

พิษเฉียบพลันของสารสกัดหยาบหางไหลขาวต่อสัตว์น้ำบางชนิด

Acute toxicity of crude extract of *Derris malaccensis* prain to some aquatic animals

นัฐพร ปลั่งกลาง¹ และ สุจีภรณ์ อธิบาย^{1*}

Nattaporn Plangklang¹ and Sujeephon Athibai^{1*}

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพิษเฉียบพลันของสารสกัดหยาบจากรากหางไหลขาวต่อสัตว์น้ำ 4 ชนิด คือ ลูกปลานิล ไร่นางฟ้าสีรินทร์ ไรแดง และไรติเฟอร์ใช้สารละลายสารสกัดหยาบ 8 ความเข้มข้น คือ 0.039, 0.078, 0.156, 0.312, 0.625, 1.25, 2.5 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร คำนวณหาค่าความเข้มข้นที่ทำให้สัตว์ทดลองตายร้อยละ 50 (LC₅₀) ด้วยการใช้วิธีวิเคราะห์โพรบิต (Probit analysis) พบว่า ค่า LC₅₀ ที่เวลา 48 ชั่วโมง ของลูกปลานิล ไร่นางฟ้าสีรินทร์ ไรแดง และไรติเฟอร์มีค่าเท่ากับ 1.271, 0.031, 0.084 และ 2.739 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และค่า LC₅₀ ที่เวลา 96 ชั่วโมงของลูกปลานิลคือ 0.685 มิลลิกรัมต่อลิตร ไร่นางฟ้าสีรินทร์มีความไวต่อสารสกัดมากที่สุด และไรติเฟอร์มีความไวต่อสารสกัดน้อยที่สุด ปัจจัยทางกายภาพและเคมีของสารละลายสารสกัดอยู่ในระดับปกติของมาตรฐานคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

คำสำคัญ: พิษเฉียบพลัน หางไหลขาว ไร่นางฟ้าสีรินทร์

ABSTRACT: The aim of this study was to investigate acute toxicity of crude extract of *Derris malaccensis* on Nile Tilapia fingerling (*Oreochromis niloticus* L.), fairy shrimp (*Streptocephalus sirindhornae* Sanoamuang, Murugan, Weekers and Dumont), cladocera (*Moina micrura* Kurz) and rotifer (*Brachionus rubens* (Ehrenberg)). Test animals were exposed to the crude extract concentrations of 0.039, 0.078, 0.156, 0.312, 0.625, 1.25, 2.5 and 5.0 mg/L. Probit analysis was performed for evaluating the median lethal concentration (LC₅₀). The 48-h LC₅₀s were found to be 1.271, 0.031, 0.084 and 2.739 mg/L for *O. niloticus*, *S. sirindhornae*, *M. micrura* and *B. rubens*, respectively. In addition, the 96-h LC₅₀ of crude extract to *O. niloticus* fingerling was 0.685 mg/L. *S. sirindhornae* was the highest sensitive organism on the extract of *D. malaccensis*. In contrast, *B. rubens* was the most tolerant organism. The physico-chemical parameters of the bioassay media water were fit to the standard level of the water quality used for aquaculture activity.

Keywords: acute toxicity, *Derris malaccensis*, rotenone, aquatic animal

บทนำ

หางไหลขาว (*Derris malaccensis* Benth) เป็นพืชไม้เลื้อยเนื้อแข็งในวงศ์ถั่ว (family Leguminosae) พบแพร่กระจายกว้างขวางในเอเชียตะวันออกเฉียง

ใต้ (Sae-Yun, 2006) ในรากของหางไหลขาวมีสาร isoflavonoids เช่น rotenone, deguelin, typhrosin, toxicarol, leptone, sumatrol และ malaccol (Takashima et al., 2002) สารออกฤทธิ์ที่สำคัญ คือ ไรติน ซึ่งมียูประมาณ 3 – 10 % (Dewick, 2002; Sot-

¹ ภาควิชาชีววิทยา และศูนย์วิจัยอนุกรมวิธานประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002
Department of Biology and Applied Taxonomic Research Center, Faculty of Science, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

* Corresponding author: sujiat@kku.ac.th

tikul and Sruamsiri, 2010) โรทีโนนจะออกฤทธิ์คล้ายกับสารปราบศัตรูพืชในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมต โดยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส (acetylcholinesterase) ทำให้เกิดการสะสมของโคลีน และกรดอะซิติค (Heonget al., 2011) ส่งผลให้เกิดอาการกระวนกระวาย กล้ามเนื้อกระตุก เลียสมดุของร่างกาย และตายในที่สุด (Sandahl et al., 2005) นอกจากนี้สารโรทีโนนยังรบกวนการสร้าง ATP ในขั้นตอนการขนส่งอิเล็กตรอนในไมโทคอนเดรีย โดยปิดกั้นการขนส่งอิเล็กตรอนที่ complex I กับ ubiquinone ในระหว่างปฏิกิริยาการเติมหมู่ฟอสเฟต (oxidative phosphorylation) และชะลอการทำงานของ NADH dehydrogenase อีกด้วย (Sherer et al., 2003; Watabe and Nakaki, 2008) จึงมีการประยุกต์ใช้ทางไหลเพื่อฆ่าแมลงศัตรูพืช เช่น หนอนผีเสื้อตัวงเต่าทองเปลี้ยจักจั่นไรชาวพริกเป็นต้น (มนตรีกัลยา, 2551) และมีการนำรากหางไหลมาใช้ในการเปื้อปลา (Sae-Yun, 2006) สัตว์น้ำชนิดอื่นย่อมได้รับผลกระทบจากสารพิษในหางไหลชาวถึงแม้ว่าสารโรทีโนนสลายตัวค่อนข้างเร็วเมื่อได้รับแสงแดดและที่อุณหภูมิสูง มีครึ่งชีวิตเพียง 1-3 วันและไม่สะสมในน้ำได้ดิน (Extoxnet, 1999) แต่สารโรทีโนนคงสภาพได้เป็นเวลานานในน้ำจืด (Dawson, et al, 1991) เมื่อมีการปนเปื้อนสารโรทีโนนในแหล่งน้ำย่อมส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำ (Ling, 2003) จึงสนใจศึกษาผลกระทบของสารสกัดหยาบของหางไหลชาวต่อปลานิล ไร่นางฟ้า ไรแดง และไรต์เฟอร์ซึ่งมีความสัมพันธ์ในห่วงโซ่อาหารของแหล่งน้ำตามธรรมชาติ นอกจากนี้สัตว์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นสัตว์ที่นิยมใช้ทดลองทางด้านพิษวิทยา

วิธีการศึกษา

การเตรียมสารสกัดหยาบจากรากหางไหลชาว

การเตรียมสารสกัดหยาบจากรากหางไหลชาว (*D. malaccensis*) ด้วยวิธีแช่เย็บ (maceration) ใช้ตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ เฮกเซน (n-hexane) เอทิลอะซิเตต (ethyl acetate) และเมทานอล (methanol) มีวิธีการ

ดังนี้ แต่ละตัวทำละลายใช้รากหางไหลแห้งที่บั่นละเอียดหนัก 34.49 กรัม แช่ในตัวทำละลายปริมาตร 200 มิลลิลิตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยแต่ละตัวทำละลายทำการสกัด 3 ครั้ง จากนั้นกรองสารสกัดด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 4 แล้วนำสารละลายที่กรองได้มาระเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน (rotary vacuumevaporator) ได้สารสกัดหยาบมีลักษณะที่เหนียวข้นเก็บรักษาสารสกัดหยาบที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

การเตรียมสัตว์ทดลอง

ลูกปลานิล (*Oreochromis niloticus* L.)

ลูกปลานิลอายุ 90 วัน มีความยาวลำตัวเฉลี่ย 6.03 ± 0.27 เซนติเมตร น้ำหนักตัวเฉลี่ย 3.53 ± 0.39 กรัม ได้รับจากศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดจังหวัดขอนแก่น นำมาเลี้ยงในตู้กระจกที่บรรจุน้ำประปาที่ปราศจากคลอรีนเพื่อให้ลูกปลานิลปรับตัวกับสภาพแวดล้อมในห้องปฏิบัติการโดยให้อากาศตลอดเวลาเป็นเวลา 1 สัปดาห์ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปเป็นอาหารทุกวัน และงดให้อาหารก่อนเริ่มการทดลอง 24 ชั่วโมง

ไร่นางฟ้าสิรินธร (*Streptocephalus sirindhornae* Sanoamuang, Murugan, Weekers and Dumont)

ไร่นางฟ้าสิรินธรที่ใช้ในการทดลองมีความยาวลำตัวมาตรฐานเฉลี่ย 1.05 ± 0.13 เซนติเมตร และมีความยาวลำตัวทั้งหมดเฉลี่ย 1.22 ± 0.16 เซนติเมตร วิธีการเพาะเลี้ยงไร่นางฟ้ามีดังนี้ นำไข่ไร่นางฟ้าสิรินธรจากศูนย์วิจัยอนุกรมวิธานประยุกต์มาพักในแก้วพลาสติกบรรจุน้ำกลั่นปริมาตร 750 มิลลิลิตร จากนั้นย้ายตัวอ่อนมาเลี้ยงในภาชนะพลาสติกสีดำที่มีน้ำปริมาตร 2 ลิตร ความหนาแน่น 10 ตัวต่อลิตร อนุบาลตัวอ่อนจนเป็นตัวเต็มวัย ใช้เวลาประมาณ 1 เดือนให้สาหร่ายคลอเรลลาความหนาแน่น 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตรเพื่อเป็นอาหารวันละ 2 ครั้ง และเปลี่ยนถ่ายน้ำปริมาตร 20% ทุกวัน

ไรแดง (*Moina micrura* Kurz)

ไรแดงที่ใช้ในการทดลองได้จากบ่อบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยขอนแก่น เก็บตัวอย่างไรแดงโดยใช้ถุงลากแพลงก์ตอน(plankton net)ขนาดตาข่าย 60 ไมโครเมตรจากนั้นทำการคัดแยกแม่พันธุ์ไรแดงที่สมบูรณ์นำแม่พันธุ์มาเลี้ยงในภาชนะพลาสติกที่มีน้ำกลั่นปริมาตร 30 มิลลิลิตร ให้สาหร่ายคลอเรลลาความหนาแน่น 1×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตรเป็นอาหารวันละ 1 ครั้ง เลี้ยงไรแดงเป็นเวลา 10 วัน

ไรติเฟอร์ (*Brachionus rubens* Ehrenberg)

การเก็บตัวอย่างไรติเฟอร์จากบ่อบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยขอนแก่นโดยใช้ถุงลากแพลงก์ตอนขนาดตาข่าย 60 ไมโครเมตร คัดแยกแม่พันธุ์ไรติเฟอร์มาเลี้ยงในภาชนะพลาสติกที่มีน้ำกลั่นปริมาตร 30 มิลลิลิตร และให้สาหร่ายคลอเรลลาความหนาแน่น 1×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร วันละ 1 ครั้ง เลี้ยงไรติเฟอร์เป็นเวลา 10 วัน

การเตรียมสารละลายสารสกัดหยาบ

การเตรียมสารละลายสารสกัดหยาบโดยเตรียมสารละลายมาตรฐานเข้มข้น (stock solution) 100 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยชั่งสารสกัดหยาบจากรากหางไหลขาวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล 100 มิลลิกรัมเจือจางด้วยน้ำกลั่น 1 ลิตร จากนั้นเจือจางสารสกัดมาตรฐานให้มีความเข้มข้น 8 ระดับ คือ 0.039, 0.078, 0.156, 0.312, 0.625, 1.25, 2.5 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (Agbon et al., 2004)

การทดสอบพิษเฉียบพลันของสารสกัดหยาบจากรากหางไหลขาว

การทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลันของสารสกัดหยาบจากรากหางไหลขาว ใช้วิธีวิเคราะห์แบบน้ำนิ่ง (static bioassay) แบ่งกลุ่มการทดลองเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม (control) ใช้น้ำกลั่น และกลุ่มทดลองใช้สารละลายสารสกัดหยาบทั้ง 8 ความเข้มข้น ในแต่ละความเข้มข้นใช้ลูกปลานิล และไร่น้ำนางฟ้าจำนวน 10

ตัว ส่วนไรแดงและไรติเฟอร์ใช้ 20 ตัว โดยทำการทดลองความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ ระหว่างการทดลองให้อาหารและอากาศบันทึกจำนวนของสัตว์ทดลองที่ตายทุก 24 ชั่วโมง สำหรับปลานิลทดลองเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง แต่ไร่น้ำนางฟ้า ไรแดง และไรติเฟอร์ ทดลองเพียง 48 ชั่วโมงระยะเวลาที่ใช้ทดสอบพิษของหางไหลขาวต่อปลานิลแตกต่างจากสัตว์ชนิดอื่น เนื่องจากปลานิลเป็นสัตว์มีกระดูกสันหลัง จึงอดอาหารได้นานกว่าสัตว์ทดลองชนิดอื่นที่เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง หากใช้ระยะเวลาที่ทดสอบพิษเฉียบพลันไม่เหมาะสมกับสัตว์ทดลอง อาจทำให้เกิดความผิดพลาด เพราะการตายของสัตว์ทดลองอาจเกิดจากการขาดอาหารมากกว่าตายเพราะได้รับสารพิษเมื่อสัตว์ทดลองตายย้ายออกจากภาชนะทันที การตายของสัตว์ทดลองสังเกตจากการหยุดเคลื่อนไหว

การตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี

การตรวจวัดค่าคุณภาพบางประการของน้ำ โดยวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าของแข็งละลายน้ำ (Total dissolved solid; TDS) ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity; EC) และอุณหภูมิของสารละลายสารสกัดหยาบหางไหลขาวที่ใช้ทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลันต่อลูกปลานิล ด้วยเครื่องวัด Multi-Parameter ยี่ห้อ Hanna รุ่น HI 98129 ที่ช่วงเวลา 0, 24, 48, 72, 96 และ 120 ชั่วโมง

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์หาระดับความเข้มข้นที่ทำให้สัตว์ทดลองตายร้อยละ 50 ของจำนวนสัตว์ทดลอง (LC_{50}) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ด้วยการวิเคราะห์แบบโพรบิท (probit analysis) และเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสารละลายสารสกัด ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (two-way ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละกลุ่มด้วย Duncan Multiple range test และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยทางกายภาพและเคมีของสารสกัดกับความเข้มข้นของสารสกัดและระยะเวลาที่ใช้

ทดสอบ ด้วยการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation) การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรมวิเคราะห์สถิติสำเร็จรูป SPSSv.17

ผลการศึกษา

สารสกัดหยาบจากเหง้าโหลขาว

จากการสกัดสารสำคัญในรากเหง้าโหลขาวแห้งน้ำหนัก 34.49 กรัม ด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ เฮกเซน เอทิลอะซิเตต และเมทานอล พบว่าตัวทำละลายเอทิลอะซิเตตสามารถสกัดสารในรากเหง้าโหลได้มากที่สุด (4.24 กรัม) รองลงมาคือ เมทานอล (3.06 กรัม) และ เฮกเซน (1.11 กรัม) ตามลำดับ

ความเป็นพิษเฉียบพลันของสารสกัดหยาบจากรากเหง้าโหลขาว

จากการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของสารสกัดที่ได้จากตัวทำละลายเมทานอล เพราะสารสกัด

หยาบละลายน้ำได้ดีกว่าตัวทำละลายชนิดอื่นจากการนับจำนวนสัตว์ทดลองที่ตายที่เวลา 24 ชั่วโมง หลังการทดลอง พบว่าจำนวนสัตว์ทดลองที่ตายจะเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของสารละลายสารสกัดหยาบเพิ่มขึ้นในทุกช่วงเวลาการศึกษา ลูกปลานิลทุกตัวไม่ตายที่ความเข้มข้น 0.039 – 0.156 มิลลิกรัม และมีจำนวนตัวที่ตายคิดเป็น 80% และ 100% ที่ความเข้มข้น 2.5 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนโร่น้ำนางฟ้าสีรินทร์มีการตาย 100% ที่ความเข้มข้น 2.5 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวนไรแดงตาย 5% ที่ความเข้มข้น 0.039 และตาย 100% ที่ความเข้มข้น 1.25 – 5 มิลลิกรัมต่อลิตร และไรติเฟอร์ไม่ตายที่ความเข้มข้น 0.039 – 0.625 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ตายทั้งหมดที่ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร (Figure 1) สัตว์ทดลองมีความไวต่อสารสกัดไม่เท่ากัน โร่น้ำนางฟ้าสีรินทร์มีความไวต่อสารสกัดมากที่สุด รองลงมาคือ ไรแดง ปลานิล และไรติเฟอร์ ตามลำดับ

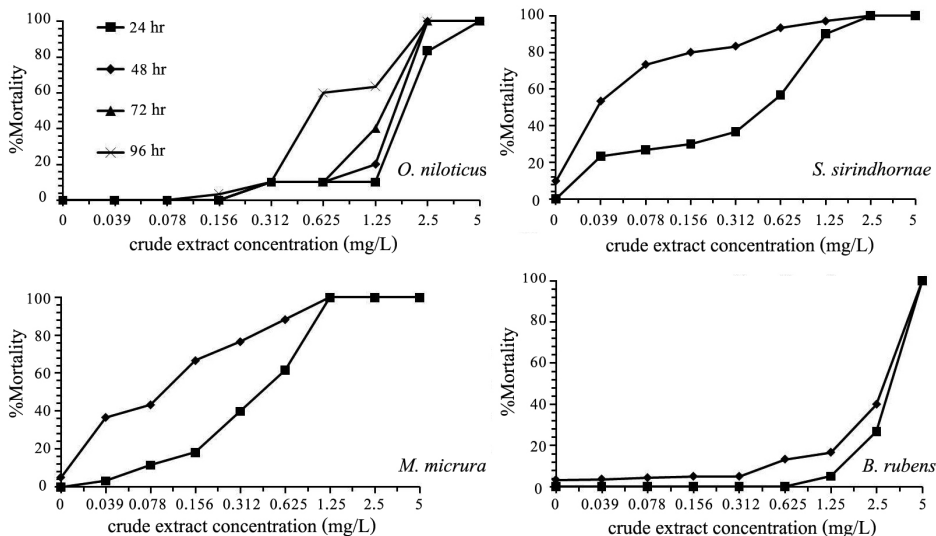


Figure 1 Percentage of mortality of test animals performed to each exposure times and values of crude methanol extract of *D. malaccensis* root

จากการนำค่าจำนวนสัตว์ทดลองที่ตายในแต่ละความเข้มข้นที่เวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมงมาคำนวณเพื่อหาค่า LC_{50} ของสัตว์ทดลองทุกชนิดด้วยการวิเคราะห์โพรบิต พบว่าค่า LC_{50} ที่เวลา 48 ชั่วโมงของไรติเฟอร์ มีค่า LC_{50} สูงที่สุด คือ 2.739 มิลลิกรัมต่อลิตร

รองลงมาคือ ค่า LC_{50} ของลูกปลานิล (1.271 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไรแดง (0.084 มิลลิกรัมต่อลิตร) และไรน้ำนางฟ้าสิรินธร มีค่า LC_{50} ต่ำที่สุด (0.031 มิลลิกรัมต่อลิตร) (Table 1)

Table 1 LC_{50} values of crude methanolextract of *D. malaccensis* root on animals testing

Animals testing	LC_{50} value (mg/L)				range of LC_{50} value (mg/L)
	24 hrs	48 hrs	72 hrs	96 hrs	
<i>O. niloticus</i>	1.545	1.271	1.119	0.685	0.477-0.985 (96 hrs)
<i>S. sirindhornae</i>	0.261	0.031	-	-	0.020-0.044 (48 hrs)
<i>M. micrura</i>	0.334	0.084	-	-	0.058-0.0113 (48 hrs)
<i>B. rubens</i>	2.972	2.739	-	-	2.310-3.307 (48 hrs)

คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของสารละลายสารสกัดหยาบ

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางพบว่าความเป็นกรด-ด่างของแข็งละลายน้ำการนำไฟฟ้าและอุณหภูมิของสารละลายสารสกัดหยาบที่ช่วงเวลาที่ต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่พารามิเตอร์ดังกล่าวที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มีค่าไม่ต่างกันเมื่อเวลาผ่านไปค่าของแข็งที่ละลายน้ำ การนำไฟฟ้า และความเป็นกรด-ด่างเพิ่มสูงขึ้น ส่วนอุณหภูมิของน้ำขึ้นกับอุณหภูมิอากาศซึ่งระหว่างทำการทดลองมีอุณหภูมิระหว่าง 20-23 องศาเซลเซียสค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของทั้ง 4 ปัจจัย (Table 2)

ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์พบว่าปัจจัยทางกายภาพและเคมีของสารละลายสารสกัดทั้ง 4 ปัจจัยไม่มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้น ($p > 0.05$) แต่มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับระยะเวลาที่ระดับความเชื่อมั่น 99% โดยมีความสัมพันธ์ในระดับสูงกับค่าของแข็งละลายน้ำ และการนำไฟฟ้า ทั้ง 2 ปัจจัย มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.91 ส่วนความเป็นกรด-ด่าง มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาในระดับปานกลาง ($r = 0.63$) และอุณหภูมิของสารละลายกับระยะเวลามีความสัมพันธ์กันน้อย ($r = 0.39$)

Table 2 Mean (SD) of physical and chemical parameters of bioassay media for *O. niloticus*

Physical-chemical parameters	Mean (SD)					
	0 hr	24 hrs	48 hrs	72 hrs	96 hrs	120 hrs
pH	6.75 ^b (0.15)	6.73 ^b (0.10)	6.52 ^a (0.08)	6.76 ^b (0.11)	6.87 ^c (0.15)	7.35 ^d (0.10)
TDS (mg/L)	88.56 ^a (3.76)	99.78 ^b (3.23)	110.00 ^c (4.40)	118.56 ^d (6.78)	125.22 ^e (8.43)	130.22 ^f (9.34)
Conductivity (μ S/cm)	178.22 ^a (5.21)	200.44 ^b (6.78)	220.78 ^c (8.74)	237.52 ^d (12.24)	253.44 ^e (16.56)	260.78 ^f (18.51)
Water temperature ($^{\circ}$ C)	19.20 ^a (0.41)	21.11 ^b (0.46)	23.20 ^d (0.40)	22.99 ^d (0.38)	21.79 ^c (0.38)	21.09 ^b (0.46)

Note: Means in the same row with similar letters are not significantly different at $P > 0.05$

สรุปและวิจารณ์

การใช้เอทิลอะซิเตตเป็นตัวทำละลายเพื่อสกัดสารสำคัญในรากหางไหลขาวให้ผลดีกว่าการใช้เมทานอลและเฮกเซน เอทิลอะซิเตตสกัดสารสำคัญในรากหางไหลขาวได้มากกว่าเฮกเซนถึง 4 เท่า เพราะในรากหางไหลขาวมีสารกลุ่ม isoflavonoids ละลายได้ดีในตัวทำละลายที่มีขั้วปานกลาง (Andersen and Markham, 2006) เอทิลอะซิเตตเป็นตัวทำละลายที่มีขั้วปานกลาง จึงสกัดสารสำคัญในรากหางไหลขาวได้ดีกว่าเมทานอล และเฮกเซน ซึ่งเป็นตัวทำละลายที่มีขั้วสูง และไม่มีขั้ว ตามลำดับ

ค่า LC_{50} ของสารสกัดหยาบหางไหลขาวต่อลูกปลานิลที่เวลา 96 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.685 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสูงกว่าค่าดังกล่าวที่อุดมลักษณ์ อุนจิตต์วรธนะและคณะ (2546) ได้ทำการศึกษาไว้ในรากหางไหลแดง (*Derris elliptica* Benth.) โดยมีค่าเพียง 0.008 มิลลิกรัมต่อลิตร สารสกัดหยาบของหางไหลทั้ง 2 ชนิด สกัดด้วยตัวทำละลายแอลกอฮอล์เหมือนกัน และลูกปลานิลมีขนาดตัวใกล้เคียงกัน จึงสามารถกล่าวได้ว่าหางไหลแดงมีพิษร้ายแรงกว่าหางไหลขาว นอกจากนี้หางไหลขาวยังมีพิษต่อลูกปลานิลน้อยกว่าพืชชนิดอื่นที่สร้างสารโรทีโนน เช่น สารสกัดจากใบของต้น *Tephrosia vogelii* Hook ด้วยน้ำ มีค่า LC_{50} เท่ากับ 0.24 มิลลิกรัมต่อลิตร (Agbon et al., 2004)

โรตีนานางฟ้าสีรินธรมีความไวต่อสารสกัดมากกว่าสัตว์ทดลองชนิดอื่นโดยค่า LC_{50} ที่เวลา 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.261 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับพิษของสารสกัดจากแคฝรั่ง (*Gliricidia sepium* (Jacq.)) ต่อตัวอ่อนโรตีนานางฟ้าชนิด *Thamnocephalus platyurus* พบว่ามีค่า 0.492 มิลลิกรัมต่อลิตร (Mayorga et al., 2010) อาจเนื่องจากพืชทั้ง 2 ชนิด สร้างสารพิษได้แตกต่างกัน แคฝรั่งผลิตสารกลุ่ม medicarpin แต่หางไหลขาวสร้างสาร rotenone และใช้โรตีนานางระยะการเจริญที่แตกต่างกัน ในสภาพแวดล้อมเดียวกันตัว

อ่อนโรตีนานางฟ้ามีอัตราการรอดชีวิตได้มากกว่าตัวเต็มวัย (Anderson and Hsu, 1990)

เมื่อศึกษาพิษเฉียบพลันของสารสกัดหยาบจากรากหางไหลขาวต่อไรแดงพบค่า LC_{50} ที่เวลา 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.334 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Gupta et al. (2008) ที่พบว่าสารฆ่าแมลง dichlorvos มีพิษร้ายแรงมากกว่าสารสกัดหยาบจากรากหางไหล 2 เท่า ($LC_{50} = 0.168$ มิลลิกรัมต่อลิตร) ซึ่งมีค่าแตกต่างกับการทำวิจัยในครั้งนี้ เนื่องจากสารที่ใช้เป็นสารคนละชนิด ความบริสุทธิ์ของสารแตกต่างกัน ถึงแม้ว่าจะเป็นสารฆ่าแมลงในกลุ่มเดียวกัน

หางไหลขาวมีความเป็นพิษต่อไรดิฟอเรียใกล้เคียงกับพืช *T. vogelii* ซึ่งค่า LC_{50} ที่เวลา 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 2.89 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่า LC_{50} ของไรดิฟอเรีย (2.74 มิลลิกรัมต่อลิตร) ในการทำวิจัยครั้งนี้ ถึงแม้ว่าพืชที่นำมาศึกษาและวิธีการสกัดแตกต่างกัน แต่มีรายงานว่า พืชในสกุล *Derris* และสกุล *Tephrosia* มีสารโรทีโนน

ความเป็นกรด-ด่างของแข็งที่ละลายในน้ำ การนำไฟฟ้า และอุณหภูมิของน้ำมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นความสัมพันธ์เชิงบวก ความเป็นกรด-ด่าง 6.5-8.3 อุณหภูมิ 22-32 องศาเซลเซียส ค่าการนำไฟฟ้าไม่เกิน 1,500 ไมโครซีเมนตต่อเซนติเมตร อยู่ในระดับปกติของมาตรฐานน้ำที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด (กรมควบคุมมลพิษ, 2537)

คำขอบคุณ

การศึกษานี้ได้รับทุนอุดหนุนโครงการวิจัยประเภทอุดหนุนทั่วไปประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอขอบคุณ ดร.พิทักษ์นา สมใจ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และสารเคมี และศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด จังหวัดขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์ปลานิล

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. 2537. มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน. http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water05.html. ค้นเมื่อ 24 ตุลาคม 2554.
- มนตรี กล้าขาย. 2551. การผลิตพืชปลอดภัย: หางไหลพืชทดแทนสารเคมี. สำนักส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 กรมส่งเสริมการเกษตร, ระยอง.
- อุดมลักษณ์ อุณจิตต์วรณะ, สมนึก ชรินทร์ และ อารมย์ แสงวนิชย์. 2546. พิษเฉียบพลันของสารสกัดโล่ติ่นและผลต่อเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในลูกปลานิล (*Tilapia nilotica* L.). ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41 (สาขาประมง). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 298-303.
- Agbon, A., C. Ofojekwu, and I. Ezenwaka. 2004. Acute toxicity of water extract of *Tephrosia vogelii* Hook to species relevant in aquaculture ponds: rotifers, Cyclops, mosquito larvae and fish. *Journal Apply Ichthyology* 20: 521-524.
- Anderson, G. and S. Hsu. 1990. Growth and maturation of a North American fairy shrimp, *Streptocephalus seali* (Crustacea; Anostraca): a laboratory study. *Freshwater Biology* 24: 429-442.
- Andersen, Ø.M. and K.R. Markham. 2006. Flavonoids: chemistry, biochemistry and applications. CRC Press, Florida.
- Dawson, V.K., W.H. Gingerich, R.A. Davis, and P.A. Giderhus. 1991. Rotenone persistence in freshwater ponds : Effects of temperature and sediment adsorption". *North American. Journal of Fisheries Management* 11(2): 226-231.
- Dewick, P.M. 2002. Medicinal natural products: a biosynthetic approach. 2nded. John Wiley & Sons Ltd, England.
- Extoxnet. 1996. Rotenone. The Extension Toxicology Network Pesticide Information Profile. <http://extoxnet.orst.edu/pips/rotenone.htm>. Accessed 20 Sep. 2012.
- Gupta, A.K., G.P. Verma, and K.L. Jain. 2008. Acute toxicity of organophosphate insecticide, dichlorvos in relation to selected water hardness for the freshwater zooplankters. *Journal of Environmental Biology* 29(6): 837-839.
- Heong, K.L., K.H. Tan, C.P.F. Garcia, L.T. Fabellar, and Z. Lu. 2011. Research methods in toxicology and insecticide resistance monitoring of rice planthoppers. International Rice Research Institute, Los Baños.
- Ling, N. 2003. Rotenone: a review of its toxicity and use for fisheries management. *Science for Conservation* 211, Wellington.
- Mayorga, P., R.K. Pérez, M. S. Cruz, and A. Cáceres. 2010. Comparison of bioassays using the anostracan crustaceans *Artemia salina* and *Thamnocephalus platyurus* for plant extract toxicity screening. *Brazilian Journal of Pharmacognosy* 20(6): 897-903.
- Sae-Yun A., C. Ovatlarnporn, A. Itharat and R. Wiwatanapatapee. 2006. Extraction of rotenone from *Derris elliptica* and *Derris malaccensis* by pressurized liquid extraction compared with maceration. *Journal of Chromatography A* 1125: 172-176.
- Sandahl J.F., D.H. Baldwin, J.J. Jenkins, and N.L. Scholz. 2005. Comparative thresholds for acetylcholinesterase inhibition and behavioral impairment in coho salmon exposed to chlorpyrifos. *Environmental Toxicology and Chemistry* 24(1): 136-145.
- Sherer, T.B., R. Betarbet, C.M. Testa, B.B. Seo, J.R. Richardson, J.H. Kim, G.W. Miller, T. Yagi, A. Matsuno-Yagi, and J.T. Greenamyre. 2003. Mechanism of toxicity in rotenone models of Parkinson's disease. *The Journal of Neuroscience* 23(34): 10756-10764.
- Sottikul, A. and P. Srumsiri. 2010. Yield and rotenone content in *Derris* root as affected by plant age and growing conditions. *Journal of Agriculture* 26(2): 119-126.
- Takashima, J., N. Chiba, K. Yoneda, and A. Ohsaki. 2002. Derrisin, a new rotenoid from *Derris malaccensis* and anti-*Helicobacter pylori* activity of its related constituents. *Journal of Natural Products* 65: 611-613.
- Watabe, M. and T. Nakaki. 2008. Mitochondrial complex I inhibitor rotenone inhibits and redistributes vesicular monoamine transporter 2 via nitration in human dopaminergic SH-SY5Y cells. *Molecular Pharmacology* 74: 933-940.