

Received: February 19, 2021; Revised: March 14, 2021; Accepted: March 15, 2021

ผลของน้ำแช่ใบहुกวางแห้งต่อการงอกทดแทนครีบปลาทอง
Efficacy of soaked-water dried indian almond leaves (*Terminalia catappa*)
on regeneration of goldfish (*Carassius auratus*) fins

ธวัชชัย งามศิริ^{1*} และอภิวัฒน์ เหลือสมบูรณ์¹Thawatchai Ngamsiri^{1*} and Apiwat Laumsomboon¹¹ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

* Corresponding Author E-mail Address : nngamsiri@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการใช้น้ำแช่ใบहुกวางแห้งต่อการงอกทดแทนของครีบปลาทอง โดยการทดลองตัดครีบหางตำแหน่งที่ไม่ติดโคนครีบหางทั้งหมด แล้วทำการรักษาให้มีการฟื้นฟูทดแทนส่วนที่หายไป โดยการใช้น้ำแช่ใบहुกวางที่มีความเข้มข้นต่างกัน เพื่อศึกษาอัตราการงอกทดแทน ระยะเวลาการงอกทดแทน และอัตราการรอดตายของปลา โดยแบ่งออกเป็น 4 สิ่งทดลอง แต่ละสิ่งทดลองมี 3 ซ้ำ ประกอบด้วยสิ่งทดลองที่ 1 ใช้น้ำที่ไม่แช่ใบहुกวาง สิ่งทดลองที่ 2, 3 และ 4 ใช้น้ำแช่ใบहुกวางแห้ง 3, 6 และ 9 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า การงอกทดแทนครีบหางปลาทองได้สมบูรณ์ใช้ระยะ 6 สัปดาห์ โดยลักษณะครีบที่งอกใหม่จะมีลักษณะสีอ่อนกว่าของเดิม ซึ่งความยาวครีบหางปลาทอง สิ่งทดลองที่ 3 และสิ่งทดลองที่ 4 มีความแตกต่างจากสิ่งทดลองที่ 1 ใช้น้ำที่ไม่แช่ใบहुกวางอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แต่สิ่งทดลองที่ 1 กับสิ่งทดลองที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) เพอร์เซ็นต์อัตราการรอดตาย พบว่าสิ่งทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 มีอัตราการรอดตายเท่ากับ 91.66 ± 7.21 , 100 ± 0.00 , 83.33 ± 14.43 และ 91.66 ± 14.43 เพอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ ผลการวิเคราะห์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ($p > 0.05$)

คำสำคัญ: ใบहुกวาง ปลาทอง การศัลยกรรม การงอกทดแทน

Abstract

Study on efficacy of soaked-water of dried Indian almond leaves (*Terminalia catappa*) leaves on regeneration of goldfish (*Carassius auratus*) fins was conducted. The caudal fins of experimental fishes were cut, at non-contiguous positions then perform treatment to have the regeneration of the missing part by using soaked -water dried Indian almond leaves at different concentrations. To determine regeneration rates, the times of recovering and the survival rate of fish. The experiment was designed into 4 treatments,

with 3 replications; namely, T1 using water without dried Indian almond leaves, T2, T3 and T4 using 3, 6 and 9 grams of dried Indian almond leaves per 1 liter of water, respectively. The study found that experimental fishes can completely regenerate the cut portion in a period of 6 weeks. The new fins were lighter in color than the original fins, whereas the lengths of new caudal fins of fishes in T3 and T4 were significantly ($p < 0.05$) different from T1. However, this length of T1 was not statistically different ($p > 0.05$) from T2. Percentage survival rates over the period of trial of T 1, 2, 3 and 4 were 91.66 ± 7.21 , 100 ± 0.00 , 83.33 ± 14.43 and 91.66 ± 14.43 percent, respectively. Which were not statistically ($p > 0.05$) different.

Keyword: Indian almond leaf, Surgery, Golden fish, Regeneration

บทนำ

การงอกใหม่ (Regeneration) สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งในพืชและสัตว์ ในสัตว์นั้นการงอกใหม่เกิดขึ้นได้ทั้งในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง (Invertebrates) เช่น ไฮดรา (Hydra) พลาเนเรีย (Planaria) แม่น้ำเพรียง (Nereis) ดาวทะเล (Sea star) และแมลงสาบ (Cockroach) และสัตว์มีกระดูกสันหลัง (Vertebrates) เช่น ตัวกิ้งก่า (Newt หรือ Salamander) จิ้งจก (Lizard) และหมาน้ำ (Axolotl) เป็นต้น ในสัตว์มีกระดูกสันหลังบริเวณที่สามารถงอกใหม่ได้แก่ บริเวณ ระวังค์ จอตา หาง ขากรรไกร บนและล่าง การงอกใหม่ในสิ่งมีชีวิตข้างต้นที่กล่าวมา เกิดจากกลุ่มเซลล์ต้นกำเนิด (Stem cells) เช่น กลุ่มเซลล์ Blastema ที่อยู่บริเวณปลายของระวังค์ (Limb) ที่ถูกตัด (Amputee) มีศักยภาพในการแบ่งเซลล์อย่างรวดเร็วเพื่อทดแทนเนื้อเยื่อหรืออวัยวะที่สูญหาย และกลุ่มเซลล์ต้นกำเนิดเหล่านั้นยังคงมีศักยภาพของเซลล์ (Cell potential) ที่สามารถควบคุมอัตราการเพิ่มจำนวนของเซลล์ได้อย่างถูกต้องแม่นยำซึ่งตรงข้ามกับมนุษย์ที่หากส่วนหนึ่งส่วนใดของร่างกายเกิดสภาวะที่เซลล์แบ่งตัวรวดเร็วผิดปกติ (Abnormal cell division) จนไม่สามารถควบคุมได้ ก็จะนำไปสู่ความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็ง จากการค้นคว้าในอดีตทำให้ทราบว่า สัตว์บางชนิดใช้กรดเฉพาะบางอย่างในการงอกอวัยวะใหม่ แต่ยังไม่มีการทราบกลไกการทำงานของมันอย่างแท้จริง (สิทธิพล, 2557) ปัจจุบันทีมนักวิจัยจากมหาวิทยาลัย Konstanz ในทางตอนใต้ของเยอรมัน ได้ออกมาประกาศว่าพวกเขาสามารถไขความลับในการงอกอวัยวะได้แล้ว จากการศึกษาในปลาหมอสี (Zebra fish) ทีมนักวิจัยพบว่ากรด Retinoic คือกุญแจสำคัญสำหรับกลไกการงอกอวัยวะ ทำการศึกษากับปลาหมอสีที่ครีบขาด โดยทีมนักวิจัยพบว่าก่อนที่ปลาหมอสีจะงอกครีบที่ขาดไป บาดแผลจะสมานด้วยเนื้อเยื่อหลายชั้น โดยเซลล์ด้านใต้เนื้อเยื่อจะสูญเสียรูปแบบดั้งเดิมของเซลล์ไปกลายเป็นเซลล์ Blastema และกรด Retinoic จะเข้ามาควบคุมรูปแบบของเซลล์ Blastema ให้กลายเป็นเซลล์ของอวัยวะที่ขาด หรือได้รับความเสียหายเซลล์ Blastema คือ เซลล์ที่สามารถเจริญเติบโตและงอกเป็นอวัยวะได้ ทั้งมนุษย์และสัตว์สามารถสร้างกรด Retinoic ได้จากวิตามินเอ ดังนั้นถ้าหากมีกรดที่รับวิตามินเอไม่เพียงพออาหารจะมีการพัฒนาที่ต่ำกว่าปกติ เราทราบกลไกการทำงานของกรอกอวัยวะของปลาหมอสีโดยอาศัยกรด Retinoic (Pfefferli et al. 2014) สอดคล้องกับการศึกษาของ Brookes (1997) ที่กล่าวว่า ปลาเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีการงอกใหม่ของครีบเมื่อมีการครีบต่าง ๆ โดยทำลาย ลักษณะแบบนี้ เรียกว่า การฟื้นฟูเซลล์หรือการงอกใหม่ (Regeneration) จัดเป็นกระบวนการทางชีววิทยาการเจริญ (Developmental biological process) ที่ถูกกระตุ้นจากปัจจัยภายนอกให้เกิดขึ้นเพื่อทดแทนประชากรของเซลล์ เนื้อเยื่อ อวัยวะที่เสียหายหรือได้รับอันตราย โดยเซลล์ร่างกาย (Somatic cells) ที่เสียหายหรือได้รับอันตรายนั้นจะมีการสืบพันธุ์ในระดับเซลล์ (Cellular reproduction) เกิดขึ้น โดยอาศัยกลไกการแบ่งนิวเคลียส (Nuclear division / Karyokinesis) แบบ ไมโทซิส (Mitosis) เพื่อเพิ่มจำนวนทดแทนประชากรของเซลล์ดังกล่าว การงอกใหม่จึงจัดเป็น การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ หรือไม่ใช่เซลล์สืบพันธุ์ (Asexual Reproduction or Agametic reproduction) นอกจากนี้การศึกษาของ ธวัชชัย (2558) ที่มีการศึกษาการงอก

ใหม่ของครีบบลานิล โดยจำลองรูปแบบการขาดของครีบบนต่าง ๆ พบว่า บลานิลมีการทดแทนส่วนของครีบบที่ขาดหายไป สามารถงอกใหม่กลับมาเป็นสภาพเดิม แต่หากการขาดของครีบบทำลายถึงเนื้อเยื่อชั้นที่ลึกกว่าผิวหนัง หรือก้านครีบบแข็ง การทดแทนมีการงอกทดแทนที่ช้า และบางส่วนไม่สามารถงอกทดแทนขึ้นใหม่ได้

การเลี้ยงปลาสามารถเกิดอุบัติเหตุระหว่างการเลี้ยง ส่งผลทำให้ปลาบาดเจ็บ เช่น การกระโดดชนสิ่งต่าง ๆ การกัดกันเองของปลา และจากผู้เลี้ยง เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นได้ นอกจากนี้ผลจากการติดเชื้อบางชนิดส่งผลให้อวัยวะปลาเสียหายเมื่อหายแล้ว อวัยวะดังกล่าวถูกทำลาย หรือผลจากการขาดการดูแลเอาใจใส่ระหว่างการเลี้ยง ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในแหล่งที่เลี้ยง ส่งผลให้อวัยวะบางอย่างดูไม่สวยงาม ได้แก่ เนื้อบริเวณแผ่นเปิด ปิดเหงือก อ้า หนอง เป็นต้น อวัยวะที่ได้รับความเสียหายโดยเฉพาะ ครีบ เนื้อเยื่อบริเวณแผ่นเปิด ปิดเหงือก เป็นอวัยวะสำคัญในการเคลื่อนที่หรือทำกิจกรรมต่าง ๆ เมื่อชำรุดเสียหายจำเป็นต้องได้รับการรักษาเพื่อให้มีลักษณะสวยงามเหมือนเดิม โดยทำการรักษาโดยวิธีการผ่าตัดศัลยกรรม (Surgery) เพื่อให้บาดแผลสามารถงอกทดแทนได้อย่างสวยงาม อาทิเช่น การตัดแต่งครีบ การตัดแต่งเหงือก การขลิบหนอง และการถอดเกล็ด เป็นต้น เมื่อปลาผ่านการผ่าตัดศัลยกรรมอวัยวะมีการฟื้นฟูทดแทนส่วนที่หายไปส่งผลให้อวัยวะดังกล่าวที่ผ่านการผ่าตัดศัลยกรรมกลับคืนสู่สภาพเดิม แต่ต้องเป็นบริเวณที่ได้รับความเสียหายไม่มาก หากมากเกินไปการฟื้นฟูทำได้ยากหรือพิการ การผ่าตัดศัลยกรรมในปลาเป็นการศึกษาจำนวนน้อย ปลาที่นิยม ได้แก่ ปลาตะพัดหรือปลาอะโรวาน่า ปลาการ์ป เป็นต้น เนื่องจากปลาตะพัด และปลาการ์ป มีการจัดประกวดแข่งขันและราคาแพงเมื่อเปรียบเทียบกับปลาสวยงามชนิดอื่น ๆ จึงไม่ได้มีการทำกรณีศึกษาหลาย ๆ รูปแบบเพื่อการศึกษาการซ่อมแซมอวัยวะหรือการงอกใหม่เนื่องจากเสี่ยงต่อการตายของปลา

ต้นहुกวาง (Tropical Almond หรือ India Almond) มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Terminalia catappa* เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางที่มีความสูงประมาณ 15-20 เมตร จัดเป็นไม้ผลัดใบ จัดอยู่ในวงศ์ Combretaceae ลักษณะใบเป็นใบเดี่ยวรูปไข่กลับ ปลายใบกลมมนมีติ่งแหลม สารที่พบในใบ ได้แก่ Violaxanthin, Lutin, Zeaxanthin, Flavonoid และ Tannins เป็นต้น (สมจินตนา และวรวิทย์, 2550) โดยการเลี้ยงปลาได้มีการนำใบहुกวางแห้งแช่น้ำ เพื่อนำไปเลี้ยงปลา อาทิเช่น การเลี้ยงปลากัด ปลาหางนกยูง เป็นต้น เนื่องจากสารแทนนินในใบहुกวางสามารถต่อต้านเชื้อแบคทีเรียในน้ำ ป้องกันการติดเชื้อ สอดคล้องกับการศึกษา อรัญญา และคณะ (2549) ทำการศึกษาใช้ใบहुกวาง เพื่อรักษาโรคปลากัด (*Betta splendens*) และปลาหางนกยูง (*Poecilia reticulata*) วัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาคุณสมบัติต้านภัยกายภาพ เคมีและชีวภาพ ชนิดของสารออกฤทธิ์และความเป็นพิษของน้ำสกัดใบहुกวางต่อปลากัดและปลาหางนกยูง ในการรักษาแผลและโรคติดเชื้อเตตราไฮมินา ที่ผิวหนังปลาเพื่อสนับสนุนแนวคิดและภูมิปัญญาท้องถิ่นของไทยที่มีการใช้ใบहुกวางในการเลี้ยงปลากัดมาเป็นเวลานาน เช่นเดียวกับการศึกษาของ นันทริกา (2549) ทำการศึกษาประสิทธิภาพของสมุนไพรฟ้าทะลายโจรและใบहुกวางแห้งต่อการงอกของหางปลาการ์ปเป็นเวลา 3 สัปดาห์ โดยแบ่งการฟอกเป็น 3 กลุ่มคือ เลี้ยงปลาในน้ำประปา น้ำผสมสารสกัดฟ้าทะลายโจรและน้ำผสมใบहुกวางแห้ง กลุ่มละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 6 ตัว พบว่ากลุ่มปลาการ์ปที่มีการเสริมสมุนไพรฟ้าทะลายโจร มีการงอกของหางได้เร็วกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 2 ($p < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของกลุ่มที่เลี้ยงในน้ำแช่ใบहुกวางแห้งเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($p > 0.05$) จากการทดลองจะเห็นได้ว่า มีการนำสารจากฟ้าทะลายโจรและใบहुกวางแห้งเพื่อกระตุ้นการฟื้นฟูเซลล์ได้มากกว่าปลาในกลุ่มควบคุมทำให้เซลล์มีการซ่อมแซมเร็วกว่า ในปัจจุบันมีการเลี้ยงปลาทองอย่างแพร่หลาย บางสายพันธุ์มีราคาแพง และการทำศัลยกรรมในปลาทองไม่เป็นที่แพร่หลายเนื่องจากขาดข้อมูล ดังนั้นการศึกษานี้เป็นการศึกษาการงอกทดแทนของครีบบปลาทองในน้ำแช่ใบहुกวางแห้ง เพื่อเป็นแนวทางในการใช้น้ำแช่ใบहुกวางรักษาปลาทอง โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาอัตราการงอกทดแทนของครีบบปลาทองในน้ำแช่ใบहुกวางแห้ง และอัตราการรอดตายของปลาทองในน้ำแช่ใบहुกวางแห้ง

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การวางแผนการทดลอง

การวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 4 สิ่งทดลอง 3 ซ้ำ โดยแบ่งการทดลองดังนี้ สิ่งทดลองที่ 1 ใช้น้ำที่ไม่แช่ใบหูกวางแห้ง ชุดควบคุม สิ่งทดลองที่ 2 น้ำแช่ใบหูกวางแห้ง 3 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร สิ่งทดลองที่ 3 น้ำแช่ใบหูกวางแห้ง 6 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร และสิ่งทดลองที่ 4 น้ำแช่ใบหูกวางแห้ง 9 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร การเตรียมน้ำทดลองนำใบหูกวางแห้งมาชั่งในเครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ให้ได้ปริมาณ 3, 6 และ 9 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร มาแช่น้ำเป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นนำน้ำที่ผ่านการกรองเอาใบหูกวางออก ทำการเจือจางโดยใช้น้ำแช่ใบหูกวาง มาผสมน้ำธรรมดาในสัดส่วนน้ำใบหูกวางแห้ง 1 ลิตร ต่อน้ำธรรมดา 30 ลิตร เพื่อใช้ในการเลี้ยงปลาทองระหว่างการทดลอง (รูปที่ 1)

ขั้นตอนการทดลอง

เตรียมถังพลาสติกสี่เหลี่ยม ขนาดกว้างxยาวx สูง เท่ากับ 80x40x40 เซนติเมตร ทั้งหมดจำนวน 12 ถัง เครื่องให้อากาศ สายออกซิเจนและหัวทรายแล้วใช้ด่างทับทิม (KMnO_4) แช่ฆ่าเชื้อและทำความสะอาดอุปกรณ์ทั้งหมด ใส่น้ำใช้ปริมาณที่ต้องการ คัดเลือกปลาทองขนาด 2 นิ้ว ปลอยถังละ 8 ตัว

การให้อาหาร ระหว่างการทดลองมีการให้อาหาร เช้า-เย็น เป็นอาหารเม็ดลอยน้ำ ยี่ห้อซากูระ สำหรับปลาทองที่มีการจำหน่ายในร้านปลาสวยงามทั่วไป ระดับเปอร์เซ็นต์โปรตีน เท่ากับ 35 เปอร์เซ็นต์ โดยมีอัตราการให้ประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว มีการปรับปริมาณอาหารทุก ๆ สัปดาห์ และทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำสัปดาห์ละ 1 ครั้ง

การคัดสรรปลา มีขั้นตอนการปฏิบัติดังนี้ เตรียมยาสลบในการทำคัดสรร ใช้ยาสลบ Quinadine 15-60 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร ใส่ภาชนะเพื่อนำมาทำการสลบ เตรียมอุปกรณ์ในการทำคัดสรร ได้แก่ อุปกรณ์ผ่าตัด และสำลี ทำการคัดสรรครีบทองของปลาในบริเวณที่กำหนดไว้ คือ ครีบทองตัดไม่ติดโคนหางทั้งหมด เมื่อทำการตัดครีบทองเรียบร้อย ทำการฟื้นฟูจากการสลบหลังการทำคัดสรร โดยนำกะละมังที่เตรียมไว้ใส่น้ำและเครื่องให้อากาศเพื่อทำการฟื้นฟูปลาจากการสลบ หลังจากปลาอยู่ในสภาพปกติแล้วให้นำปลากลับเข้าถังสิ่งทดลองเดิม

การเก็บข้อมูล

วัดความยาวของครีบทองที่มีการงอกทดแทนทุก ๆ สัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ใช้เวอร์เนีย (Vernier caliper) หน่วยเป็นมิลลิเมตร โดยวัดปลาในแต่ละกลุ่มทดลองทุกตัว (รูปที่ 2) โดยบันทึก อัตราการงอกทดแทนเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์อัตราการรอดตาย เก็บข้อมูลคุณภาพน้ำ ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่าง โดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH meter) อุณหภูมิน้ำใช้ Thermometer ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำใช้เครื่องวัดออกซิเจน (DO meter) และ แอมโมเนีย ใช้ชุดทดสอบคุณภาพน้ำ (Test kit) การวิเคราะห์ข้อมูลวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new Multiple Rang Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลการวิจัย

การศึกษาการงอกทดแทนของครีบทองในน้ำแช่ใบหูกวางแห้ง โดยการทำคัดสรรตำแหน่งครีบทองตัดไม่ติดโคนครีบทองทั้งหมด ระยะเวลาการเก็บข้อมูล 8 สัปดาห์ เพื่อศึกษาอัตราการงอกทดแทน ระยะเวลาการงอกทดแทน และอัตราการรอดตายของปลา ซึ่งทำการทดลองในปลาทองขนาดความยาวเฉลี่ย 6.42 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 2.72 กรัม ความยาวหางเฉลี่ย

33 มิลลิเมตร ความยาวเฉลี่ยครีบทงที่ตัดออกเท่ากับ 19.5 มิลลิเมตร ผลการงอกทดแทนครีบทงปลาทองใช้ระยะในการงอกทดแทนส่วนที่ตัดออกได้สมบูรณ์ทั้งหมดภายใน 6 สัปดาห์ จากการเก็บข้อมูลทั้งหมด 8 สัปดาห์ (รูปที่ 1) โดยลักษณะครีบทงใหม่จะมีลักษณะสีอ่อนกว่าของเดิม ความยาวของครีบทงเมื่อสิ้นสุดการฟื้นฟูของครีบทง โดยสิ่งทดลองที่ 3 มีความยาวของครีบทงสูงสุด เท่ากับ 18.38 ± 0.20 มิลลิเมตร ความยาวของครีบทงน้อยสุดในสิ่งทดลองที่ 1 เท่ากับ 16.69 ± 0.87 มิลลิเมตร (ตารางที่ 1) อัตราการงอกทดแทนเฉลี่ย ที่ดีที่สุดในสัปดาห์ที่ 2 เท่ากับ 4.62 ± 0.58 มิลลิเมตร ในสิ่งทดลองที่ 1 น้ำที่ไม่แช่ใบหูกวาง และอัตรางอกเฉลี่ยน้อยที่สุดในสัปดาห์ที่ 5 ในสิ่งทดลองที่ 1 น้ำที่ไม่แช่ใบหูกวาง เท่ากับ 1.67 ± 0.23 มิลลิเมตร (ตารางที่ 2) เปอร์เซนต์อัตราการรอดตายที่ดีที่สุด เท่ากับ 100 เปอร์เซนต์ ในสิ่งทดลองที่ 2 แต่สิ่งทดลองที่ 3 มีเปอร์เซนต์การรอดตายต่ำสุด มีค่าเท่ากับ 83.33 ± 14.43 เปอร์เซนต์ (ตารางที่ 3) นำผลการทดลองวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยอัตราการงอกของครีบทงปลาทอง สัปดาห์ที่ 1 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ระหว่างสิ่งทดลองที่ 1 และ 2 กับสิ่งทดลองที่ 3 และ 4 ในส่วนความยาวครีบทงมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 1, 4, 5 และ 6 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ความยาวของครีบทงปลาทองที่งอกในแต่ละสัปดาห์ (มิลลิเมตร)

สิ่งทดลอง	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6
1	2.30 ± 0.27^b	6.92 ± 0.37^a	9.50 ± 0.36^a	12.75 ± 0.28^b	14.42 ± 0.36^b	16.69 ± 0.87^b
2	2.33 ± 0.19^b	6.62 ± 0.38^a	9.61 ± 1.20^a	12.77 ± 0.55^b	15.29 ± 0.38^{ab}	17.14 ± 0.87^{ab}
3	3.11 ± 0.34^a	7.42 ± 0.13^a	10.65 ± 0.63^a	13.70 ± 0.23^a	16.41 ± 1.40^a	18.38 ± 0.62^a
4	3.10 ± 0.36^a	6.80 ± 0.62^a	9.96 ± 0.20^a	13.20 ± 0.55^{ab}	15.80 ± 0.55^{ab}	18.06 ± 0.20^a

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันที่ปรากฏในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 2 อัตราการงอกทดแทนเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์ (มิลลิเมตร)

สิ่งทดลอง	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6
1	2.30 ± 0.27^b	4.62 ± 0.58^a	2.58 ± 0.62^a	3.25 ± 0.70^a	1.67 ± 0.23^a	2.27 ± 0.97^a
2	2.33 ± 0.19^b	4.29 ± 0.25^a	2.98 ± 0.89^a	3.16 ± 0.72^a	2.52 ± 0.18^a	1.84 ± 0.49^a
3	3.11 ± 0.34^a	4.31 ± 0.41^a	3.23 ± 0.69^a	3.04 ± 0.66^a	2.72 ± 1.60^a	2.72 ± 1.60^a
4	3.10 ± 0.36^a	3.69 ± 0.54^a	3.15 ± 0.59^a	3.23 ± 0.71^a	2.62 ± 0.25^a	2.24 ± 0.31^a

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันที่ปรากฏในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)



รูปที่ 1 การหมักน้ำแขยใบหูกวางแห้ง



รูปที่ 2 การวัดความยาวของหางที่งอกใหม่

เปอร์เซ็นต์อัตราการรอดตายตลอดการทดลองระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าสิ่งทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 มีอัตราการรอดตายเท่ากับ 91.66 ± 7.21 , 100 ± 0.00 , 83.33 ± 14.43 และ 91.66 ± 14.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ ผลการวิเคราะห์ ซึ่งไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 เปอร์เซ็นต์อัตราการรอดตายตลอดการทดลอง

สิ่งทดลอง	อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)
1	91.66 ± 7.21^a
2	100 ± 0.00^a
3	83.33 ± 14.43^a
4	91.66 ± 14.43^a

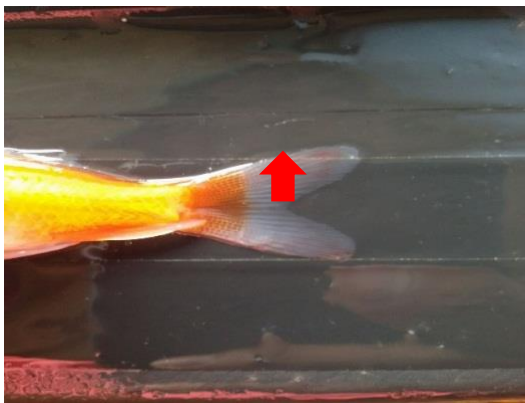
หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ไม่แตกต่างกันที่ปรากฏในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)



(ก) การงอกสัปดาห์ที่ 1



(ข) การงอกสัปดาห์ที่ 2



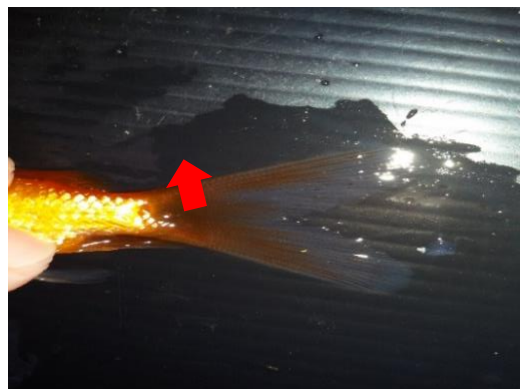
(ค) การงอกสัปดาห์ที่ 3



(ง) การงอกสัปดาห์ที่ 4



(จ) การงอกสัปดาห์ที่ 5



(ข) การงอกสัปดาห์ที่ 6

รูปที่ 3 การงอกทดแทนครีบทหางปลาทองหลังศัลยกรรมจำนวน 6 สัปดาห์ จุดที่ลูกศรชี้คือจุดที่ตัดครีบอก

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้านต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ และ แอมโมเนีย ทำการวิเคราะห์ทุก ๆ สัปดาห์ ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ มีค่าดังต่อไปนี้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 8.19 ในสิ่งทดลองที่ 3 และมีค่าต่ำสุดในสิ่งทดลองที่ 4 เท่ากับ 8.13 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 29.50 องศาเซลเซียส ในสิ่งทดลองที่ 1 และมีค่าต่ำสุดในสิ่งทดลองที่ 4 เท่ากับ 29.38 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยปริมาณ ออกซิเจนละลายอยู่ในน้ำ มีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 6.17 มิลลิกรัมต่อลิตร ในสิ่งทดลองที่ 1 และ 3 มีค่าต่ำสุดในสิ่งทดลองที่ 2 เท่ากับ 6.13 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยแอมโมเนีย มีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 0.026 มิลลิกรัมต่อลิตร ในสิ่งทดลองที่ 1 2 และ 3 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดในชุดการทดลองที่ 4 เท่ากับ 0.025 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4) ทั้งนี้พบว่า ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำด้าน ต่าง ๆ ทั้งหมด อยู่ในเกณฑ์ที่สัตว์น้ำเจริญเติบโตได้อย่างปกติ (วิรัช, 2544) จึงไม่มีผลกระทบต่อปลาในสิ่งทดลองที่แตกต่างกัน แต่อย่างใด

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำในการทดลองได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่าง อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และแอมโมเนีย

สิ่งทดลอง	ความเป็นกรด-ด่าง	อุณหภูมิ (C)	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	แอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)
1	8.17	29.50	6.17	0.026
2	8.14	29.39	6.13	0.026
3	8.19	29.43	6.17	0.026
4	8.13	29.38	6.14	0.025

การอภิปรายผล

การออกทดแทนของครีบท่างของปลาทอง ด้วยน้ำแช่ใบหูกวางระดับความเข้มข้นต่างกัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ตลอด ระยะเวลา 8 สัปดาห์ การออกทดแทนครีบท่างสามารถทดแทนส่วนที่ทำการสูญเสียได้สมบูรณ์ โดยใช้ระยะเวลา 6 สัปดาห์ จากการทดลองดังกล่าวไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ ธวัชชัย (2558) ที่ศึกษาการทำครีบท่างครีบท่างรูปแบบต่าง ๆ โดย จำลองสถานการณ์ในปลานิล ตำแหน่งครีบท่างเดียวกันใช้ระยะเวลาการทดแทน 4 สัปดาห์ อาจจะเป็นไปได้ที่ครีบท่างมีความ ยาวกว่าปลานิล เช่นเดียวกับการศึกษาของ นันทริกา (2549) ที่ศึกษาประสิทธิภาพของสมุนไพรฟ้าทะลายโจรและใบหูกวาง หนั่งต่อการรอกของหางปลาครีบท่าง โดยตัดครีบท่างของปลาครีบท่าง นำไปเลี้ยงในน้ำผสมฟ้าทะลายโจรและใบหูกวางใน ระยะเวลา 3 สัปดาห์ โดยผลการทดลอง ครีบท่างของปลาครีบท่างมีการออกทดแทนสมบูรณ์ภายใน 2 สัปดาห์ ซึ่งแตกต่างจาก การศึกษาครั้งนี้ ที่มีระยะเวลาการออกทดแทนที่ 6 สัปดาห์ การซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอเป็นกระบวนการทางชีวเคมี ที่มีการนำ องค์ประกอบทางเคมีจากอาหารที่ปลากินเข้าไปจะถูกนำไปใช้ในการซ่อมแซม ควบคุมการทำงานของร่างกายและสะสมในรูป ของกรดอะมิโนในร่างกาย (วิทยา และทวี, 2543) ดังนั้นเมื่อปลาถูกตัดหางซึ่งทำให้เกิดการเสียหายของร่างกาย อาหารที่กิน เข้าไปส่วนหนึ่งจะถูกนำไปซ่อมแซมส่วนที่เสียหาย ช่วยให้เกิดการรอกของหางขึ้น ร่วมกับคุณสมบัติแทนนินของใบหูกวาง สามารถ ช่วยลดการอักเสบ (Ratnasooriya and Dharmasiri, 2002) ซึ่งทำให้ระยะที่มีการอักเสบ (Inflammatory phase หรือ Substrate phase หรือ Lag phase) ลดลงส่งผลให้บาดแผลเข้าสู่ขบวนการงอกขยาย (Proliferative phase หรือ Fibroplasia) ได้เร็วขึ้น (นันทริกา, 2549) ปลาเป็นสัตว์เลือดเย็น (Poikilotherm) ซึ่งอุณหภูมิร่างกายจะเปลี่ยนไปตาม อุณหภูมิของน้ำ อัตราเมตาบอลิซึมและกิจกรรมของปลาเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (สุพจน์, 2523) ซึ่งอัตราการงอกแผล ทดแทนในช่วงสัปดาห์ที่ 2 มีการงอกขยายของครีบท่างที่ได้เร็วกว่าสัปดาห์อื่น ๆ เนื่องจากมีการให้อาหารปลาและมีอุณหภูมิ

น้ำที่สูงกว่าสัปดาห์อื่น ๆ ส่งผลให้เกิดกระตุ้นการงอกทดแทนครีบหางได้เร็วกว่าช่วงสัปดาห์อื่น การศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Shao et al. (2009) ที่มีการศึกษาการงอกทดแทนครีบของปลาคาร์พ โดยการศึกษาการงอกทดแทนของครีบบริเวณส่วนหาง ลักษณะการศึกษากล้ามเนื้อ โครงสร้างภายในและเกล็ด ผลการศึกษาในการฟื้นฟูครีบหางของปลาคาร์พ มีอัตราการงอกและสมบูรณ์ 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถมองเห็นการงอกของหางหลังจากการตัด 2-4 สัปดาห์ การฟื้นฟูของครีบบมีการใช้รังสีในการฟื้นฟูครีบหางของปลาที่ถูกตัดจากโคนหาง 1-2 มิลลิเมตร ในการทดลองกำหนดระยะเวลาไว้ 2 เดือน แต่หลังจากการตัดครีบหาง 1 เดือน ครีบหางก็สามารถงอกได้สมบูรณ์ตามรูปร่างเดิม สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า ครีบหางที่งอกใหม่ของปลามีเส้นเลือดที่อุดมสมบูรณ์ ด้วยเหตุผลเหล่านี้ อาจมีประโยชน์ในการทดลองทางแพทย์เกี่ยวกับการพัฒนาของหลอดเลือด อัตราความน่าจะเป็นที่ครีบหางมีการฟื้นฟูแล้วสมบูรณ์เป็นปกติหลังจากการตัดครีบหางเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ Böckelmann et al. (2010) การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อที่งอกใหม่ของครีบหางปลาคาร์พ จากการสังเกตภายใต้การส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแสดงให้เห็นว่าเซลล์ผิวหนังที่ปกคลุมส่วนปลาย เวลาตัดส่วนปลายของครีบแล้วปล่อยของเหลวออกมา ที่ระหว่างของเซลล์ในทางตรงกันข้าม เซลล์จากผิวหนังชั้นนอกมีพัฒนาที่ดีและมีเซลล์เป็นรูปทรงกระบอก ในช่วงเวลาของการฟื้นฟูเซลล์จากการเริ่มต้นได้มีการสังเคราะห์ที่อยู่ใต้เยื่อผิวหนังที่งอกใหม่ ซึ่งได้รับการสูญเสียในช่วงเวลาของการตัดครีบ ในวันที่ 2 หลังจากการตัดครีบผิวหนังที่ปกคลุมส่วนปลายยังมีการพัฒนาเซลล์เยื่อผิวหนังอย่างต่อเนื่อง จะสังเกตเห็นได้ชัดว่าช่องว่างระหว่างเซลล์และผิวหนังที่ปกคลุมส่วนปลายยังมีการเจริญเติบโตเล็กน้อยของเนื้อเยื่อที่เชื่อมต่อกันซึ่งมีหน้าที่ในการส่งเสริมระยะห่างระหว่างชั้นผิวหนังและฐาน ก้านครีบอ่อนที่ถูกตัดครีบ ในวันที่สามของการฟื้นฟูเซลล์ผิวหนังชั้นนอกยังคงได้รับการพัฒนา จากการสังเกตในวันแรกของการฟื้นฟูและยังคงสร้างเยื่อผิวหนังในการฟื้นฟู ในช่วงเวลาของการฟื้นฟูเซลล์มี Blastema ช่วยในการซ่อมแซมเซลล์ จะสังเกตได้จากเซลล์จับเป็นก้อนที่ปลายของครีบหางในการงอกฟื้นฟูในเนื้อเยื่อใต้ผิวหนังชั้นนอกที่เชื่อมติดกัน โดยภาพรวมแล้วสามารถมองเห็นการพัฒนาการงอกใหม่ของครีบได้มากขึ้น ในวันที่ 4 การฟื้นฟูส่วนที่ขาดหายไปจากครีบหางก็เพิ่มขึ้น และสังเกตเห็นได้ว่าความกว้างของผิวหนังชั้นนอกลดลง เช่นเดียวกับการลดลงของพื้นที่ระหว่างเซลล์ เมื่อเทียบกับวันก่อนหน้านี้อีกหลังจากการตัดครีบ จะเห็นว่าพบเยื่อผิวหนังบริเวณที่ทำการตัดครีบมีความกว้างของเยื่อคล้ายกับบริเวณที่ไม่ได้รับการตัดครีบ ดังนั้นจึงไม่สามารถงอกใหม่ได้ ในช่วงนี้ Blastema จะได้รับการพัฒนาในวันที่สามของการฟื้นฟูในการเชื่อมต่อภายในเนื้อเยื่อของปลายสุดครีบหาง ช่วงของการฟื้นฟูเซลล์ผิวหนังชั้นนอกอยู่ในกระบวนการสังเคราะห์เยื่อผิวหนังชั้นต้น

คุณภาพน้ำความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำอยู่ระหว่าง 6.5-9.0 หากสูงหรือต่ำกว่านี้จะเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ (ชาญยุทธ, 2533) อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาอยู่ระหว่าง 25-32 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ปลามีพัฒนาการที่ดีและระบบเมตาบอลิซึมในปลาทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ปลามีการเจริญเติบโตได้ดี ปริมาณออกซิเจนละลายอยู่ในน้ำไม่ควรต่ำกว่า 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร หากน้อยกว่านี้จะไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ และค่าแอมโมเนียที่ปลอดภัยต่อสัตว์น้ำคือ ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร (วิรัช, 2544)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ผลของน้ำแช่ใบหูกวาง มีส่วนช่วยให้มีการฟื้นฟูส่วนที่สึกหรอของครีบหางให้ดีขึ้น โดยปริมาณใบหูกวาง 6 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร เหมาะสมในการใส่น้ำเพื่อกระตุ้นให้ปลามีการซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ จึงควรมีการนำมาประยุกต์ใช้ในการรักษาเบื้องต้นแทนการใช้ยาหรือสารเคมีในอนาคต ซึ่งจะมีความปลอดภัยและค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่า อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาต่อไปถึงผลข้างเคียง ขนาดการใช้ และระยะเวลาในการใช้เพื่อให้ได้ผลในการรักษาที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

บทสรุป

การศึกษาผลการงอกทดแทนครีบทองที่เลี้ยงในน้ำแช่ใบหูกวางที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน การงอกทดแทนครีบทองมีการงอกทดแทนสมบูรณ์เมื่อผ่านไป 6 สัปดาห์ ความยาวของครีบทองในแต่ละชุดการทดลองแตกต่างกัน โดยสิ่งทดลองที่ 3 มีความยาวมากที่สุด เท่ากับ 18.38 ± 0.2 มิลลิเมตร และสิ่งทดลองที่ 1 มีความยาวต่ำที่สุด เท่ากับ 16.69 ± 0.87 มิลลิเมตร อัตราการงอกเฉลี่ยทดแทน ในสัปดาห์ที่ 2 สิ่งทดลองที่ 1 มีค่าสูงสุด มีค่าเท่ากับ 4.62 ± 0.58 มิลลิเมตร และในสัปดาห์ที่ 5 สิ่งทดลองที่ 1 มีความยาวต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 1.67 ± 0.23 มิลลิเมตร

เปอร์เซ็นต์อัตราการรอดตายตลอดการทดลองระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าสิ่งทดลองที่ 1 2 3 และ 4 มีอัตราการรอดตายเท่ากับ 91.66 ± 7.21 , 100 ± 0.00 , 83.33 ± 14.43 และ 91.66 ± 14.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ ผลการวิเคราะห์ ซึ่งไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ ($p > 0.05$)

การทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นผลของน้ำแช่ใบหูกวาง มีส่วนช่วยให้มีการฟื้นฟูส่วนที่สึกหรอของครีบทองให้ดีขึ้น โดยปริมาณใบหูกวาง 6 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร เหมาะสมในการใส่น้ำเพื่อกระตุ้นให้ปลาทองซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ เห็นควรให้มาประยุกต์ใช้ในการรักษาเบื้องต้นแทนการใช้ยาหรือสารเคมี ซึ่งอาจมีความปลอดภัยและค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่า อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาต่อไปถึงผลข้างเคียง ขนาดการใช้ และระยะเวลาในการใช้เพื่อให้ได้ผลในการรักษาที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

เอกสารอ้างอิง

- ชาญยุทธ คงภิมย์ชื่น. (2533). คู่มือปฏิบัติการคุณภาพน้ำทางการประมง. คณะเกษตรศาสตร์บางพระ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. ชลบุรี.
- ธวัชชัย งามศิริ. (2558). กรณีศึกษาการทำคัลยกรรมในปลา. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง. คณะเทคโนโลยีการเกษตร และอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ. พระนครศรีอยุธยา.
- นันทริกา ชันชื้อ. (2549). การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำแช่ใบหูกวางแห้งและสารสกัดฟ้าทะลายโจรต่อการงอกของหางและปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่นในปลาแคร์ฟ. วารสารเวชศาสตร์สัตวแพทย์. 57(2): 52-62.
- วิทยา ดินนังวัฒนะ และทวี วิพุฒานุมาศ. (2543). การศึกษาระดับโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาตะเพียนขาวขนาดเล็ก. เอกสารวิชาการ. สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดเพชรบุรี. กรมประมง. 21 หน้า.
- วิรัช จิวแหยม. (2544). ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.
- สมจินตนา พุทธมาตย์ และวรวิทย์ สุวรรณสาร. (2550). การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของใบหูกวาง (*Terminalia catappa* L.) และผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำและการยับยั้งแบคทีเรียในน้ำ. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 30 มกราคม - 2 กุมภาพันธ์ 2550. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 45:579-585.
- สิทธิพล อินทรพัฒน์. (2557). ผลงานวิจัยสู่สังคมไทย การงอกใหม่: Regeneration. ค้นเมื่อ 12 มกราคม 2564. <http://www.sc.mahidol.ac.th/usr/?p=338>
- สุพจน์ ทองนพคุณ. (2523). ปริมาณการใช้ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำของปลาน้ำจืดบางชนิดที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ กัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- อรัญญา พลพรพิสิฐ, นันทริกา ชันซื่อ, วิภา เคยพุดชา, จิรศักดิ์ ตั้งตรงไพโรจน์, ณิชฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ และเอนโดะ มากาโตะ. (2549). การใช้ใบหูกวาง (*Terminalia catappa* L.) เพื่อรักษาโรคในปลากัด (*Betta splendens*) และปลาหางนกยูง (*Poecilia reticulata*). รายงานการวิจัย. คณะสัตวแพทยศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- Bockelmann P.K., Ochandio B.S. and Bechara I.J. (2010). Histology study of the dynamics in epidermis regeneration of the carp tail fin. *Brazilian Journal of Biology*. 70(1): 218-220.
- Brockes J.P. (1997). Amphibian Limb Regeneration: Rebuilding a Complex Structure. *Science*. 267: 81-87.
- Pfefferli C., Muller F., Jazwinska A. and Wicky C. (2014). Specific NuRD components are required for fin regeneration in zebrafish. *BMC biology*. 12(30): 1-17.
- Ratnasooriya W.D. and Dharmasiri M.G. (2002). Tender leaf extract of *Terminalia catappa* antinociceptive activity in rats. *Pharmaceutical Biology*. 40(1): 60-66.
- Shao J., Qian X., Zhang C. and Xu Z. (2009). Fin regeneration from tail segment with musculature endoskeleton and scales. *Journal of experimental zoology*. 312(7): 762-769.