลงในตัวปลา โดยภาวะ oxidative stress มีสาเหตุมาจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม การปนเปื้อนจากสารพิษหรือโลหะหนัก การได้รับอาหารไม่มีคุณค่าและไม่เพียงพอ ทำให้เกิดการสร้างอนุมูลอิสระที่มีผลเป็นพิษต่อเซลล์ (cytotoxic effect) ทำให้ปลาสุขภาพไม่ดี กินอาหารได้น้อย โตช้าและเป็นโรคร่าย

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงนำสาหร่ายไกมาเสริมในอาหารปลาเพื่อช่วยส่งเสริมสุขภาพของปลาให้ดีขึ้น เนื่องจากการเพิ่มระบบต้านอนุมูลอิสระจากคุณสมบัติของสาหร่ายไก่อจะช่วยทำให้ปลามีภูมิคุ้มกันที่ดี ทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ ทำให้ไม่เป็นโรคร่างกาย โตเร็ว อัตราการรอดสูง ทำให้ได้ผลผลิตปลาที่มีคุณภาพ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการเพิ่มผลผลิตเชิงพาณิชย์และเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันได้เป็นอย่างดี เป็นการพัฒนาปลาให้เป็นอาหารสุขภาพ (functional food) ชนิดใหม่ ซึ่งนอกจากจะเป็นปลาโอเมก้า 3 แล้วยังเป็นปลาด้านอนุมูลอิสระได้อีกด้วยเนื่องจากสาหร่ายไก่อที่เสริมเข้าไปในอาหารปลานั้นเอง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาผลการเจริญเติบโตของปลาหางนกยูงผสมที่เสริมสาหร่ายไก่อ
2. ศึกษาผลต่อระบบต้านอนุมูลอิสระในปลาหางนกยูงผสมที่เสริมสาหร่ายไก่อ
3. ศึกษาคุณสมบัติสำคัญของสาหร่ายไก่อ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. องค์ความรู้จากงานวิจัยสามารถเพิ่มมูลค่าเชิงพาณิชย์ให้กับปลาหางและสาหร่ายไก่อได้
2. เป็นการสร้างโอกาส อาชีพ เพิ่มรายได้ให้แก่กลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาโดยตรง และส่งผลกระทบอ้อม ในการช่วยให้กลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาหางและสาหร่ายเป็นทางเลือกอาชีพที่มั่นคงต่อไป
3. กระตุ้นให้ผู้บริโภคชาวไทยหันมาบริโภคปลาหางและสาหร่ายให้มากขึ้น ซึ่งจะเป็นผลดีทั้งในด้าน การลดค่าใช้จ่ายในการดูแลสุขภาพของประชาชน และทำให้ประชาชนมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น
4. สามารถสร้างและส่งเสริมนักวิจัยรุ่นใหม่อย่างน้อย 2 คน
5. สามารถนำความรู้พื้นฐานที่ได้มาทำการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพในเชิงลึกต่อไป
6. ได้ผลงานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติหรือนานาชาติอย่างน้อย 1 เรื่อง
7. ได้บัณฑิตระดับปริญญาโทหรือเอกจากการทำวิจัยในโครงการนี้อย่างน้อย 1 คน
8. เกิดความร่วมมือในระดับมหาวิทยาลัยอย่างน้อย 2 มหาวิทยาลัย

การตรวจเอกสาร

สาหร่ายไถ (*Cladophora* spp.) เป็นสาหร่ายน้ำจืดสีเขียวขนาดใหญ่ อยู่ใน Division Chlorophyta ลักษณะเป็นเส้นสาย สีเขียวสดใส (ภาพที่ 1) พบได้มากในลำน้ำโขง อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย และในลำน้ำน่าน จังหวัดน่าน มีการกระจายของสาหร่ายไถทั่วไปโดยเฉพาะที่พื้นที่ตื้น น้ำที่มีลักษณะเป็นก้อนหินและมีกระแสน้ำไหลไม่แรงมาก ชาวบ้านมีความเชื่อว่าสาหร่ายไถทำให้สุขภาพแข็งแรง อายุยืนยาว มีการนำมาใช้เป็นยาบรรเทาอาการโรคได้หลายชนิด เช่น โรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร โรคผิวหนัง รักษาบาดแผล จากความเชื่อดังกล่าวนี้ทำให้มีชาวบ้านนิยมนำไถมาประกอบอาหารโดยใช้ไถทั้งสดและแห้งทำเป็นอาหารพื้นเมืองแบบง่าย ๆ เช่น ไถยี้ แกงไถ เจียวไถ ห่อหมกไถ ยำไถ และแปรรูปเพื่อจำหน่าย เช่น ไถอบแห้ง ข้าวเกรียบไถ น้ำพริกไถ เครื่องดื่มสาหร่ายไถ จากการศึกษาศักยภาพของสาหร่ายไถในลำน้ำน่านในการนำมาเป็นอาหารและยาของยูวดี และคณะ (2548) พบว่า สาหร่ายไถมีคุณค่าทางโภชนาการประกอบด้วย โปรตีน ไขมัน วิตามิน แร่ธาตุ และกากใยอาหาร นอกจากนั้นในสาหร่ายไถยังมีซิลิเนียมซึ่งเป็นเกลือแร่ (trace element) ที่มีความสามารถด้านการเกิดอนุมูลอิสระในปริมาณที่สูง มีการทดสอบฤทธิ์เบื้องต้นทางเภสัชวิทยาของสาหร่ายไถพบว่า ส่วนสกัดแอลกอฮอล์ของสาหร่ายไถมีฤทธิ์ด้านการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร ขยายหลอดลม ยับยั้งการหดเกร็งของกล้ามเนื้อเรียบ ต้านการอักเสบ ระวังปวดและลดความดันโลหิต (Peerapornpisan et al., 2006) ส่วนสกัดน้ำของสาหร่ายไถมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเมื่อทดสอบในการทดลอง 3 การทดลอง คือ ฤทธิ์กำจัดอนุมูล DPPH ฤทธิ์กำจัดอนุมูล superoxide และฤทธิ์ยับยั้งการเกิด lipid peroxidation (ยูวดี และคณะ, 2552)



ภาพที่ 1 สาหร่ายไถ

อนุมูลอิสระ คือ อะตอมหรือโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนไม่เป็นคู่ จึงทำให้โมเลกุลนั้นไม่เสถียรและพยายามจับอิเล็กตรอนจากโมเลกุลข้างเคียงให้มีอิเล็กตรอนครบคู่เพื่อความเสถียร เมื่อโมเลกุลที่อยู่ข้างเคียงถูกดึงอิเล็กตรอนออกไปต้องไปจับเอาอิเล็กตรอนจากอะตอมหรือโมเลกุลข้างเคียงตัวอื่นต่อไป เป็นอย่างนี้ต่อเนื่องไปเป็นแบบปฏิกิริยาลูกโซ่โดยไม่มีที่สิ้นสุดเพื่อให้ตัวอะตอมหรือโมเลกุลมีความเสถียร อนุมูลอิสระที่มีผลต่อฤทธิ์ทางชีวภาพเช่น hydrogen radical, hydroxyl radical และ superoxide anion radical

อนุมูลอิสระเกิดได้ทั้งภายในและภายนอกร่างกาย ถ้าอนุมูลอิสระมีมากทำให้เกิดสถานะเสื่อมระดับเซลล์เสียหายได้หลายรูปแบบ เช่น การเสื่อมสภาพของเนื้อเยื่อ ตลอดจนอาจทำลายโครงสร้างทางเคมีของ DNA หรือ โครโมโซม อนุมูลอิสระสร้างความเสียหายต่อชีวโมเลกุลมากโดยเฉพาะการออกซิไดซ์ไขมันซึ่งเป็น ส่วนประกอบหลักของเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เสียหายได้ สิ่งมีชีวิตจะมีระบบป้องกันการทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อจากอนุมูลอิสระอยู่ปริมาณหนึ่ง ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติในร่างกายมีหลายชนิดได้แก่เอนไซม์ superoxide dismutase (SOD) พบในเม็ดเลือดแดง เอนไซม์ catalase (CAT) พบในไซโตซอลของเซลล์ และสารต้านอนุมูลอิสระอื่นๆ แต่สารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้มีปริมาณจำกัด เมื่อร่างกายมีอนุมูลอิสระมากขึ้น จะเกิดการขาดความสมดุลระหว่างสารต้านอนุมูลอิสระและอนุมูลอิสระในร่างกาย ดังนั้นจึงควรหาแหล่งอาหารหรือสิ่งที่ช่วยเพิ่มเสริมให้ร่างกายมีสารต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น เช่น วิตามิน ได้แก่ วิตามินซี วิตามินอี และเบต้าแคโรทีน แกลือแร่ ได้แก่ ทองแดงและสังกะสี ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ SOD และซีลีเนียมเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ glutathioneperoxidase (GSH) สารต้านอนุมูลอิสระอื่นๆ ได้แก่ โคเอนไซม์ เอนไซม์ คิวเทน สารสกัดจากเมล็ดองุ่น สารสกัดจากเปลือกสน และสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) ซึ่งเป็นสารประกอบที่หาได้จากการเมทาบอลิซึมในพืชทั่วไปประกอบด้วยสารประกอบสำคัญได้แก่ โพรแอนโทไซยานิดินส์ (proanthocyanidins) อนุพันธ์ของกรดแกลลิก (gallic acids) และอนุพันธ์ของกรดเฮกซะไฮดรอกซีไดฟีนิกส์ (hexahydroxydiphenic acid) โดยสารประกอบฟีนอลิกที่สำคัญคือ ฟลาโวนอยด์ ประกอบด้วย catechin, proanthocyanins, anthocyanidins, flavone, flavonols และ glycosides (โอภา และคณะ, 2549)

สารต้านออกซิเดชันในธรรมชาติ ได้แก่

สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds)

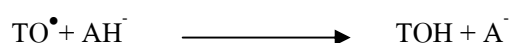
สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารที่พบได้ในพืชทั่วไป มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวนที่มีหมู่ไฮดรอกซิลอย่างน้อยหนึ่งหมู่หรือมากกว่านั้น สามารถละลายน้ำได้ ที่พบในพืชมักจะรวมอยู่ในโมเลกุลของน้ำตาลในรูปของสารประกอบไกลโคไซด์ (glycosides) และพบได้ในส่วนของช่องว่างภายในเซลล์ (cell vacuole) สารประกอบฟีนอลิกที่พบในธรรมชาติมีมากมายหลายชนิด มีลักษณะสูตรโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกัน ซึ่งกลุ่มใหญ่ที่สุดที่พบจะเป็นสารประกอบพอลิฟลาโวนอยด์ (flavonoids) นอกจากนั้นยังมีสารประกอบต่างๆ เช่น simple monocyclic phenol, phenyl propanoid, phenolic quinine และ polyphenolic ซึ่งได้แก่พวก lignin, tannin เป็นต้น รวมทั้งยังพบว่ามีการประกอบที่มีกลุ่มฟีนอล (phenolic unit) รวมอยู่ในโมเลกุลของโปรตีนอัลคาลอยด์ (alkaloid) และเทอร์ปีนอยด์ (terpenoid) เป็นต้น สารประกอบฟีนอลิกหลายชนิดมีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน เช่น ฟลาโวนอยด์ กรดฟีนอลิก และ แทนนิน เป็นต้น สารประกอบฟีนอลิกทำหน้าที่เป็นตัวจับไล่ออนุมูลอิสระที่สำคัญคืออนุมูล peroxy โดยมีกลไก 2 แบบคือ เมื่ออยู่ในสภาวะที่มีความเข้มข้นต่ำเมื่อเทียบกับสารออกซิไดซ์ สารประกอบฟีนอลิกจะป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน นอกจากนี้ออนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาจะถูกทำให้เป็นสารที่มีความเสถียร ดังนั้นจึงสามารถป้องกันการเกิดชั้นตอนพลอพาเกชัน ได้ นอกจากนี้สารประกอบฟีนอลิกบางชนิดยังทำหน้าที่เป็นสารคีเลต ดักจับไอออนของโลหะเอาไว้ในโมเลกุล เช่น เควอร์ซีทิน (quercetin)

สารประกอบฟีนอลิกยังทำหน้าที่ทั้งเป็นสารให้อิเล็กตรอน หรือเป็นตัวให้ไฮโดรเจน และกำจัดออกซิเจนที่อยู่ในรูปแอคทีฟ ด้วยหน้าที่ต่างๆ ดังกล่าวจึงทำให้สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารต้านออกซิเดชัน ที่สำคัญชนิดหนึ่งในพืชทั่วไป

วิตามินซี

มีชื่อทางเคมีว่า กรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid) เป็นวิตามินที่ละลายได้ในน้ำ จะสลายตัวเมื่อถูกความร้อนหรือหากทิ้งไว้ในอากาศที่มีความชื้นนานๆ วิตามินซีมีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน โดยจะเข้าทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ อนุมูล hydroxyl และอนุมูล peroxy

นอกจากวิตามินซีสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระแล้ว ยังทำหน้าที่เป็นตัวส่งเสริมประสิทธิภาพของสารต้านออกซิเดชัน ของวิตามินอีด้วย โดยทำให้อนุมูล α -tocopherol $\cdot$ (TO $\cdot$) เปลี่ยนกลับไปเป็น α -tocopherol (TOH) ดังเดิม ดังสมการ



ซัลโฟเนียม

เป็นสารต้านออกซิเดชัน ทางอ้อม เนื่องจากเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ที่ทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชัน มีการศึกษาวิจัยที่แสดงว่าการใช้ซัลโฟเนียม และวิตามินอีร่วมกันช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการป้องกันการเกิดโรคเมเร็งบางชนิด ที่กล่าวมานี้เป็นตัวอย่างของสารต้านออกซิเดชัน ซึ่งพบได้ในอาหารตามธรรมชาติ เนื่องจากสารต้านออกซิเดชัน มีหน้าที่หลายอย่าง เช่น ทำหน้าที่เป็นสารรีดิวซ์ (reducing agent) เป็นตัวจับไล่ออนุมูลอิสระ จับกับไอออนโลหะที่เร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ด้วยหน้าที่ต่างๆเหล่านี้ จึงทำให้มีผลต่อการชะลอหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือสามารถหยุดปฏิกิริยาถูกโซ่ และทำให้เป็นสารที่มีความเสถียร หรือเป็นสารที่ไม่ทำปฏิกิริยาออกซิเดชันอีกต่อไป หรือเป็นสารที่ไม่ใช่อนุมูลอิสระ (non-radical product)

สารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์ (โอภาและคณะ, 2549)

สารต้านออกซิเดชันที่พัฒนางสังเคราะห์ขึ้นส่วนใหญ่จะออกแบบให้มีโมเลกุลขนาดเล็ก และใช้โครงสร้างของสารต้านออกซิเดชัน ที่มีในธรรมชาติ นำมาดัดแปลงให้มีคุณสมบัติทางเคมีและมีฤทธิ์ที่ดีขึ้น เช่น สารต้านออกซิเดชันที่พัฒนาจากสารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติ โดยพัฒนามาจากโครงสร้างของวิตามินอี และ โครงสร้างสารโพลีฟีนอล

Glutathione (GSH)

กลูตาไทโอนจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มที่มีหมู่ไทออล GSH มีโครงสร้างเป็นเปปไทด์ ที่ประกอบด้วยอะมิโน 3 ตัว โดยในร่างกายมีกลูตาไทโอนอยู่ใน 2 รูปแบบ คือ กลูตาไทโอนในรูปรีดิวซ์ (GSH) และกลูตาไทโอนในรูปออกไซด์ คือ กลูตาไทโอนไดซัลไฟด์ (GSSH)

GSH ละลายน้ำได้ดีมีอยู่ในปริมาณมากในเซลล์ โดยอยู่ที่ไซโตซอลในปริมาณความเข้มข้น 1-11 มิลลิโมลาร์ และอยู่ในนิวเคลียสและไมโทคอนเดรียในปริมาณ 3-15 มิลลิโมลาร์ และ 5-11 มิลลิโมลาร์ตามลำดับ

กลูตาไทโอนมีบทบาทสำคัญในการป้องกันเซลล์จากภาวะถูกออกซิไดส์ดังนี้ คือ

- 1) เป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์หลายชนิดที่ทำหน้าที่กำจัดอนุมูลและการเกิดออกซิเดชันได้แก่ เอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดสและเอนไซม์กลูตาไทโอนทรานซ์เฟอเรส เป็นต้น
- 2) ช่วยในการขนส่งกรดอะมิโนผ่านพลาสมาเมมเบรน
- 3) จัดหรือสลายอนุมูลไฮดรอกซีโดยตรง และเร่งการทำงานของเอนไซม์ในการกำจัดอนุมูลลิพิดเปอร์ออกไซด์และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์โดยตรง
- 4) รีดิวซ์ อนุภาควิตามินซีและอนุภาควิตามินอีให้กลับอยู่ในรูปที่ต้านอนุมูลอิสระ

Trolox (6-Hydroxy-2, 5, 7, 8- tetramethylchroman-2-carboxylic acid)

มีสูตรโมเลกุลทางเคมีคือ $C_{14}H_{18}O_4$ เป็นอนุพันธ์ของวิตามินอีที่ดัดแปลงโครงสร้างโดยการเปลี่ยนสายอัลเคนเป็นหมู่คาร์บอกซิลิก มีสูตรโครงสร้างทำให้มีความสามารถละลายได้ดีในน้ำ แต่เนื่องจากความสามารถในการละลายน้ำได้ดีจึงทำให้การออกฤทธิ์เร็วกว่าวิตามินอี โดยวิตามินอีต้องใช้เวลานานเป็นชั่วโมงหรือเป็นวัน ในขณะที่ Trolox ออกฤทธิ์เกือบจะทันทีในวิธีการตรวจสอบหลายวิธี ในการวิจัยนิยมใช้ Trolox เป็นสารมาตรฐานในการตรวจสอบกิจกรรมต้านออกซิเดชัน

Gallic acid (3,4,5-hydroxybenzoic acid)

เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีสูตรโมเลกุลทางเคมีคือ $C_7H_6O_5$ Gallic acid เป็นส่วนประกอบของแทนนิน พบมากในองุ่น ใบชา เปลือกไม้โอ๊ค และพืชอื่นๆ โดยทั่วไปจะเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทางยา (Reynolds and Wilson, 1991) คุณสมบัติของ Gallic acid คือ สามารถยับยั้งเชื้อรา เชื้อไวรัส และมีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันได้ดี

เอนไซม์ในการควบคุมปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (โอภาและคณะ, 2549)

โดยธรรมชาติแล้วจะมีอนุมูลอิสระเกิดขึ้นในเซลล์และร่างกายหลายชนิด มีทั้งเป็นประโยชน์และโทษอันประกอบด้วย อนุมูลที่หลุดรอดออกมาจากการเผาผลาญออกซิเจนเป็นพลังงานและในระดับเซลล์เอนไซม์เป็นกลไกสำคัญขั้นแรกที่ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณอนุมูลอิสระให้อยู่ในสมดุล เอนไซม์ที่สำคัญได้แก่

1. Superoxides dismutase (SOD)

เอนไซม์ SOD จะทำหน้าที่ขจัดอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกาย คือ อนุมูลซูเปอร์ออกไซด์แอนไอออน $O_2^{\cdot-}$ โดยเร่งปฏิกิริยาคิสมิวเตสในการเปลี่ยน O_2 ให้เป็นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

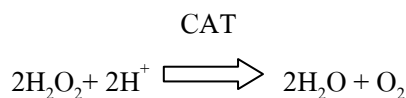


ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะถูกกำจัดโดยเอนไซม์แคตาเลสและเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส ลักษณะสำคัญของเอนไซม์ SOD คือมีโลหะทรานซิชันที่บริเวณที่ใช้จับซับสเตรท ทำหน้าที่ในการออกซิไดส์และรีดิวส์กลับไปมา

2. Catalase (CAT)

เอนไซม์ CAT เป็นเอนไซม์ซึ่งอยู่ในเปอร์ออกซิโซมมี ฮีม คือ ferriprotoporphyrin เป็นองค์ประกอบ โครงสร้างเอนไซม์ CAT ประกอบด้วยหน่วยย่อยของโปรตีน ฮีม 4 หน่วยย่อยที่

เหมือนกัน แต่ละหน่วยมีขนาด 60 กิโลดัลตัน การจัดเรียงตัวของหน่วยทั้งสี่เป็นแบบเตตระฮีดรอล ดังนั้นเอนไซม์นี้จึงมีสี่มโนเมอร์ 4 กลุ่มต่อ 1 โมเลกุลของเอนไซม์ มีน้ำหนักโมเลกุลรวมเท่ากับ 240 กิโลดัลตัน เอนไซม์ CAT ทำหน้าที่เปลี่ยนไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นโมเลกุลของน้ำและออกซิเจน โดยใน 1 นาทีสามารถเปลี่ยนไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1 ล้านโมเลกุลไปเป็นน้ำและออกซิเจน



ภาวะเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress)

สาเหตุที่ทำให้ปลาเกิดความเครียด ได้แก่ อาหาร คุณภาพน้ำ ความหนาแน่นในการปล่อยปลา ในกระชัง และสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ความเครียดมีผลทำให้อนุมูลอิสระเป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียร ถูกปล่อยออกมาในรูปของโมเลกุลที่ไม่ครบวงจรและว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี จึงพร้อมที่จะทำปฏิกิริยากับโมเลกุลตัวอื่น มีบทบาทในการก่อให้เกิดการอักเสบ และการทำลายเนื้อเยื่อ มีผลต่อความเสื่อมของเซลล์ ทำให้เกิดการตายของปลา ในภาวะที่มีสารอนุมูลอิสระมากเกินไปสมดุลกับสารต้านอนุมูลอิสระจะทำให้เกิดภาวะเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress) เกิดขึ้น โดยอาจเป็นผลมาจากการสร้างสารอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น และ/หรือมีการลดลงของสารและเอนไซม์ที่ต้านอนุมูลอิสระลดลงในตัวปลา ภาวะ oxidative stress มีสาเหตุมาจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม การปนเปื้อนจากสารพิษหรือโลหะหนัก การได้รับอาหารไม่เพียงพอ ทำให้เกิดการสร้างอนุมูลอิสระที่มีผลเป็นพิษต่อเซลล์ (cytotoxic effect) หรือต่อ membrane phospholipids ที่มีในตัวปลา อาทิเช่น การเกิด lipid peroxidation ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการทำงานของโปรตีนต่างๆ ทั้งที่อยู่ในเซลล์และที่อยู่บนผนังของเซลล์ได้ เช่น ภาวะที่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ซึ่งเป็นสารอนุมูลอิสระตัวหนึ่ง ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของภาวะ lipid peroxidation จากสาเหตุดังกล่าวจะส่งผลให้เกิดการทำลายของไขมัน โปรตีน และดีเอ็นเอขึ้น โดยปกติในตัวปลาจะมีกลไกที่จะลดสารอนุมูลอิสระโดยอาศัยเอนไซม์ที่มีบทบาทเกี่ยวกับการทำลายสารอนุมูลอิสระ (antioxidant enzymes) ได้แก่ superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) และ glutathione peroxidase (GSH-Px) เพื่อปกป้องเซลล์จากภาวะ oxidative stress ได้ (van der Oost, et al, 2003).

มีการศึกษาวิจัยจำนวนมากพบว่า การเกิดลิพิดเปอร์ออกซิเดชัน (lipid peroxidation, LPO) และภาวะถูกออกซิไดส์มีบทบาทสำคัญในการเกิดและพัฒนาของโรค ปริมาณ LPO ที่เกิดขึ้นมากใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงภาวะถูกออกซิไดส์ที่มากเกินไปจนสมดุล วิธีที่หาผลผลิตที่เกิดจากการเกิด LPO คือ การวัดระดับ Malondialdehyde (MDA) ซึ่งเป็นดัชนีที่ใช้อย่างกว้างขวางเพราะการหาปริมาณเป็นวิธีที่ง่ายไม่ซับซ้อน การหาปริมาณ MDA ที่เกิดขึ้นทำได้โดยการเติมกรดไทโอบาร์บิทริก ในสภาวะกรด MDA จะทำปฏิกิริยากับกรดไทโอบาร์บิทริกที่ได้เป็นสารสีเรียกว่า TBARS (thiobarbituric acid reactive substances) (โอภา และคณะ, 2549)

ปลาหนังลูกผสมบิกสยาม

เป็นปลาหนังลูกผสมรุ่นที่ 2 ที่เกิดจากการผสมระหว่างพ่อปลาบิกกับแม่ปลาสวาย ได้เป็นปลา ลูกผสม รุ่นที่ 1 (F1) ที่สามารถเจริญพันธุ์ได้ และนำพ่อแม่ปลาลูกผสมรุ่นที่ 1 มาผสมพันธุ์กันได้เป็นรุ่น ลูกปลา ลูกผสม รุ่นที่ 2 หรือบิกสยาม (F2) ปัจจุบันปลากลุ่มนี้กำลังเป็นที่นิยมของผู้บริโภคเนื่องจากเป็น อาหาร (เกรียงศักดิ์ และคณะ, 2555) สุขภาพที่มีรสชาติอร่อย เนื้อมีคุณภาพดี และมีคุณค่าทาง โภชนาการสูงแสดงลักษณะของปลาบิกสยามที่นำมาใช้ในการทดลองในภาพที่ 2



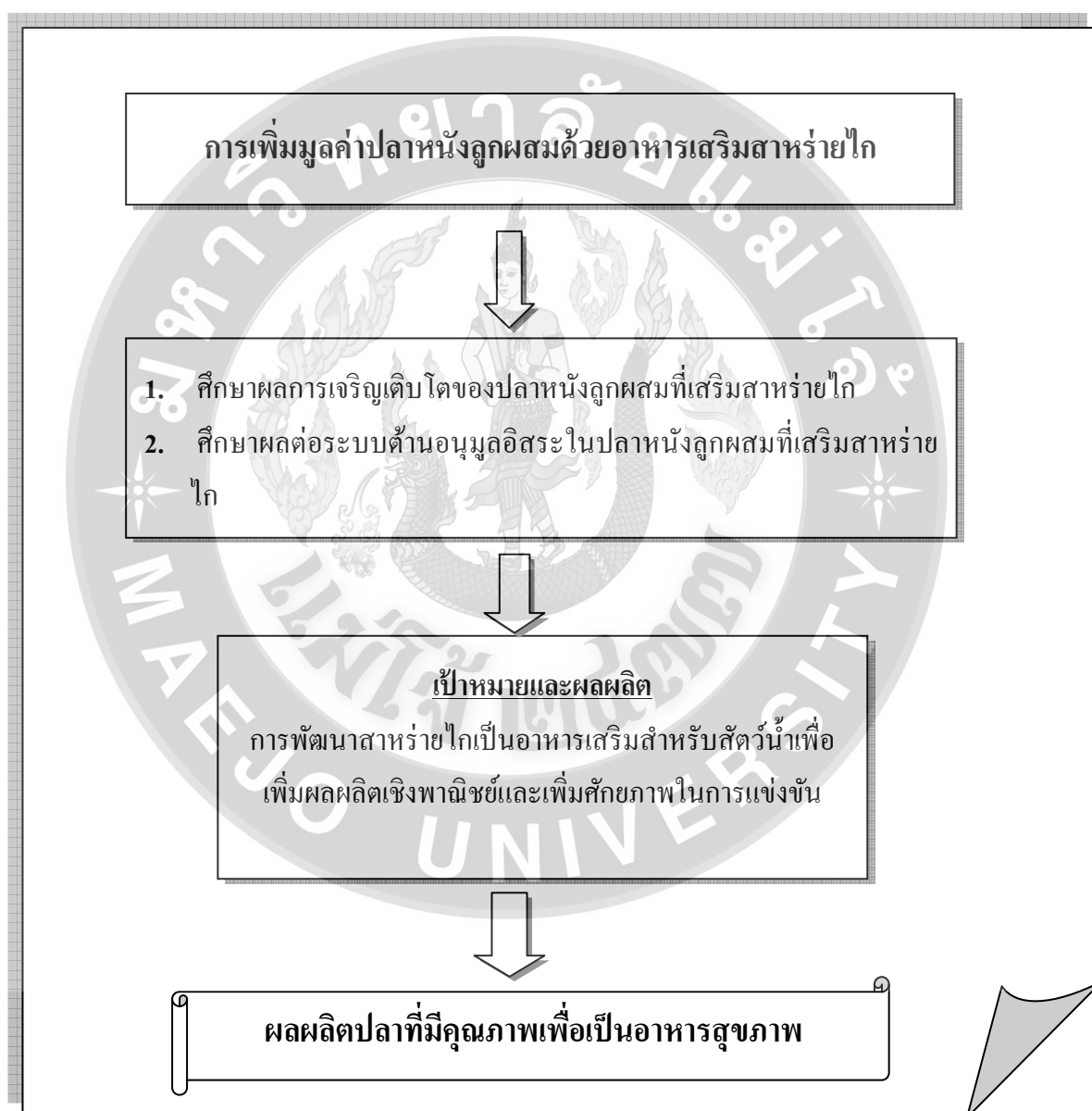
ภาพที่ 2 ปลาบิกสยาม

จากความต้องการของผู้บริโภคต่อปลากลุ่มนี้ที่มีเพิ่มขึ้น ทำให้ให้เกษตรกรประสบปัญหาการผลิตปลาให้เจริญเติบโตได้เร็วและให้เพียงพอับความต้องการที่มากขึ้นดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงนำสาหร่าย ไกมาเสริมในอาหารปลาเพื่อช่วยส่งเสริมสุขภาพของปลาให้ดีขึ้น เนื่องจากการเพิ่มระบบต้านอนุมูลอิสระจากคุณสมบัติของสาหร่ายไก่อจะช่วยทำให้ปลามีภูมิคุ้มกันที่ดี ทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ ทำให้ไม่เป็นโรคร่าย โตเร็ว อัตราการรอดสูง ทำให้ได้ผลผลิตปลาที่มีคุณภาพ ซึ่งจะเป็น ประโยชน์ต่อการเพิ่มผลผลิตเชิงพาณิชย์และเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันได้เป็นอย่างดี เป็นการพัฒนา ปลาให้เป็นอาหารสุขภาพ (functional food) ชนิดใหม่ วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาผลการ เจริญเติบโตของปลาหนังลูกผสมหรือปลาบิกสยามที่เสริมสาหร่ายไก่อ

ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาผลของสาหร่ายไคต่อการเจริญเติบโตและระบบด้านอนุมูลอิสระในปลาหางนกยูงผสมที่เลี้ยงในกระชังไม่น้อยกว่า 12 สัปดาห์ และทำตรวจหากลุ่มสารประกอบฟีนอลิกในสาหร่ายไคเปรียบเทียบกับ 2 แหล่ง เพื่อเลือกแหล่งเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมที่สุด

กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย



อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

อุปกรณ์และเครื่องมือทดลอง

1. ด้านการศึกษากลุ่มสารประกอบฟีนอลิกในสาหร่ายไค

1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1.1.1 สาหร่ายไคแห้ง

1.1.2 ผ้าขาวบาง

1.1.3 beaker

1.1.4 hot plate

1.1.5 rotary evaporator

1.1.6 freeze dryer

1.1.7 หลอดทดลอง

1.1.8 spectrophotometer

1.2 สารเคมี

1.2.1 folin-Ciocalteu

1.2.2 โซเดียมคาร์บอเนต

1.2.3 gallic acid

2. ด้านการเตรียมอาหารและการเลี้ยงปลาหนังลูกผสมในกระชัง

2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

2.1.1 กระชังขนาด 1.2 x 1.2 x 1.2 เมตร

2.1.2 สาหร่ายไคแห้ง

2.1.3 ปลาหนังลูกผสม

2.1.4 เครื่องบดอาหาร

2.1.5 เครื่องอัดอาหารเม็ดจม

2.1.6 เชือก

2.1.7 ไม้ไผ่

3. ด้านการวัดการเจริญเติบโต

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1.1 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 1 ตำแหน่ง

3.1.2 กะละมัง

3.1.3 สวิง

3.1.4 ไม้บรรทัด

วิธีดำเนินการวิจัย

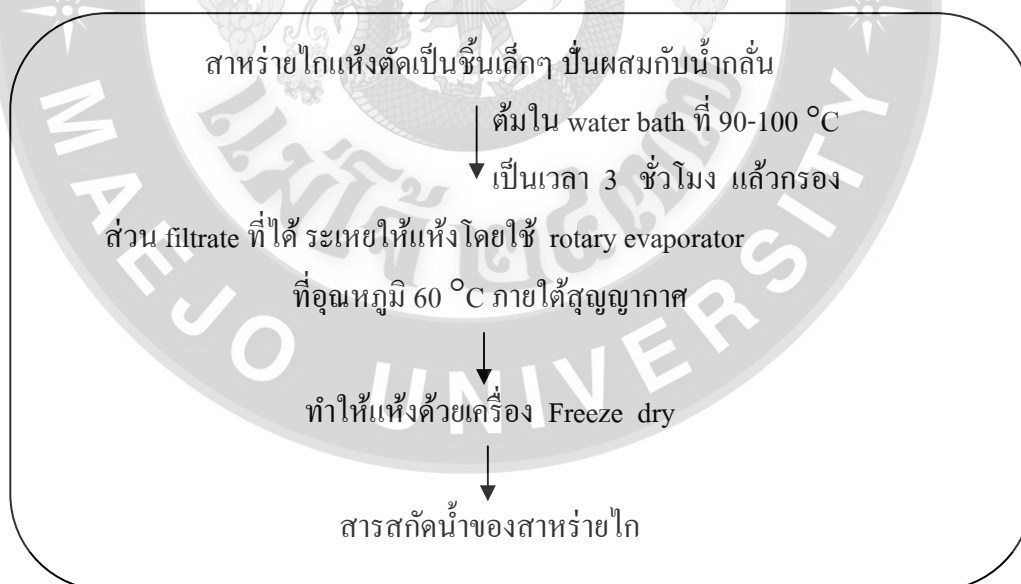
1. การเตรียมสาหร่ายไถ

1.1 นำสาหร่ายไถจากกลุ่มแม่บ้าน อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดนครราชสีมา ล้างด้วยน้ำประปาหลายๆ ครั้ง จนสะอาด จากนั้นนำมาผึ่งลมให้มีความเหมาะสมแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 50 °C จนกว่าสาหร่ายจะแห้ง

1.2 นำสาหร่ายไถจากบ่อเลี้ยง ณ ฐานเรียนรู้ปลาบึก คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ มาล้างด้วยน้ำประปาหลายๆ ครั้งจนสะอาด จากนั้นนำมาผึ่งลมให้มีความเหมาะสมแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 50 °C จนกว่าสาหร่ายจะแห้ง

2. การเตรียมสารสกัดน้ำของสาหร่ายไถ

นำสาหร่ายแห้งตัดเป็นชิ้นเล็กๆ บดผสมกับน้ำกลั่นนำไปต้มที่ 90-100 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นกรองเอากากออก นำส่วนใสด้านบน (filtrate) ไประเหยให้แห้งโดยใช้ rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 60 °C ภายใต้สุญญากาศ ทำให้แห้งด้วยเครื่อง Freeze dry เก็บสารสกัดน้ำของสาหร่ายที่ได้ในตู้เย็น 4 °C วิธีการเตรียมสารสกัดน้ำของสาหร่ายไถ แสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แผนภูมิแสดงวิธีการเตรียมสารสกัดน้ำของสาหร่ายไถ

3. การวิเคราะห์กลุ่มสารประกอบฟีนอลิกในสาหร่ายไถ

ตรวจหาสารประกอบฟีนอลิกในสาหร่ายไถเปรียบเทียบกับแหล่งเพาะเลี้ยง 2 แหล่ง เพื่อเลือกสาหร่ายไถจากแหล่งที่เหมาะสมที่สุด โดยอ้างอิงจากวิธีการของ Hammerschmidt และ Prat (1978) ดังนี้ ผสมสารสกัด 0.2 มล. กับ 10% Folin-Ciocalteu solution 1 มล. และ 7.5% sodium carbonate solution 0.8 มล. ทิ้งส่วนผสมที่ได้ไว้นาน 1 ชม. ที่อุณหภูมิห้อง วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร คำนวณปริมาณกลุ่มสารประกอบฟีนอลิกโดยเทียบกับ gallic acid (กรัม/100 กรัม)

4. เตรียมอาหารปลาเสริมสาหร่ายไถ

เตรียมสาหร่ายไถแห้ง 3 ขนาดคือ 0, 2.5, 5 และ 10% ผสมกับวัตถุดิบในการทำอาหารปลาซึ่งประกอบด้วย ปลาป่น กากถั่วเหลือง ปลาขี้ขาว รำข้าว และสาหร่ายไถ โดยมีปริมาณโปรตีน 30 % อัตราอาหารที่ให้ตลอดการทดลอง 3 % ของน้ำหนักตัว/วัน วันละ 2 ครั้ง (09.00-10.00 น. และ 15.00-16.00 น.)

5. การเตรียมปลาหนังกุผสม

ปลาหนังกุผสมอายุ 1 เดือน น้ำหนักประมาณ 50-60 กรัม จากคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ โดยนำปลามาพักให้ปรับตัวในกระชังก่อน ให้อาหารสำเร็จรูปปลากินพืชเป็นเวลาอย่างน้อย 7 วันเพื่อให้ปรับสภาพ

6. การเตรียมกระชัง

ใช้ฉนวนมุ้งฟ้า ขนาดกระชัง 1.2x 1.2x 1.2 ลบ.ม. และติดตั้งกระชังโดยแขวนให้กระชังลึก 1 เมตร และห่างกันประมาณ 1 เมตร จำนวน 12 กระชัง โดยปล่อยปลาหนังกุ 20 ตัว /กระชัง

7. ศึกษาผลการเสริมสาหร่ายไถต่อการเจริญเติบโตของปลาหนังกุผสมในกระชัง

โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) แบ่งการทดลองเป็น 4 หน่วยการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ

หน่วยการทดลองที่ 1 อาหารที่มีสาหร่ายไถเป็นส่วนผสม	0	เปอร์เซ็นต์
หน่วยการทดลองที่ 2 อาหารที่มีสาหร่ายไถเป็นส่วนผสม	2.5	เปอร์เซ็นต์
หน่วยการทดลองที่ 3 อาหารที่มีสาหร่ายไถเป็นส่วนผสม	5	เปอร์เซ็นต์
หน่วยการทดลองที่ 4 อาหารที่มีสาหร่ายไถเป็นส่วนผสม	10	เปอร์เซ็นต์

ทุกหน่วยการทดลองเลี้ยงในกระชัง ทำการตรวจการเจริญเติบโตเช่น น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการและเนื้อ จากแต่ละหน่วยการทดลองทุก 1 เดือน และเลี้ยงเป็นระยะเวลานาน 7 เดือนตั้งแต่ ธันวาคมพ.ศ.2554 – กรกฎาคมพ.ศ.2555

การคำนวณการเจริญเติบโต

$$\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น} = \text{น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง-น้ำหนักเริ่มต้น}$$

$$\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน} = \frac{\text{น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง-น้ำหนักเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลาเลี้ยง}}$$

$$\text{อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG)} = \frac{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}{\text{จำนวนวัน}}$$

$$\text{อัตราการแลกเนื้อ (FCR)} = \frac{\text{น้ำหนักของอาหารที่ปลากิน}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}$$

สถานที่ทำการทดลอง

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลอัตราการเจริญเติบโต ที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS/PC version 15 วิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนด้วย ONE-WAY ANOVAตามด้วยการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของแต่ละหน่วยการทดลองเป็นรายคู่ด้วย Duncan ($p < 0.05$)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์กลุ่มสารประกอบฟีนอลิกในสาหร่ายไก่อ

ผลการตรวจหากลุ่มสารประกอบฟีนอลิกในสาหร่ายไก่อเปรียบเทียบกับ 2 ถูกลูกจากธรรมชาติ และจากบ่อเลี้ยง พบว่า สาหร่ายไก่อจากบ่อเลี้ยงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าสาหร่ายไก่อจากธรรมชาติ (16.33 และ 15.95 GAE ตามลำดับ) โดยตารางที่ 1 แสดงค่าสาหร่ายไก่อขนาด 1 กรัม มีค่าเทียบกับสาร gallic acid ในขนาดที่แสดงหน่วยเป็นมิลลิกรัม (GAE = Gallic Acid Equivalents) ซึ่งค่า GAE ที่มีค่ามาก หมายถึง สารทดสอบมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมาก อย่างไรก็ตามสาหร่ายที่เก็บจากทั้ง 2 แหล่งพบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) อีกทั้งสาหร่ายไก่อที่เก็บจากบ่อเลี้ยงมีปริมาณไม่เพียงพอสำหรับการศึกษาผลการเจริญเติบโตของปลาหนังกุสุม ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกใช้สาหร่ายไก่อจากธรรมชาติมาผสมในอาหารปลาเนื่องจากมีปริมาณมากและจัดหาได้ง่าย

ตารางที่ 1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของสาหร่ายไก่อที่เก็บจากบ่อเลี้ยงและธรรมชาติ

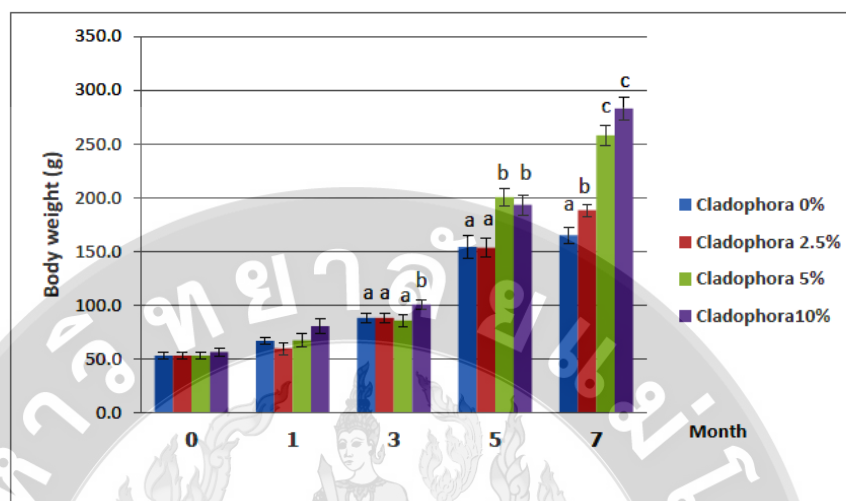
สาหร่ายไก่อ	GAE (mg)
บ่อเลี้ยง	16.33 ± 0.17
ธรรมชาติ	15.95 ± 0.31

ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± SD) วัดจำนวน 3 ซ้ำ

GAE = Gallic Acid Equivalents

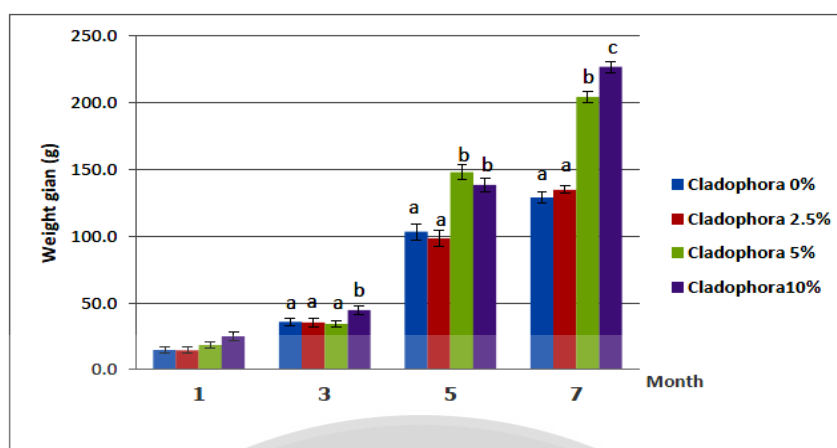
2. การศึกษาผลการเสริมสาหร่ายไคต่อการเจริญเติบโตของปลาหางนกยูงผสมในกระชัง

ผลการเจริญเติบโตของปลาหางนกยูงผสมตลอดการเลี้ยงด้วยอาหารเสริมสาหร่ายไคในระดับ 0%, 2.5%, 5% และ 10% ในระยะเวลา 7 เดือน แสดงในภาพที่ 4-7 และตารางที่ 2

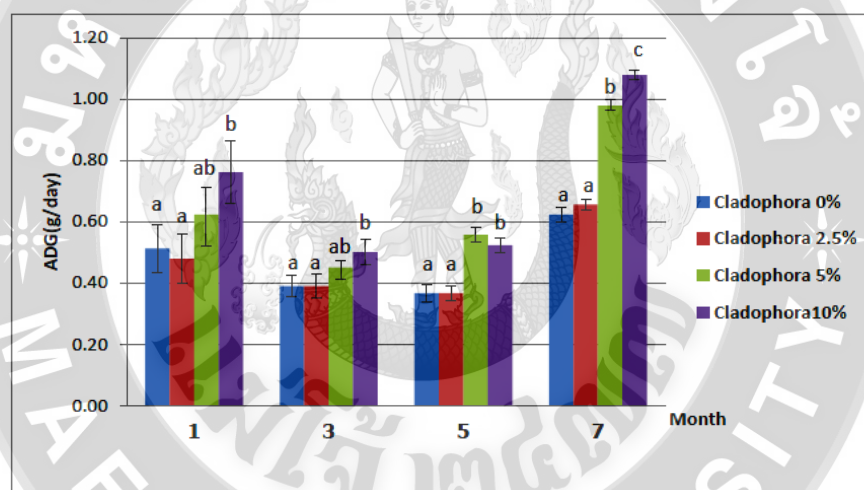


ภาพที่ 4 ผลของการเสริมสาหร่ายไคต่อน้ำหนักตัวของปลาหางนกยูงผสม

ภาพที่ 4 แสดงผลของการเสริมสาหร่ายไคต่อน้ำหนักตัว (Body weight) ของปลาหางนกยูงผสม พบว่า ปลาหางที่ได้รับสาหร่ายไคที่ระดับ 10% มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นเริ่มตั้งแต่เดือนที่ 3 จนถึงเดือนที่ 7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับปลาหางกลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริมสาหร่ายไค (สาหร่ายไคที่ระดับ 0%) และปลาหางที่ได้รับสาหร่ายไคที่ระดับ 5% พบว่า มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตั้งแต่เดือนที่ 5 จนถึงเดือนที่ 7 โดยที่น้ำหนักตัวของปลาหางที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายไคที่ระดับ 5 และ 10% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกันในเดือนที่ 5 และ 7 ส่วนปลาหางที่ได้รับสาหร่ายไคที่ระดับ 2.5% มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเดือนที่ 7 เท่านั้น



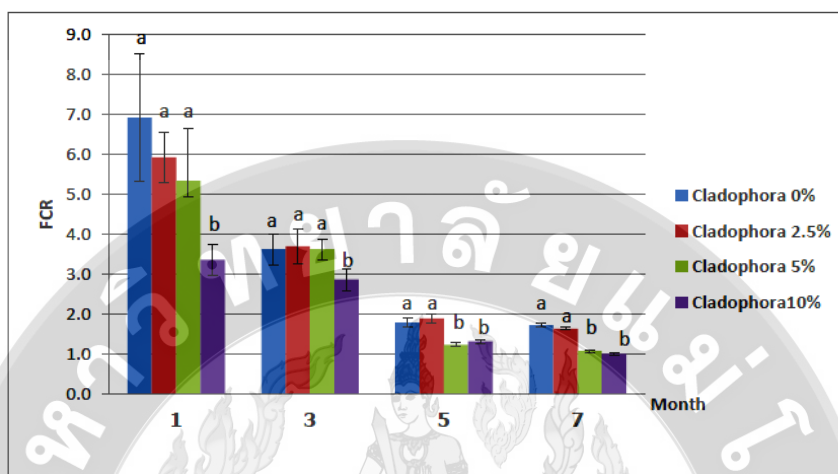
ภาพที่ 5 ผลของการเสริมสาหร่ายไคต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักของปลาน้ำจืด



ภาพที่ 6 ผลของการเสริมสาหร่ายไคต่อการเจริญเติบโตต่อวันของปลาน้ำจืด

ภาพที่ 5 และ 6 แสดงผลของการเสริมสาหร่ายไคต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำหนัก (Weight gain) และการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) ของปลาน้ำจืดตามลำดับโดยผลการทดลองในเดือนที่ 3 และ 5 มีความสอดคล้องกับน้ำหนักตัว (ภาพที่ 4) และพบว่า ปลาน้ำจืดกลุ่มที่ได้รับการเสริมสาหร่ายไค 10% มี Weight gain และ ADG มากที่สุดในเดือนที่ 7 โดยมีความแตกต่างจากทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ภาพที่ 7 แสดงผลของการเสริมสาหร่ายไคต่อการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ของปลาหมัก ลูกผสมพบว่า ปลาหมักที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไคที่ระดับ 10% มีค่าFCRน้อยที่สุดตลอดการทดลอง อย่างไรก็ตามในเดือนที่ 5 และ 7 พบว่า ค่า FCR ที่ลดลงในปลาหมักกลุ่มที่ได้รับการเสริมสาหร่ายไค 5 และ 10% ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพที่ 7 ผลของการเสริมสาหร่ายไคต่อการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาหมักลูกผสม

ตารางที่ 2 ผลการเจริญเติบโตของปลาหมักลูกผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสาหร่ายไคเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

Cladophora	Body weight (g)	Weight gain(g)	ADG(g/day)	FCR
0%	165.2±7.7 ^a	128.9±4.2 ^a	0.62±0.02 ^a	1.72±0.06 ^a
2.5%	188.3±7.2 ^b	134.7±2.8 ^a	0.66±0.02 ^a	1.64±0.04 ^a
5.0%	257.8±11.9 ^c	204.2±3.9 ^b	0.98±0.02 ^b	1.08±0.02 ^b
10%	282.8±12.6 ^c	226.6±4.1 ^c	1.08±0.01 ^c	1.00±0.04 ^b

ค่าที่แสดงคือค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{a-c} ตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึง ความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ตารางที่ 2 สรุปผลการเจริญเติบโตของปลาหมักผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสาหร่ายไคในเดือนที่ 7 พบว่า การเลี้ยงปลาหมักผสมเสริมสาหร่ายไคระดับ 5 และ 10% มีน้ำหนักตัวและค่า FCR ในเดือนสุดท้ายเมื่อสิ้นสุดการทดลองในเดือนที่ 7 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ถึงแม้ว่าค่า Weight gain และ ADG ของปลาหมักทั้ง 2 กลุ่มจะมีค่าแตกต่างกันก็ตาม โดยปลาหมักทุกกลุ่มการทดลองมีอัตราการรอด 100% ดังนั้น หากพิจารณาจากผลการเจริญเติบโตโดยภาพรวมและการลงทุนค่าอาหารจากการเสริมสาหร่ายไค สูตรอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงปลาหมักผสมด้วยการเสริมสาหร่ายไคในระดับ 5% จึงน่าจะเหมาะสมที่สุด

ในภาวะที่มีสารอนุมูลอิสระมีมากเกินไปไม่สมดุลกับสารต้านอนุมูลอิสระจะทำให้ปลาเกิดภาวะเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress) ขึ้น โดยอาจเป็นผลมาจากการสร้างสารอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น หรือมีการลดลงของสารและเอนไซม์ที่ต้านอนุมูลอิสระลดลงในตัวปลา เช่น superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) และ glutathione (GSH) เป็นต้น โดยภาวะ oxidative stress มีสาเหตุมาจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม การเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลที่มีผลต่ออุณหภูมิของน้ำ การปนเปื้อนจากสารพิษหรือโลหะหนัก การได้รับอาหารไม่มีคุณค่าหรือไม่เพียงพอต่อความต้องการ ทำให้เกิดการสร้างอนุมูลอิสระที่มีผลเป็นพิษต่อเซลล์ (cytotoxic effect) ซึ่งส่งผลเสียต่อสุขภาพปลา ทำให้ปลาเป็นโรคนง่ายและเจริญเติบโตช้า (van der Oost, et al, 2003) ดังนั้นการนำสาหร่ายไคมาเสริมในอาหารปลาหมักผสมจึงช่วยทำให้การเจริญเติบโตของปลาดี ซึ่งอาจเกิดจากฤทธิ์ชีวภาพในการต้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายไคที่ช่วยเพิ่มระบบต้านอนุมูลอิสระจึงทำให้ปลาไม่เป็นโรคนง่าย ทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ ทำให้ได้ผลผลิตปลาที่โตดีและมีคุณภาพ

ในการศึกษาครั้งต่อไปโดยจะดำเนินการต่อไปปีที่ 2 จะทำการวิเคราะห์หาระดับของเอนไซม์ในการป้องกันอนุมูลอิสระ เช่น เอนไซม์ SOD, CAT และ GSH เพื่อหากลไกการออกฤทธิ์ของสาหร่ายไคที่ทำให้ปลามีการเจริญเติบโตดี อย่างไรก็ตามจากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าสาหร่ายไคสามารถช่วยส่งเสริมสุขภาพสัตว์น้ำและนำไปใช้ประโยชน์เพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงสัตว์น้ำได้

สรุปผลการวิจัย

สาหร่ายไคมีฤทธิ์ชีวภาพในการต้านอนุมูลอิสระและเมื่อนำมาเสริมในอาหารเม็ดขนาด 5 และ 10% มีผลเพิ่มน้ำหนักตัวปลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยงในเดือนที่ 7 พบอัตราการรอด 100% ทุกหน่วยการทดลอง ผลจากการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า สาหร่ายไคมีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นอาหารเสริมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้ และหากพิจารณาจากผลการเจริญเติบโตโดยภาพรวมและการลงทุนค่าอาหารจากการเสริมสาหร่ายไค สูตรอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงปลาหมักผสมด้วยการเสริมสาหร่ายไคในระดับ 5% จึงน่าจะเหมาะสมที่สุด โดยจะทำการศึกษากลไกในการออกฤทธิ์ของสาหร่ายไคต่อการเจริญเติบโตของปลาหมักผสมบิกซามจะทำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปในปีที่ 2

เอกสารอ้างอิง

- Amornlerdpison,D., Mengumphan,K., Thumvijit,S.andPeerapornpisal,Y.2011. Antioxidant and anti-inflammatory activities of freshwater macroalga, *Cladophora glomerata* Kützinger. Thai **Journal of Agricultural Science**, 44(5): 283-291.
- Farombi, E.O.,Adelobo, O.A. and Ajimok, Y.R. 2007. Biomarker of oxidative stress and heavy metal level as indicators of environmetal pollution in African Catfish (*Clarias gariepinus*) from Nigeria Ogun River. **Int. J. Environ. Res. Public Health** 4(2),158-165.
- Peerapornpisal, Y.,Amornlerdpison, D.,Rujjanawate, C., Ruangrit, K. and Kanjanapothi, D. 2006. Two endemic species of macroalgae in Nan river, Northern Thailand, as therapeutic agents. **Science Asia** 32 supplement 1: 71-76.
- Van der Oost, R., Beyer, J., Vermeulen, N. P. E. 2003. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: A review. **Envirol Toxic Pharm** 13: 57-149.
- เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน จิตรลดา สอนตะโก และดวงพร อมรเลิศพิศาล. 2555. ผลของสาหร่ายสไปรูลีนาต่อการเจริญเติบโตและการเจริญพันธุ์ของพ่อแม่พันธุ์ปลาน้ำจืดกลุ่ม *Pangasius* และการอนุบาลลูกปลาหน้า 4 สายพันธุ์ในกระชัง.วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง 5 (2), 12-26.
- เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน ดวงพร อมรเลิศพิศาล สุดาพร ตงศิริ ชนกกันต์ จิตมนัส วิวัฒน์ หวังเจริญ และชนนัท ศุกกิจจานนท์. 2555. คู่มือการเลี้ยงปลาบึก ปลาสวาย และปลาลูกผสม (บึกสยาม) เพื่อเพิ่มมูลค่า. 35 หน้า.
- ยุวดี พิรพรพิศาล.2550. สาหร่ายไคความรู้ทั่วไปและการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. โชตนาพริน จำกัด. จังหวัดเชียงใหม่. 50 หน้า.
- ยุวดี พิรพรพิศาล จิตติกันต์ ปัญญาใหญ่ ดวงพร อมรเลิศพิศาล 2555. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและต้านการอักเสบของสาหร่ายเตา. วารสารวิทยาศาสตร์ มข. 40 (1), 228-235.



ผลของการเสริมสาหร่ายไคต่อการเจริญเติบโตของปลาบึกสยาม

Effect of *Cladophora* sp. supplementation on growth performance of
hybrid Siam Makhong.

เมธัส เงินจันทร์* เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน** ดวงพร อมรเลิศพิศาล***

ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

บทคัดย่อ

ไคเป็นสาหร่ายน้ำจืดสีเขียวขนาดใหญ่ที่มีฤทธิ์ชีวภาพในการต้านอนุมูลอิสระนำมาใช้ประเมินผลการเจริญเติบโตในปลาบึกสยาม โดยให้อาหารเม็ดเสริมสาหร่ายไคระดับ 0, 2.5, 5 และ 10% ในปลาหนึ่งลูกผสม เลี้ยงในกระชัง เป็นระยะเวลา 7 เดือน ผลการทดลองพบว่า ปลาหนึ่งลูกผสมในหน่วยทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสาหร่ายไคขนาด 5 และ 10% มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยที่การเสริมสาหร่ายไคทั้ง 2 ระดับนี้ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปลาหนึ่งกลุ่มที่ได้รับการเสริมสาหร่ายไค 10% มีค่าของการเพิ่มขึ้นของน้ำหนัก (Weight Gain) และการเจริญเติบโตต่อวัน (Average Daily Gain; ADG) สูงสุดในเดือนที่ 7 และมีค่าการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed Conversion Rate; FCR) น้อยที่สุดตลอดการทดลอง และเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยงในเดือนที่ 7 พบอัตราการรอด 100% ทุกหน่วยการทดลองผลจากการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า สาหร่ายไคมีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นอาหารเสริมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้ และหากพิจารณาจากผลการเจริญเติบโตโดยภาพรวมและการลงทุนค่าอาหารจากการเสริมสาหร่ายไค สูตรอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงปลาหนึ่งลูกผสมด้วยการเสริมสาหร่ายไคในระดับ 5% จึงน่าจะเหมาะสมที่สุด

คำสำคัญ: สาหร่ายไค ปลาบึกสยาม การเจริญเติบโต อาหารปลา

Abstract

Kai (*Cladophora* sp.) is a green freshwater macroalga and exhibits its antioxidant activity. The alga was used for evaluated the growth performance in hybrid Siam Makhong. Fish-feed supplemented with 0, 2.5, 5 and 10% alga had been fed to hybrid catfish which cultured in cage for 7 months. The results revealed that the body weight fish supplemented with 5 and 10% alga increased, significantly different from those of the control ($p < 0.05$), however the two levels of supplementation were not significantly different. The 10% alga supplement-treated groups showed the maximum weight gain as well as average daily gain (ADG) and performed the lowest the feed conversion rate (FCR) at 7th month. In all the experiments, the fish showed survival rate of 100% at the end of 7 month period. The findings

* ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและสุขภาพ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

e-mail address: thematetas@gmail.com

e-mail address: mengumpa@mju.ac.th

บทนำ (Introduction)

สาหร่ายไก่อ (*Cladophora* sp.) เป็นสาหร่ายน้ำจืดสีเขียวขนาดใหญ่ มีลักษณะเป็นเส้นสายยาวสีเขียวสด (รูปที่ 1) พบมากในฤดูหนาวจนถึงฤดูฝน ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนพฤษภาคมของทุกปี แหล่งน้ำที่มีพบสาหร่ายไก่อมากเป็นพิเศษในประเทศไทยนั้นมี 2 แหล่ง คือ แม่น้ำน่าน ที่อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน และที่แม่น้ำโขง อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย [1]

สาหร่ายไก่อมีโปรตีนสูงใกล้เคียงกับปลาน้ำจืด (20%) มีวิตามินซี บี 1 บี2 และแร่ธาตุต่างๆ โดยเฉพาะแคลเซียม และซิลิเนียมสูง โดยวิตามินซีและซิลิเนียมมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ยังพบกลุ่มสารประกอบฟีนอลิกที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสาหร่ายไก่ออีกด้วย [5]



รูปที่ 1 สาหร่ายไก่อ

ปลาบึกสยามเป็นปลาหนึ่งลูกผสมรุ่นที่ 2 ที่เกิดจากการผสมระหว่างพ่อปลาบึกกับแม่ปลาซวย ได้เป็นปลาลูกผสม รุ่นที่ 1 (F1) ที่สามารถเจริญพันธุ์ได้ และนำพ่อแม่ปลาลูกผสมรุ่นที่ 1 มาผสมพันธุ์กันได้เป็นรุ่นลูกปลาลูกผสม รุ่นที่ 2 หรือบึกสยาม (F2) ปัจจุบันปลากลุ่มนี้กำลังเป็นที่นิยมของผู้บริโภคเนื่องจากเป็นอาหาร [3] สุขภาพที่มีรสชาติอร่อย เนื้อมีคุณภาพดี และมีคุณค่าทางโภชนาการสูงลักษณะของปลาบึกสยามที่นำมาใช้ในการทดลองแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ปลาบึกสยาม

จากความต้องการของผู้บริโภคต่อปลากลุ่มนี้ที่มีเพิ่มขึ้น ทำให้ให้เกษตรกรประสบปัญหาการผลิตปลาให้เจริญเติบโตได้เร็วและให้เพียงพอับความต้องการที่มากขึ้น ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงนำสาหร่ายไก่อมาเสริมในอาหารปลาเพื่อช่วยส่งเสริมสุขภาพของปลาให้ดีขึ้น เนื่องจากการเพิ่มระบบต้านอนุมูลอิสระจากคุณสมบัติของสาหร่ายไก่อจะช่วยทำให้ปลามีภูมิคุ้มกันที่ดี ทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ ทำให้ไม่เป็นโรคง่าย โตเร็ว อัตราการรอดสูง ทำให้ได้ผลผลิตปลาที่มีคุณภาพ ซึ่งจะประโยชน์ต่อการเพิ่มผลผลิตเชิงพาณิชย์และเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันได้เป็นอย่างดี เป็นการพัฒนาปลาให้เป็นอาหารสุขภาพ (Functional Food) ชนิดใหม่ และเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มของสาหร่าย วัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อศึกษาผลการเจริญเติบโตของปลาหนึ่งลูกผสมหรือปลาบึกสยามที่เสริมสาหร่ายไก่อ

ระเบียบวิธีวิจัย (Methodology)

1. เตรียมสาหร่ายไก่อ

นำสาหร่ายไก่อ จากกลุ่มแม่บ้าน อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน มาล้างด้วยน้ำประปาหลายๆ ครั้งจนสะอาด จากนั้นนำมาผึ่งลมให้มีความหมาดพอ สมควร แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 50°C จนกว่าสาหร่ายจะแห้ง

2. เตรียมอาหารปลาเสริมสาหร่ายไก่อ

เตรียมสาหร่ายไก่อแห้ง 3 ปริมาณคือ 0, 2.5, 5 และ 10 % ผสมกับวัตถุดิบในการทำอาหารปลา ซึ่งประกอบด้วย ปลาป่น กากถั่วเหลือง ปลาขี้ขาว รำข้าว และสาหร่ายไก่อ โดยมีปริมาณโปรตีน 30 % อัตราอาหาร

ที่ให้ลดการทดลอง 3 % ของน้ำหนักตัว/วัน วันละ 2 ครั้ง (09.00-10.00 น. และ 15.00-16.00 น.)

3. เตรียมปลาบึกสยาม

ปลาบึกลูกผสมอายุ 1 เดือน น้ำหนักประมาณ 50-60 กรัม จากคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ โดยนำปลาบึกให้ปรับตัวในกระชัง ก่อนให้อาหารสำเร็จรูปปลาบึกเนื้อเป็นเวลาอย่างน้อย 7 วันเพื่อให้ปรับสภาพ

4. เตรียมกระชัง

ใช้มุ้งอวนฟ้าทำกระชังขนาด 1.2 x 1.2 x 1.2 ลบ.ม. และติดตั้งกระชังโดยแขวนให้กระชังลึก 1 เมตร และห่างกันประมาณ 1 เมตร จำนวน 12 กระชังโดยปล่อยปลาบึก 20 ตัว/กระชัง

5. ศึกษาผลการเสริมสาหร่ายไคต่อการ เจริญเติบโต ของ ปลาบึกลูกผสมในกระชัง

วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) แบ่งการทดลองเป็น 4 หน่วยการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ (รูปที่ 3)

หน่วยการทดลองที่ 1 อาหาร ปลาเสริม สาหร่ายไค 0%
หน่วยการทดลองที่ 2 อาหารปลาเสริมสาหร่ายไค 2.5%
หน่วยการทดลองที่ 3 อาหารปลาเสริมสาหร่ายไค 5.0%
หน่วยการทดลองที่ 4 อาหารปลาเสริมสาหร่ายไค 10%

ทุกหน่วยการทดลองเลี้ยงในกระชัง ทำการตรวจการเจริญเติบโตเช่น น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการและเนื้อจากแต่ละหน่วยการทดลองทุก 1 เดือน และเลี้ยงเป็นระยะเวลานาน 7 เดือนตั้งแต่ ธันวาคม พ.ศ. 2554 –

กรกฎาคม พ.ศ. 2555

การคำนวณการเจริญเติบโต

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Weight Gain)

$$= \text{น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}$$

อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (Average Daily Gain; ADG)

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

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็น เนื้อ (Feed Conversion Rate; FCR)

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

อัตราการรอด (%Survival Rate)

$$= \frac{\text{จำนวนปลาที่รอดชีวิต}}{\text{จำนวนปลาที่ปล่อย}} \times 100$$

สถานที่ทำการทดลอง

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

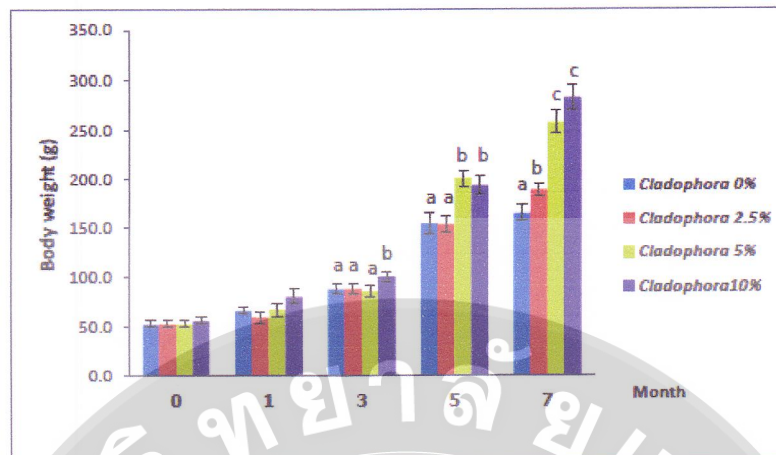
นำข้อมูลอัตราการเจริญเติบโต ที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS/PC Version 15 วิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนด้วย ONE-WAY ANOVAตามด้วยการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของแต่ละหน่วยการทดลอง เป็นรายคู่ด้วย

Duncan ($p < 0.05$)

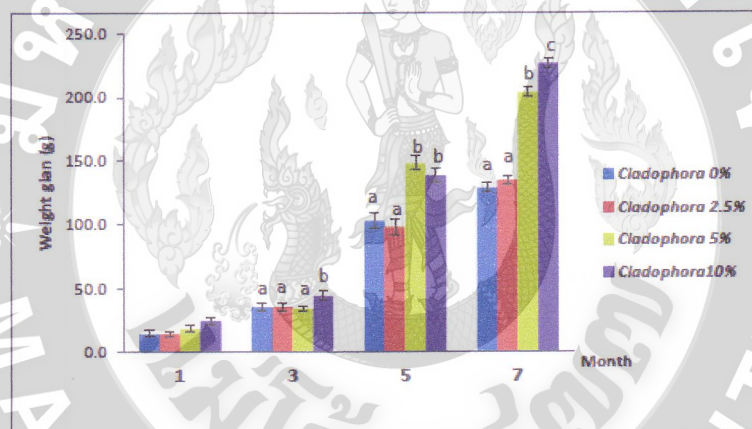
ผลการวิจัยและอภิปรายผล (Results and Discussion)

ผลการเจริญเติบโตของปลาบึกลูกผสม ตลอดการเลี้ยง ด้วยอาหาร เสริมสาหร่ายไคในระดับ 0%, 2.5%, 5%และ 10% ในระยะเวลา 7 เดือน แสดงในรูปที่ 4-7

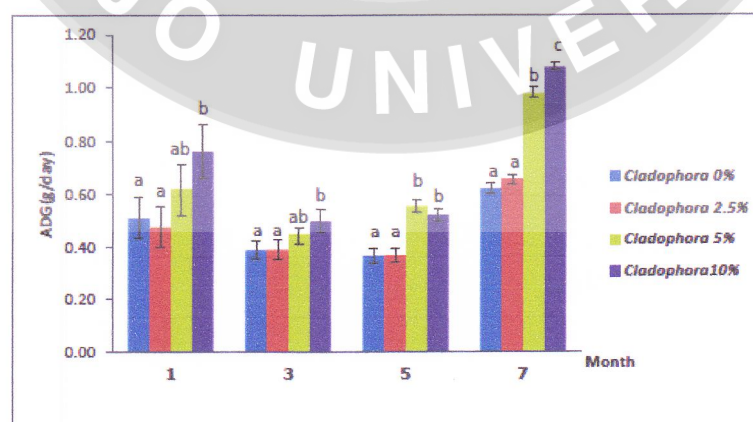




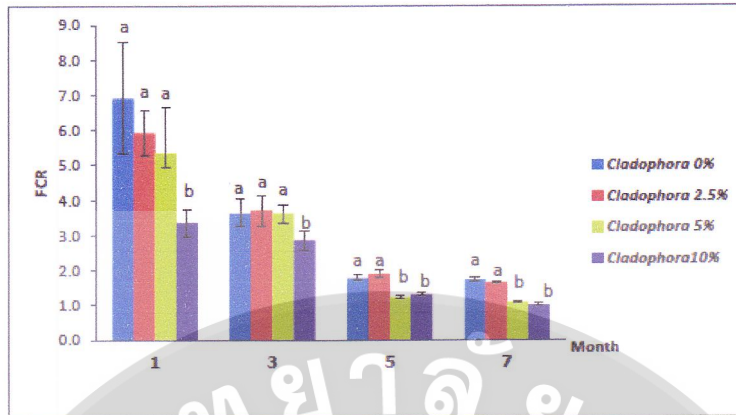
รูปที่ 4 ผลของการเสริมสาหร่ายไคด่อน้ำหนักตัวของปลาหนังกุ้งผสม



รูปที่ 5 ผลของการเสริมสาหร่ายไคต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักของปลาหนังกุ้งผสม



รูปที่ 6 ผลของการเสริมสาหร่ายไคต่อการเจริญเติบโตของปลาหางนกยูง



รูปที่ 7 ผลของการเสริมสาหร่ายไคต่อการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาหางนกยูง

ตารางที่ 1 ผลการเจริญเติบโตของปลาหางนกยูงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสาหร่ายไคเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

Cladophora	Body Weight (g)	Weight Gain(g)	ADG(g/day)	FCR
0%	165.2±7.7 ^a	128.9±4.2 ^a	0.62±0.02 ^a	1.72±0.06 ^a
2.5%	188.3±7.2 ^b	134.7±2.8 ^a	0.66±0.02 ^a	1.64±0.04 ^a
5.0%	257.8±11.9 ^c	204.2±3.9 ^b	0.98±0.02 ^b	1.08±0.02 ^b
10%	282.8±12.6 ^c	226.6±4.1 ^c	1.08±0.01 ^c	1.00±0.04 ^b

ค่าที่แสดงคือค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{a-c} ตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึง ความแตกต่างระหว่างกลุ่มในแต่ละคอลัมน์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

รูปที่ 4 แสดงผลของการเสริมสาหร่ายไคต่อ น้ำหนักตัว (Body Weight) ของปลาหางนกยูงพบว่า ปลาหางนกยูงที่ได้รับ สาหร่ายไคที่ระดับ 10% มีน้ำหนักตัว เพิ่มขึ้น เริ่มตั้งแต่เดือนที่ 3 จนถึงเดือนที่ 7 อย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับปลา บิ๊ก สยามกลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริมสาหร่ายไค (สาหร่ายไคที่ ระดับ 0%) และปลาบิ๊กสยามที่ได้รับสาหร่ายไคที่ระดับ 5% พบว่า มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตั้งแต่เดือนที่ 5 จนถึงเดือนที่ 7 โดยที่น้ำหนักตัวของปลา บิ๊กสยามที่ได้รับการเสริมสาหร่ายไคที่ระดับ 5 และ

10% ไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อ เปรียบเทียบกันในเดือนที่ 5 และ 7 ส่วนปลาหางนกยูงที่ได้รับ สาหร่ายไคที่ระดับ 2.5% มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติในเดือนที่ 7 เท่านั้น

รูปที่ 5 และ 6 แสดงผลของการเสริมสาหร่าย ไคต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำหนัก (Weight Gain) และการ เจริญเติบโตต่อวัน (ADG) ของปลาหางนกยูงผสม ตามลำดับ โดยผลการทดลองในเดือนที่ 3 และ 5 มีความ สอดคล้องกับน้ำหนักตัว (รูปที่ 4) และพบว่า ปลาหางน กยูงกลุ่มที่ได้รับการเสริมสาหร่ายไค 10% มี Weight Gain และ ADG มากที่สุดในเดือนที่ 7 โดยมีความแตกต่างจาก ทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

รูปที่ 7 แสดงผลของการเสริมสาหร่ายไคต่อ การเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ของปลาบึกสยาม พบว่า ปลาหนึ่งที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไคที่ระดับ 10% มีค่า FCR น้อยที่สุดตลอดการทดลอง อย่างไรก็ตาม ในเดือนที่ 5 และ 7 พบว่า ค่า FCR ที่ลดลงในปลาบึก สยามกลุ่มที่ได้รับการเสริมสาหร่ายไค 5 และ 10% ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 1 สรุปผลการเจริญเติบโตของปลา บึก สยาม ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสาหร่ายไค ในเดือนที่ 7 พบว่า การเลี้ยงปลาหนึ่งลูกผสมเสริมสาหร่ายไคระดับ 5 และ 10% มีน้ำหนักตัวและค่า FCR ในเดือนสุดท้ายเมื่อ สิ้นสุดการทดลองที่เดือนที่ 7 ไม่มีความแตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ ถึงแม้ว่าค่า Weight Gain และ ADG ของปลาบึกสยามทั้ง 2 กลุ่มจะมีค่าแตกต่างกันก็ตาม โดย ปลาบึกสยาม ทุกกลุ่มการทดลองมีอัตราการรอด 100% ดังนั้น หากพิจารณาจากผลการเจริญเติบโตโดยรวม และการลงทุนค่าอาหารจากการเสริมสาหร่ายไค สูตร อาหารที่ใช้ในการเลี้ยงปลาหนึ่งลูกผสม ด้วยการเสริม สาหร่ายไคในระดับ 5% จึงน่าจะเหมาะสมที่สุด

ในภาวะที่มีสารอนุมูลอิสระมีมากเกินไปไม่สมดุลกับ สารต้านอนุมูลอิสระจะทำให้ปลาเกิดภาวะเครียด ออกซิเดชัน (Oxidative Stress) ขึ้น โดยอาจเป็นผลมา จากการสร้างสารอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น หรือมีการลดลง ของสารและเอนไซม์ที่ต้านอนุมูลอิสระลดลงในตัวปลา เช่น Superoxide Dismutase (SOD), Catalase (CAT) และ Glutathione (GSH) เป็นต้น โดยภาวะ Oxidative Stress มีสาเหตุมาจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม การ เปลี่ยนแปลงของฤดูกาลที่มีผลต่ออุณหภูมิของน้ำ การ ปนเปื้อนจากสารพิษหรือโลหะหนัก การได้รับอาหาร ไม่ มีคุณค่าหรือไม่เพียงพอต่อความต้องการ ทำให้เกิดการ สร้างอนุมูลอิสระที่มีผลเป็นพิษต่อเซลล์ (cytotoxic effect) ซึ่งส่งผลเสียต่อสุขภาพปลา ทำให้ปลาเป็นโรค

ง่ายและเจริญเติบโตช้า [8] ดังนั้นการนำสาหร่าย ไคมา เสริมในอาหารปลา หนึ่งลูกผสม จึงช่วยให้การ เจริญเติบโตของปลาดี ซึ่งอาจเกิดจากฤทธิ์ชีวภาพในการ ด้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายไคที่ ช่วยเพิ่มระบบด้าน อนุมูลอิสระ จึงทำให้ปลาไม่เป็นโรคง่าย ทนต่อ สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ ทำให้ได้ผลผลิต ปลาที่ โตดีและมีคุณภาพ

ในการศึกษาครั้ง ต่อไปจะทำการวิเคราะห์หา ระดับ ของเอนไซม์ในการป้องกันอนุมูลอิสระ เช่น เอนไซม์ SOD, CAT และ GSH เพื่อหากลไกการออกฤทธิ์ของสาหร่าย ไคที่ทำให้ปลามีการเจริญเติบโต ดี อย่างไรก็ตามจากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าสาหร่าย ไค สามารถช่วยส่งเสริมสุขภาพสัตว์น้ำและนำไปใช้ ประโยชน์เพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงสัตว์น้ำได้

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

การศึกษา ครั้งนี้ประสบความสำเร็จด้วยดี เนื่องจาก ได้รับความอนุเคราะห์งบประมาณการวิจัยจากสำนักวิจัย และส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) การ สนับสนุนสถานที่และ วัสดุอุปกรณ์จากคณะเทคโนโลยี การประมงและ ทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตลอดจนได้รับคำแนะนำจากทีมคณาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] Peerapompisal, Y., Amornlerdpison, D., Rujjanawate, C., Ruangrit, K. and Kanjanapothi, D. (2006). Two endemic species of macroalgae in Nan river, Northern Thailand, as therapeutic agents. *Science Asia* 32 supplement 1: 71-76.
- [2] Amornlerdpison, D., Mengumphan, K., Thumvijit, S. and Peerapompisal, Y. (2011). Antioxidant and Anti-inflammatory Activities of Freshwater Macroalga, *Cladophora glomerata* Kützinger. *Thai Journal of Agricultural Science*, 44(5): 283-291.

- [3] เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน ควงพร อมรเลิศพิศาล
สุดาพร ตงศิริ ชนกนันต์ จิตมนัส วิวัฒน์ หวังเจริญ และ
ชนนันท์ สุกกิจจานนท์. (2555). คู่มือการเลี้ยงปลาบึก ก
ปลาสาวย และปลาลูกผสม (บึกสยาม) เพื่อเพิ่มมูลค่าและ
การตลาด. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 48 หน้า.
- [4] เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน จิตรลดา สอนตะโก และ
ควงพร อมรเลิศพิศาล. (2555). ผลของสารพิษไปรูลิ
นาต่อการเจริญเติบโตและการเจริญพันธุ์ของพ่อแม่พันธุ์
ปลาหนังกุ่ม Pangasius และการอนุบาลลูกปลาหนังกุ่ม 4
สายพันธุ์ในกระชัง. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง 5
(2), 12-26.
- [5] ชูวดี พิรพรพิศาล. (2550). สารพิษในสิ่งแวดล้อม
และการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. โชตนาพรินจำกัด.
จังหวัดเชียงใหม่. 50 หน้า.
- [6] ชูวดี พิรพรพิศาล จิตกานต์ ปัญญาใหญ่
และควงพร อมรเลิศพิศาล (2555). ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ
และต้านการอักเสบของสารสกัดจาก. วารสาร
วิทยาศาสตร์ มช. 40 (1), 228-235.
- [7] Farombi, E.O., Adelobo, O.A. and Ajimok, Y.R.
(2007). Biomarker of Oxidative Stress and Heavy
Metal Level as Indicators of Environmental Pollution in
African Cat Fish (*Clarias gariepinus*) from Nigeria
Ogun River. Int.J. Environ. Res. Public Health 4(2):
158-165.
- [8] Van der Oost, R., Beyer, J., and Vermeulen, N. P. E.
2003. Fish bioaccumulation and biomarkers in
environmental risk assessment: A review. Environ
Toxicol. Pharm., 13: 57-149.