

ผลของอุณหภูมิต่อการระงับความรู้สึกด้วยน้ำมันกานพลูในปลาไนล (*Oreochromis niloticus*)

The effect of temperature on clove oil anesthesia in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)

สิรินทร์นภา พุ่มแจ้^{1*} และ สาทิต บุญน้อม¹

Sirinnapa Poomjae^{1*} and Sathit Boonnom¹

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการระงับความรู้สึกปลาไนล (10.51 ± 3.38 ก., 8.56 ± 1.13 ซม.) ด้วยน้ำมันกานพลู ทำการระงับความรู้สึกปลาไนลด้วยน้ำมันกานพลูเข้มข้นต่างกัน 6 ระดับ (25, 50, 75, 100, 125 และ 150 มก./ล.) ที่อุณหภูมิต่างกัน 2 ระดับ (26 และ 30 °C) บันทึกเวลาการชักนำ เวลาการฟื้นตัว และคุณภาพน้ำเพื่อหาความเข้มข้นต่ำสุดให้ผล จากนั้นระงับความรู้สึกปลาไนลด้วยความเข้มข้นต่ำสุดให้ผล เพื่อประเมินผลของอุณหภูมิต่อการเคลื่อนไหวของฝาปิดเหงือก พบว่า น้ำมันกานพลูเข้มข้น 25 มก./ล. ไม่มีประสิทธิภาพระงับความรู้สึกทุกช่วงอุณหภูมิ การเพิ่มอุณหภูมิและความเข้มข้นจะส่งผลให้เวลาการชักนำลดลง ($P < 0.05$) ส่วนเวลาการฟื้นตัวจะลดลง ($P < 0.05$) เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ และเวลาการฟื้นตัวเพิ่มขึ้น ($P < 0.05$) ตามการเพิ่มความเข้มข้น นอกจากนี้การเพิ่มอุณหภูมิยังส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลง ($P < 0.05$) ขณะที่ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจะเพิ่มขึ้น ($P < 0.05$) ตามการเพิ่มความเข้มข้น ความเข้มข้นต่ำสุดให้ผลที่อุณหภูมิ 26 และ 30 °C มีค่าเท่ากับ 100 และ 75 มก./ล. ตามลำดับ อนุความเข้มข้นเหล่านี้พบว่า อัตราเคลื่อนไหวของฝาปิดเหงือกเพิ่มขึ้น ($P < 0.05$) ตามการเพิ่มอุณหภูมิ การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิส่งผลต่อประสิทธิภาพของน้ำมันกานพลูในการเป็นยาระงับความรู้สึกปลาไนล

คำสำคัญ: อุณหภูมิ, ยาระงับความรู้สึก, น้ำมันกานพลู, ปลาไนล

ABSTRACT: The purpose of this study was to investigate the effect of temperature on anesthesia in Nile tilapia (10.51 ± 3.38 g, 8.56 ± 1.13 cm) with clove oil. Fingerlings were individually exposed to six different concentrations (25, 50, 75, 100, 125 and 150 mg/L) at two different temperatures (26 and 30 °C). The induction and recovery times and water quality were examined to determine the lowest effective concentration. Fingerlings were individually subjected to the lowest effective concentration to evaluate the effect of temperature on the opercular movement. The concentration of 25 mg/L was inefficiency to induce the anesthesia at all temperatures. As the temperature and concentration increased, the induction time decreased ($P < 0.05$). Conversely, the recovery time decreased ($P < 0.05$) as the temperature increased and the recovery time increased ($P < 0.05$) with increasing concentration. In addition, the rising temperature declined ($P < 0.05$) the dissolved O_2 , whereas the dissolved O_2 elevated ($P < 0.05$) with rising concentration. The lowest effective concentration at 26 and 30 °C was indicated to be 100 and 75 mg/L, respectively. At these concentrations, the opercular movement rate was rose ($P < 0.05$) with increasing temperature. This study demonstrates that the temperature had an effect on the efficacy of clove oil as an anesthetic in Nile tilapia.

Keywords: temperature, anesthetic, clove oil, Nile tilapia

¹ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี 76120

Faculty of Animal Science and Agricultural Technology, Silpakorn University, Phetchaburi IT Campus 76120

* Corresponding author: poomjae_s@silpakorn.edu

บทนำ

ยาระงับความรู้สึกถูกนำมาใช้ระงับความรู้สึกปลาในหลายขั้นตอน เช่น การสู่มตัวอย่าง การวัดขนาด การติดป้ายระบุ การขนส่ง การให้วัคซีน และการผสมเทียม (Mohammadi and Khara, 2015; Ogretmen et al., 2016) ปัจจุบันยาระงับความรู้สึกที่นิยมใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ได้แก่ tricaine methanesulfonate (MS-222), 2-Phenoxyethanol (2-PE), quinaldine, benzocaine, metomidate และน้ำมันกานพลู (clove oil) (Mylonas et al., 2005; Mitjana et al., 2014) MS-222 เป็นยาระงับความรู้สึกเพียงชนิดเดียวที่ได้รับการรับรองให้ใช้กับปลา แต่ต้องมีระยะเวลาใช้ยาเป็นเวลานานน้อยกว่า 21 วัน ก่อนนำไปบริโภค (FDA, 2006) ในทางกลับกันน้ำมันกานพลูถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในหลายประเทศ โดยไม่ต้องหยุดใช้ยาก่อนนำปลาไปบริโภคหรือปล่อยกลับสู่ธรรมชาติ (Kildea et al., 2004) นอกจากนี้ น้ำมันกานพลูยังได้รับการยอมรับว่าปลอดภัย (GRAS) สำหรับเป็นสารเติมแต่งอาหาร (FDA, 2007) ดังนั้นน้ำมันกานพลูจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับระงับความรู้สึกปลา

น้ำมันกานพลูสกัดได้จากดอก ลำต้น และใบของกานพลู (*Syzygium aromaticum*) มีสารออกฤทธิ์ที่สำคัญ คือ ยูจีนอล (eugenol) ซึ่งคิดเป็น 90-95% โดยน้ำหนัก (Javahery et al., 2012) แม้จะมีการใช้น้ำมันกานพลูและยูจีนอลระงับความรู้สึกปลาหลายชนิด แต่ความสามารถในการระงับความรู้สึกจะถูกจำกัดด้วยปัจจัยทางชีวภาพและสิ่งแวดล้อมคุณภาพน้ำ เช่น อุณหภูมิ พีเอช ความเค็ม และความกระด้างล้วนส่งผลกระทบบต่ออัตราเมแทบอลิซึม การควบคุมกรดเบส การควบคุมความเข้มข้นเกลือแร่ และการควบคุมไฮดรอนของปลา แต่กระบวนการดังกล่าวได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิมากที่สุด (Javahery et al., 2012) มีการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อความสามารถในการระงับความรู้สึกของน้ำมันกานพลูและยูจีนอลในปลาหลายชนิด เช่น European sea bass และ gilthead seabream, rock bream และ silver catfish (Mylonas et al., 2005; Park et al., 2009; Gomes et al., 2011) โดยเวลาการชักนำ (induction time) และเวลาการฟื้นตัว (recovery time) จะเร็วขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ เนื่องจากปลาเป็นสัตว์เลือดเย็น

ดังนั้นอัตราเมแทบอลิซึม เช่น การดูดซึมและการกำจัดยาระงับความรู้สึกออกจากร่างกายจึงขึ้นกับอุณหภูมิ น้ำ อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการระงับความรู้สึกปลานิล ซึ่งเป็นสายพันธุ์หนึ่งที่ยิยมเพาะเลี้ยงมากที่สุดในโลก (FAO, 2014) เนื่องจากมีการเติบโตอย่างรวดเร็ว มีความทนต่อปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม มีความต้านทานต่อโรค รอบการสืบพันธุ์สั้น และสามารถให้อาหารได้ทันทีหลังจากถูกใส่แดงดูดซึม (El-Sayed, 2006) ปลานิลที่ยิยมเพาะเลี้ยงในประเทศไทยมี 2 สายพันธุ์ ได้แก่ ปลานิลและปลานิลแดง แต่ปลานิลนับเป็นสัตว์น้ำจืดเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย (Bhujel, 2013) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการระงับความรู้สึกปลานิลด้วยน้ำมันกานพลู ซึ่งข้อมูลพื้นฐานนี้จะช่วยเป็นประโยชน์ในการพิจารณาเลือกใช้ความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูให้เหมาะสมกับอุณหภูมิ รวมทั้งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับปลาชนิดอื่นต่อไป

วิธีการศึกษา

การเตรียมสัตว์ทดลอง

นำปลานิลซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากฟาร์มสาธิต คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร อายุประมาณ 50 วัน มาเลี้ยงในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 500 ล. ที่ให้อากาศตลอดเวลาเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ในระหว่างการปรับสภาพนี้ให้อาหารสำเร็จรูปแก่ปลานิลวันละ 2 ครั้ง (08.00 และ 16.00 น.) ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวันประมาณ 30% ของปริมาตรน้ำในถัง (Gomes et al., 2011) รวมทั้งตรวจสอบคุณภาพน้ำด้วยเครื่องวัดคุณภาพน้ำแบบมัลติพารามิเตอร์รุ่น AL 15 set Aqualytic/Germany โดยอุณหภูมินำปริมาณออกซิเจนละลายน้ำและพีเอช มีค่าเท่ากับ $26 \pm 1^{\circ}\text{C}$, 6-7 มก./ล. และ 7-8 ตามลำดับ

หลังการปรับสภาพเบื้องต้น แบ่งปลาออกเป็น 2 กลุ่ม แต่ละกลุ่มเลี้ยงในถังขนาด 500 ล. ที่ให้อากาศตลอดเวลาและควบคุมอุณหภูมิน้ำให้คงที่ด้วยเครื่องทำความร้อน (aquarium heater) ที่มีตัวควบคุมอุณหภูมิ (thermostat) โดยกลุ่มที่ 1 อุณหภูมิน้ำ 26°C ส่วนกลุ่มที่ 2 อุณหภูมิน้ำ 30°C (ปรับอุณหภูมิขึ้นวันละ 2°C จาก 26°C เป็น 30°C) ซึ่งอุณหภูมิ 26-

30 °C เป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับการเติบโตของปลาชนิด (Azaza et al., 2008) ทำการปรับสภาพปลาเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ให้อาหารสำเร็จรูปวันละ 2 ครั้ง (08.00 และ 16.00 น.) เปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวันประมาณ 30% ของปริมาตรน้ำในถัง รวมทั้งดให้อาหารเป็นเวลา 24 ชม. ก่อนทำการทดลอง

การเตรียมยาระงับความรู้สึก

เนื่องจากน้ำมันกานพลูไม่ละลายในน้ำ ดังนั้นจึงเตรียมสารละลายเข้มข้น (stock solution) โดยการละลายน้ำมันกานพลู (บริษัทอุตสาหกรรมเครื่องหอมไทย-จีน) ซึ่งมียูจินอล 99.16% (พนิตตา และ วัชรวิ, 2011) ในเอทานอล 95% อัตราส่วน 1:9 (Mitjana et al., 2014) ก่อนการทดลอง 2-3 นาที ซึ่งเอทานอลขนาดสูงสุด (maximum dose) นี้ไม่มีผลระงับความรู้สึกปลานิล ดังนั้นความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูที่ใช้ในการทดลองจึงคำนวณจากสารออกฤทธิ์

ผลของอุณหภูมิต่อการชักนำและการฟื้นตัว

หลังการปรับสภาพให้เข้ากับอุณหภูมิ ทำการระงับความรู้สึกปลานิล (10.51 ± 3.38 ก., 8.56 ± 1.13 ซม.) ที่ละตัวในอ่างที่บรรจุน้ำ 5 ล. พร้อมด้วยน้ำมันกานพลูเข้มข้นต่างกัน 6 ระดับ ได้แก่ 25, 50, 75, 100, 125 และ 150 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 26 และ 30 °C โดยควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ด้วยเครื่องทำความร้อน บันทึกเวลาการชักนำเมื่อปลาเข้าสู่ระยะ deep anesthesia (Mitjana et al., 2014) ซึ่งปลาจะไม่มี การเคลื่อนไหว ไม่ตอบสนองต่อการสัมผัส และหายใจช้าลงไม่สม่ำเสมอ จากนั้นย้ายปลาลงสู่อ่างบรรจุน้ำสะอาดที่ให้อากาศตลอดเวลาและควบคุมอุณหภูมิ 26 และ 30 °C ด้วยเครื่องทำความร้อน เพื่อบันทึกเวลาการฟื้นตัว โดยปลาจะมีการตอบสนองต่อสิ่งเร้าและว่ายน้ำได้ตามปกติ หากปลาไม่สามารถเข้าสู่ระยะ deep anesthesia ภายใน 20 นาที จะย้ายปลาลงสู่อ่างฟื้นตัวทันที ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้ปลา 10 ตัว และเตรียมความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูใหม่ทุกซ้ำ ตรวจสอบคุณภาพน้ำ (ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำและพีเอช) ในระหว่างการทดลอง แต่ละครั้งด้วยเครื่องวัดคุณภาพน้ำแบบมัลติพารามิเตอร์รุ่น AL 15 set Aqualytic/Germany หลังการฟื้นตัวทำการแบ่งกลุ่มปลาตามความเข้ม

ชั้นและอุณหภูมิแล้วเลี้ยงในถังขนาด 100 ล. ที่ให้อากาศอย่างต่อเนื่องและควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ 26 และ 30 °C เป็นเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อสังเกตพฤติกรรมผิดปกติและบันทึกอัตราการตายของปลา

เพื่อหาความเข้มข้นต่ำสุดให้ผล (lowest effective concentration) ในแต่ละอุณหภูมิ ความเข้มข้นนั้นควรชักนำให้ปลาเข้าสู่ระยะ deep anesthesia ภายในเวลา 180 วินาที และทำให้ปลาฟื้นตัวได้ภายใน 300 วินาที (Marking and Meyer, 1985)

ผลของอุณหภูมิต่อการเคลื่อนไหวของฝาปิดเหงือก

ก่อนการระงับความรู้สึก นำปลานิล (10.51 ± 3.38 ก., 8.56 ± 1.13 ซม.) จากถังปรับสภาพแต่ละอุณหภูมิ มาศึกษาอัตราเคลื่อนไหวของฝาปิดเหงือก (operculum) (ครั้ง/นาที) ในอ่างบรรจุน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ 26 และ 30 °C ที่ละตัว ซึ่งควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ด้วยเครื่องทำความร้อน บันทึกการเคลื่อนไหวของฝาปิดเหงือกโดยการนับด้วยเครื่องนับจำนวน (digit tally counter) จากนั้นย้ายปลาลงสู่อ่างที่บรรจุน้ำ 5 ล. พร้อมด้วยน้ำมันกานพลูความเข้มข้นต่ำสุดให้ผลของอุณหภูมิ 26 และ 30 °C และควบคุมอุณหภูมิด้วยเครื่องทำความร้อน เมื่อปลาเข้าสู่ระยะ deep anesthesia บันทึกการเคลื่อนไหวของฝาปิดเหงือกด้วยเครื่องนับจำนวน หลังจากนั้นย้ายปลาลงสู่อ่างบรรจุน้ำสะอาดที่ให้อากาศตลอดเวลาและควบคุมอุณหภูมิ 26 และ 30 °C ด้วยเครื่องทำความร้อน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้ปลา 10 ตัว โดยเตรียมความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูใหม่ทุกซ้ำ หลังการฟื้นตัวจะแบ่งกลุ่มปลาตามอุณหภูมิแล้วย้ายสู่ถังขนาด 100 ล. ที่ให้อากาศอย่างต่อเนื่องและควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ 26 และ 30 °C เป็นเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อสังเกตพฤติกรรมและบันทึกอัตราการตายของปลา

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) นำข้อมูลเวลาการชักนำ เวลาการฟื้นตัว อัตราเคลื่อนไหวของฝาปิดเหงือก และคุณภาพน้ำ (ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำและพีเอช) มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลของอุณหภูมิต่อการชักนำและการฟื้นตัว

จากการศึกษาพบว่า น้ำมันกานพลูเข้มข้น 25 มก./ล. ไม่สามารถระงับความรู้สึกปลาไนได้ ส่วนน้ำมันกานพลูเข้มข้น 50-150 มก./ล. สามารถระงับความรู้สึกปลาไนได้ทุกตัวในทุกอุณหภูมิ (Table 1) ซึ่งความเข้มข้นดังกล่าวสามารถระงับความรู้สึกปลา angelfish ได้ โดยต้องใช้ความเข้มข้น 80-100 มก./ล. (Mitjana et al., 2014) นอกจากนี้การเพิ่มความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูยังส่งผลให้เวลาการชักนำลดลง ($P < 0.05$) และเวลาการฟื้นตัวเพิ่มขึ้น ($P < 0.05$) ในทุกอุณหภูมิ (Table 1) กล่าวคือ ปลาไนจะเข้าสู่ระยะ deep anesthesia ได้อย่างรวดเร็วและสลบได้นานขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในปลา rainbow trout และ shabbout (Mohammadi and Khara, 2015; Ogretmen et al., 2016) อย่างไรก็ตาม Mylonas et al. (2005) ได้รายงานว่า ปลา European sea bass และ gilthead sea bream กลับฟื้นตัวได้อย่างรวดเร็วเมื่อเพิ่มความเข้มข้น ส่วน Mitjana et al. (2014) พบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูสามารถ

ระงับความรู้สึกปลา angelfish ได้เร็วขึ้น แต่การฟื้นตัวกลับไม่ขึ้นกับความเข้มข้น ดังนั้นประสิทธิภาพของน้ำมันกานพลูในการระงับความรู้สึกจึงขึ้นกับชนิดของปลา ซึ่งปลาแต่ละชนิดมีการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อยาระงับความรู้สึกได้แตกต่างกัน

อุณหภูมิส่งผลต่อเวลาการชักนำและเวลาการฟื้นตัว กล่าวคือ การเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้ปลาไนเข้าสู่ระยะ deep anesthesia ได้เร็วขึ้น ($P < 0.05$) รวมทั้งฟื้นตัวได้อย่างรวดเร็ว ($P < 0.05$) (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในปลา European sea bass และ gilthead seabream, rock bream และ silver catfish (Mylonas et al., 2005; Park et al., 2009; Gomes et al., 2011) รวมทั้งพบว่า ความเข้มข้นต่ำสุดให้ผลของน้ำมันกานพลูสำหรับระงับความรู้สึกปลาไนน้ำหนัก 10.51 ± 3.38 ก. ที่อุณหภูมิ 26 และ 30 °C มีค่าเท่ากับ 100 และ 75 มก./ล. ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับการศึกษาของ Ribeiro et al. (2015) ที่รายงานว่า ยูจีนอลเข้มข้น 50-175 มก./ล. สามารถระงับความรู้สึกปลาไนน้ำหนัก 0.02-11.64 ก. ได้

Table 1 Induction and recovery times (seconds) of Nile tilapia anesthetized at 26 and 30 °C with different clove oil concentrations.

Anesthesia	Concentrations (mg/L)	Temperatures (°C)	
		26	30
Induction	25	-	-
	50	447.46 ± 58.18 ^{aA}	258.66 ± 63.47 ^{aB}
	75	264.56 ± 40.44 ^{bA}	156.16 ± 13.84 ^{bB}
	100	151.26 ± 14.40 ^{cA}	82.16 ± 30.39 ^{cB}
	125	86.53 ± 12.36 ^{dA}	64.03 ± 8.87 ^{dB}
	150	71.13 ± 11.95 ^{dA}	52.46 ± 11.47 ^{dB}
Recovery	25	-	-
	50	365.03 ± 29.79 ^{cA}	225.86 ± 51.17 ^{dB}
	75	369.20 ± 54.42 ^{cA}	240.66 ± 29.72 ^{cdB}
	100	417.96 ± 42.75 ^{bA}	252.63 ± 41.91 ^{bcB}
	125	424.80 ± 75.55 ^{abA}	265.66 ± 47.20 ^{bB}
	150	448.70 ± 67.14 ^{aA}	329.06 ± 32.53 ^{aB}

The sign -, means the anesthesia was not achieved after 20 min of exposure. Values expressed in mean ± SD. Different lowercase letters in the same column indicate a significant difference ($P < 0.05$). Different capital letters in the same row indicate a significant difference ($P < 0.05$).

จากการวัดระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และพีเอชพบว่า อุณหภูมิและความเข้มข้นล้วนส่งผลต่อปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ โดยปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจะลดลง ($P < 0.05$) เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ แต่ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเพิ่มขึ้น ($P < 0.05$) ตามการเพิ่มความเข้มข้น (Table 2) โดยปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ระหว่าง 5-7 มก./ล. ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับการเติบโตของปลา (Boyd and Tucker, 1998) การที่ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของน้ำมันกานพลู อาจเนื่องจากความ

เข้มข้นที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความถี่ในการหายใจของปลานิลลดลง ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจึงเพิ่มขึ้นนั่นเอง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในปลา olive flounder และ marine medaka (Gil et al., 2016; Park et al., 2017) สำหรับค่าพีเอชไม่พบความแตกต่าง ($P > 0.05$) ระหว่างกลุ่มการทดลอง (Table 2) โดยแปรผันระหว่าง 7-8 ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการเติบโตและอัตราการรอดของการเพาะเลี้ยงปลานิล (El-Sherif and El-Feky, 2009) รวมทั้งไม่พบการตายของปลานิลหลังการฟื้นตัว

Table 2 Assessment of water quality parameters at different clove oil concentrations and water temperatures.

Water parameters	Concentrations (mg/L)	Temperatures (°C)	
		26	30
Dissolved O ₂ (mg/L)	25	6.03 ± 0.05 ^{dA}	5.60 ± 0.00 ^{dB}
	50	6.30 ± 0.00 ^{cA}	5.83 ± 0.05 ^{cB}
	75	6.40 ± 0.00 ^{bA}	5.93 ± 0.05 ^{bB}
	100	6.46 ± 0.05 ^{bA}	6.00 ± 0.00 ^{bB}
	125	6.60 ± 0.00 ^{aA}	6.26 ± 0.05 ^{aB}
	150	6.63 ± 0.05 ^{aA}	6.30 ± 0.00 ^{aB}
pH	25	7.95 ± 0.05 ^{aA}	7.94 ± 0.04 ^{aA}
	50	7.96 ± 0.02 ^{aA}	7.95 ± 0.01 ^{aA}
	75	7.93 ± 0.04 ^{aA}	7.94 ± 0.02 ^{aA}
	100	7.92 ± 0.05 ^{aA}	7.93 ± 0.03 ^{aA}
	125	7.94 ± 0.02 ^{aA}	7.96 ± 0.02 ^{aA}
	150	7.96 ± 0.03 ^{aA}	7.97 ± 0.05 ^{aA}

Values expressed in mean ± SD. Different lowercase letters in the same column indicate a significant difference ($P < 0.05$). Different capital letters in the same row indicate a significant difference ($P < 0.05$).

ผลของอุณหภูมิต่อการเคลื่อนไหวของฝาปิดเหงือก

การเคลื่อนไหวของฝาปิดเหงือกหรืออัตราการระบายอากาศ (ventilation rate) ก่อนระดับความรู้สึกลึกของปลานิลยาว 8.56 ± 1.13 ซม. มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยที่อุณหภูมิ 26 และ 30 °C มีค่าเท่ากับ 183.60 ± 26.73 และ 204.80 ± 19.79 ครั้ง/นาที ตามลำดับ (Table 3) แต่อัตราการระบายอากาศของปลานิลยาว 10.2-11.1 ซม. ที่อุณหภูมิ 25 °C และปลานิลยาว 14.83 ซม. ที่อุณหภูมิ 23 °C มีค่า 96-109 และ 69-76 ครั้ง/นาที ตามลำดับ (Barreto and Volpato, 2004; 2006) ดังนั้นอัตรา

ระบายอากาศจึงขึ้นกับขนาดของร่างกายและอุณหภูมิ กล่าวคือ ปลาขนาดเล็กจะมีอัตราการระบายอากาศสูงกว่าปลาขนาดใหญ่ และอัตราการระบายอากาศจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ อัตราการระบายอากาศของปลานิลที่เพิ่มขึ้นตามการเพิ่มอุณหภูมินั้นสอดคล้องกับการศึกษาในปลา pikeperch (Frisk et al., 2012) นอกจากนี้การเคลื่อนไหวของฝาปิดเหงือกของปลานิลระหว่างระดับความรู้สึกลึกด้วยความเข้มข้นต่ำสุดให้ผลยังเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยที่อุณหภูมิ 26 และ 30 °C มีค่าเท่ากับ 80.61 ± 6.13 และ 95.74 ± 8.72 ครั้ง/นาที ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 Opercular movement of Nile tilapia anesthetized at 26 and 30 °C with optimal concentration of clove oil.

Temperatures (°C)	Concentrations (mg/L)	Opercular movement (beats/min)	
		Pre-anesthesia	Anesthesia
26	100	183.60 ± 26.73 ^{bA}	80.61 ± 6.13 ^{bB}
30	75	204.80 ± 19.79 ^{aA}	95.74 ± 8.72 ^{aB}

Values expressed in mean ± SD. Different lowercase letters in the same column indicate a significant difference ($P < 0.05$). Different capital letters in the same row indicate a significant difference ($P < 0.05$).

ตามปกติปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ปลาจึงต้องเพิ่มอัตราการหายใจมากขึ้น และเนื่องจากเหงือกมีบทบาทในการดูดซึ่มและการขับถ่ายยาระดับความรู้สึก ดังนั้นการเพิ่มอัตราการหายใจจึงส่งผลให้มีการดูดซึ่มน้ำมันกานพลูมากขึ้น ปลาจึงเข้าสู่ระยะ deep anesthesia ได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในปลา silver perch และ rainbow trout (Kildea et al., 2004; Meinertz et al., 2006) ที่พบว่า ความเข้มข้นของยาระดับความรู้สึกในเนื้อเยื่อของปลาจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น นอกจากนี้การที่ปลานิลสามารถฟื้นตัวได้เร็วขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ อาจเนื่องมาจากปลามีอัตรากำจัดน้ำมันกานพลูออกจากร่างกายเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kildea et al. (2004) ที่รายงานว่า ปลา silver perch สามารถกำจัดยาระดับความรู้สึกออกจากเนื้อเยื่อได้อย่างรวดเร็วเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ หลังการทดลอง 1 สัปดาห์ พบว่า ปลานิลจากทุกกลุ่มการทดลองสามารถฟื้นตัวได้ดีและไม่พบการตายเกิดขึ้น

สรุป

อุณหภูมิส่งผลต่อประสิทธิภาพของน้ำมันกานพลูในการระงับความรู้สึกปลานิล ความเข้มข้นต่ำสุดให้ผลเพื่อระงับความรู้สึกปลานิลน้ำหนัก 10.51 ± 3.38 ก. ยาว 8.56 ± 1.13 ซม. ที่อุณหภูมิ 26 และ 30 °C มีค่าเท่ากับ 100 และ 75 มก./ล. ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

- พินิตตา สัธนะกุล และวัชรวิ คุณกิตติ. 2011. ศักยภาพของน้ำมันกานพลูในการต้านออกซิเดชันในหลอดทดลองและปัจจัยที่มีผลต่อการเก็บกักน้ำมันกานพลูในอนุภาคไขมันแข็ง. *KKU Res J.* 16(5): 504-516.
- Azaza, M.S., M.N. Dhraïef, and M.M. Kraïem. 2008. Effects of water temperature on growth and sex ratio of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) reared in geothermal waters in southern Tunisia. *Journal of Thermal Biology* 33(2): 98-105.
- Barreto, R.E., and G.L. Volpato. 2004. Caution for using ventilatory frequency as an indicator of stress in fish. *Behav. Process.* 66: 43-51.
- Barreto, R.E., and G.L. Volpato. 2006. Ventilatory frequency of Nile tilapia subjected to different stressors. *J. Exp. Anim. Sci.* 43: 189-196.
- Bhujel, R.C. 2013. On-farm feed management practices for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Thailand. P. 159-189. In: Hasan, M.R., and M.B. New. *On-farm Feeding and Feed Management in Aquaculture*. FAO, Rome.

- Boyd, C.E., and C.S. Tucker. 1998. Pond Aquaculture Water Quality Management. Kluwer Academic Publishers, Massachusetts.
- El-Sayed, A.F.M. 2006. Tilapia Culture. CABI Publishers, Wallingford.
- El-Sherif, M.S., and A.M.I. El-Feky. 2009. Performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. I. Effect of pH. Int. J. Agric. Biol. 11: 297-300.
- FAO. 2014. The State of World Fisheries and Aquaculture. FAO, Rome.
- FDA. 2006. Database of approved animal drug products. <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/AnimalDrugs/AtFDA/>. Accessed 22 August 2016.
- FDA. 2007. Guidance for industry: Concerns related to the use of clove oil as an anesthetic for fish. <http://www.fws.gov/fisheries/aadap/PDF/GFI-150-Clove-Oil-2.pdf>. Accessed 22 August 2016.
- Frisk, M., P.V. Skov, and J.F. Steffensen. 2012. Thermal optimum for pikeperch (*Sander lucioperca*) and the use of ventilation frequency as a predictor of metabolic rate. Aquaculture 324-325: 151-157.
- Gil, H.W., M.G. Ko, T.H. Lee, I. Park, and D.S. Kim. 2016. Anesthetic effect and physiological response in olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) to clove oil in a simulated transport experiment. Dev. Reprod. 20(3): 255-266.
- Gomes, D.P., B.W. Chaves, A.G. Becker, and B. Baldisserotto. 2011. Water parameters affect anesthesia induced by eugenol in silver catfish, *Rhamdia quelen*. Aquac. Res. 42: 878-886.
- Javahery, S., H. Nekoubin, and A.H. Moradlu. 2012. Effect of anesthesia with clove oil in fish (review). Fish Physiol. Biochem. 38: 1545-1552.
- Kildea, M.A., G.L. Allan., and R.E. Kearney. 2004. Accumulation and clearance of the anaesthetics clove oil and AQUI-S™ from the edible tissue of silver perch (*Bidyanus bidyanus*). Aquaculture 232: 265-277.
- Marking, L.L., and F.P. Meyer. 1985. A better fish anaesthetics needed in fisheries. Fisheries 10(6): 2-5.
- Meinertz, J.R., S.L. Greseth, T.M. Schreier, J. Bernardy, and W.H. Gingerich. 2006. Isoeugenol concentrations in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) skin-on fillet tissue after exposure to AQUI-S™ at different temperatures, durations, and concentrations. Aquaculture 254: 347-354.
- Mitjana, O., C. Bonastre., D. Insua, M.V. Falceto, J. Esteban, A. Josa, and E. Espinosa. 2014. The efficacy and effect of repeated exposure to 2-phenoxyethanol, clove oil and tricaine methanesulphonate as anesthetic agents on juvenile angelfish (*Pterophyllum scalare*). Aquaculture 433: 491-495.
- Mohammadi, M., and H. Khara. 2015. Effect of different anesthetic agents (clove oil, tricaine methane sulfonate, ketamine, tobacco) on hematological parameters and stress indicators of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792. Comp. Clin. Pathol. 24: 1039-1044.
- Mylonas, C.C., G. Cardinaletti, I. Sigelaki, and A. Polzonetti-Magni. 2005. Comparative efficacy of clove oil and 2-phenoxyethanol as anesthetics in the aquaculture of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and gilthead sea bream (*Sparus aurata*) at different temperatures. Aquaculture 246: 467-481.

- Ogretmen, F., S. Golbasi, and F. Kutluyer. 2016. Efficacy of clove oil, benzocaine, eugenol, 2-phenoxyethanol as anaesthetics on shabbout fish (*Barbus grypus* Heckel, 1843). Iran. J. Fish. Sci. 15(1): 470-478.
- Park, I.S., H.W. Gil, T.H. Lee, Y.K. Nam, S.G. Lim, and D.S. Kim. 2017. Effects of clove oil and lidocaine-HCl anesthesia on water parameter during simulated transportation in the marine medaka, *Oryzias dancena*. Dev. Reprod. 21(1): 19-33.
- Park, M.O., S.Y. Im, D.W. Seol, and I.S. Park. 2009. Efficacy and physiological responses of rock bream, *Oplegnathus fasciatus* to anesthetization with clove oil. Aquaculture 287: 427-430.
- Ribeiro, P.A.P., K.C. Miranda-Filho, D.C. De-Melo, and R.K. Luz. 2015. Efficiency of eugenol as anesthetic for the early life stages of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) An. Acad. Bras. Cienc. 87(1): 529-535.