



รายงานการวิจัย

การใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอบาร์โค้ดระบุชนิดปลาน้ำจืดในท้องถิ่น
ลุ่มน้ำโขง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

โกวิท น้อยโคตร

ทุนวิจัยมหาวิทยาลัยรามคำแหง
ปีงบประมาณ ๒๕๖๐



Research Report

Using DNA Barcodes to Identify Local Freshwater Fish Species of Mekong Basin, Northeastern Thailand.

Kowit Noikotr

**Ramkhamhaeng University Research Fund
Fiscal Year 2017**

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่องวิจัย การใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอบาร์โค้ดระบุชนิดปลาน้ำจืดในท้องถิ่นลุ่มน้ำโขง
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย
ชื่อผู้วิจัย โกวิท น้อยโคตร
ปีที่ทำการวิจัย 2560

การศึกษาเพื่อประเมินประสิทธิภาพของการใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอบาร์โค้ดในการระบุและตรวจสอบชนิดของปลาในท้องถิ่นลุ่มน้ำโขง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และสร้างเครื่องหมายดีเอ็นเอบาร์โค้ดสำหรับใช้ระบุชนิดของปลาน้ำจืดในประเทศไทยต่อไป โดยทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างปลาจากชาวประมงที่นำมาขายในตลาดต่างๆ ในพื้นที่จังหวัดนครพนม สกลนคร และมุกดาหาร ตัวอย่างที่ได้นำมาทำการระบุชนิดโดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาและสืบค้นจากชื่อท้องถิ่น แล้วนำตัวอย่างไปสกัดดีเอ็นเอและสร้างเครื่องหมายดีเอ็นเอบาร์โค้ดบริเวณจีน COI แล้วนำไปสืบค้นเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล GenBank และ BOLD System เพื่อระบุชนิดด้วยดีเอ็นเอ และนำมาประเมินประสิทธิภาพเปรียบเทียบกับการใช้สัณฐานวิทยา

จากการสำรวจและเก็บตัวอย่างปลาในลุ่มแม่น้ำโขงเขตจังหวัดสกลนคร จังหวัดนครพนม และจังหวัดมุกดาหาร ได้ตัวอย่างปลาทั้งหมด 157 ตัวอย่าง สามารถสร้างเครื่องหมายดีเอ็นเอบาร์โค้ดเพื่อระบุชนิดได้ 149 ตัวอย่าง สามารถระบุชนิดด้วยวิธีทางสัณฐานวิทยาได้ 119 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 75.80 มี 56 ชนิด เมื่อใช้ดีเอ็นเอบาร์โค้ด สามารถระบุชนิดได้ 135 ตัวอย่าง จาก 157 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 85.99 มี 66 ชนิด และเมื่อรวมผลการระบุชนิดทั้งสองวิธีเข้าด้วยกันสามารถระบุชนิดได้ 141 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 89.81 มี 69 ชนิด ซึ่งเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ทั้งสองวิธีแยกกัน และได้นำเข้าข้อมูลที่ผ่านการตรวจสอบแล้วจำนวน 134 ชุดเข้าสู่ฐานข้อมูล GenBank ในจำนวนนี้มีข้อมูล 6 ชุด จาก 5 ชนิดที่เป็นข้อมูลใหม่ ยังไม่มีข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณจีน COI ของ 5 ชนิดนี้ในฐานข้อมูล GenBank มาก่อน

Abstract

Title Using DNA Barcodes to Identify Local Freshwater Fish Species of Mekong Basin, Northeastern Thailand.

To Identify Local Freshwater Fish Species of Mekong Basin, Northeastern Thailand, and evaluate performance of species identification using DNA barcode versus morphological characteristics, survey and collection on fish specimens from local fisherman and market in Nakhon Phanom, Sakon Nakhon and Mukdahan province, Northeastern Thailand was performed. 157 specimens were collected. 149 DNA barcode were performed. 119 specimens were identified to 56 species by morphological procedure, and 135 specimens were identified to 66 species by DNA barcode. Combination of morphological procedure and DNA barcode can identify up to 141 specimens and 66 species. Thus, performance of morphological procedure and DNA barcode combination was higher from 75.80% and 85.99% solely to 89.81%. 134 DNA barcode were submitted to GenBank database include 6 new barcodes for COI gene of 5 species.

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่อง การใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอบาร์โค้ดระบุชนิดปลาน้ำจืดในท้องถิ่นลุ่มน้ำโขง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยรามคำแหง ประเภทการวิจัยมหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ 2560 ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณมหาวิทยาลัยรามคำแหงที่จัดสรรทุนสนับสนุนการวิจัย และเล็งเห็นความสำคัญของการวิจัยในทุกด้าน

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ช่วยวิจัย นักศึกษาในห้องปฏิบัติการอนุกรมวิธานระดับโมเลกุล ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ที่ช่วยเหลือในการสำรวจ เก็บข้อมูล และทำปฏิบัติการในส่วนต่างๆ จนกระทั่งงานวิจัยสำเร็จลุล่วงลงได้

โกวิท น้อยโคตร

ผู้วิจัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. วัตถุประสงค์	3
3. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	4
3.1 ความหลากหลายของปลาน้ำจืดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภูมิภาคอื่นของประเทศไทย	4
3.2 เครื่องหมายดีเอ็นเอบาร์โค้ด	5
3.3 การใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอบาร์โค้ดในการระบุชนิดของปลา	6
4. วิธีดำเนินการวิจัย	8
5. ผลการวิจัย	10
5.1 การสำรวจและเก็บตัวอย่างปลา	10
5.2 การสกัดดีเอ็นเอปลาน้ำจืดลุ่มแม่น้ำโขง	10
5.3 การสร้างเครื่องหมายดีเอ็นเอบาร์โค้ด	11
5.4 การตรวจสอบและระบุชนิด	12
5.5 การเปรียบเทียบผลจากวิธีการระบุชนิด	12
5.6 การสร้างเครื่องหมายดีเอ็นเอบาร์โค้ด	39
6. สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย	40
7. เอกสารอ้างอิง	43

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 5.1 ค่าความแตกต่างของลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณจีน COI ของตัวอย่างหมายเลข FNP015 ปลานิลและปลานิลออกแดง ด้วยโปรแกรม MEGA เวอร์ชัน 7.0.26	13
ตาราง 5.2 ค่าความแตกต่างของลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณจีน COI ของตัวอย่างหมายเลข FNP047 ปลาแขยงใบข้าว <i>Mystus singaringan</i> และปลาแขยงขี้กล้วย <i>Mystus mysticetus</i> ด้วยโปรแกรม MEGA เวอร์ชัน 7.0.26	15
ตาราง 5.3 ค่าความแตกต่างของลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณจีน COI ของตัวอย่างหมายเลข FNP126 ปลาเผาะและปลาโมง ด้วยโปรแกรม MEGA เวอร์ชัน 7.0.26	17
ตาราง 5.4 รายการหมายเลขตัวอย่างที่สำรวจพบในกลุ่มแม่น้ำโขงเขตจังหวัดสกลนคร จังหวัดนครพนม จังหวัดมุกดาหาร และ Accession Number ของจีน COI	29
ตาราง 5.5 รายการชนิดปลาที่ยังไม่เคยมีลำดับนิวคลีโอไทด์ของบริเวณจีน COI ในฐานข้อมูล	39

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพ 5.1 ตัวอย่างการตรวจสอบคุณภาพและปริมาณดีเอ็นเอที่สกัดได้	11
ภาพ 5.2 ตัวอย่างการตรวจสอบคุณภาพและปริมาณดีเอ็นเอบริเวณ COI ที่ได้จากทำ PCR	11
ภาพ 5.3 เคนโตรแกรมแสดงความสัมพันธ์ที่สร้างจากความแตกต่างของ ลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณจีน COI ของตัวอย่างหมายเลข FNP015 ปลานิลและปลานิลลอกแดง ด้วยโปรแกรม MEGA 7.0.26	14
ภาพ 5.4 เคนโตรแกรมแสดงความสัมพันธ์ที่สร้างจากความแตกต่างของ ลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณจีน COI ของตัวอย่างหมายเลข FNP047 ปลาแขยงใบข้าวและปลาแขยงข้างลาย ด้วยโปรแกรม MEGA 7.0.26	16
ภาพ 5.5 ปลาชนิดต่าง ๆ ที่สำรวจพบในกลุ่มแม่น้ำโขง ตามรายการตัวอย่าง	19

บทที่ 1

บทนำ

การศึกษาเรื่องราวเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตไม่ว่าจะเป็นการศึกษาในด้านใด สิ่งสำคัญประการหนึ่งคือการระบุชนิดของสิ่งมีชีวิตที่กำลังศึกษาให้ถูกต้อง โดยทั่วไปการจำแนกหรือการระบุชนิดรวมทั้งการจัดหมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิตนั้นอาศัยลักษณะทางสัณฐานและกายวิภาคเป็นพื้นฐานโดยใช้การเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของลักษณะที่ชัดเจน และใช้ลักษณะที่จำเพาะในการระบุชนิดให้ถูกต้อง ดังนั้นการระบุชนิดด้วยการใช้ลักษณะทางสัณฐานจำเป็นต้องพิจารณาจากตัวอย่างที่มีลักษณะสำคัญครบถ้วนและชัดเจนให้มากที่สุดถึงจะมีความถูกต้องและแม่นยำ

การระบุชนิดของปลามีความสำคัญในการศึกษาหลากหลายแนวทาง อาทิ การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพ การกระจายพันธุ์ของชนิดหรือกลุ่มปลาทางอนุกรมวิธาน การใช้ประโยชน์ การคุกคามประชากรในธรรมชาติ การเพาะพันธุ์และการเพาะเลี้ยง และการพัฒนาสายพันธุ์ที่เหมาะสม เป็นต้น โดยที่การระบุชนิดของปลาโดยทั่วไปใช้ลักษณะสัณฐานภายนอกที่ชัดเจนเปรียบเทียบกับรูปวิธานหรือรูปภาพอ้างอิง รวมทั้งตรวจสอบกับข้อมูลการบรรยายลักษณะประจำของแต่ละชนิด เช่น รูปร่างของตัว รูปทรงของหาง ลักษณะและจำนวนเกล็ดในส่วนต่าง ๆ ของตัว จำนวนก้านครีบแข็ง ก้านครีบบอ่อน ลักษณะของปาก ฟัน หรือโครงสร้างพิเศษอื่นที่ปรากฏสำหรับปลาแต่ละชนิด การระบุชนิดจากลักษณะสัณฐานภายนอกอาจประสบปัญหาที่ทำให้ไม่สามารถระบุชนิดได้ หรือระบุชนิดได้ไม่ถูกต้อง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความผันแปรของลักษณะที่เกิดจากตัวอย่างปลาที่ได้มานั้นมีสภาพไม่สมบูรณ์ หรืออยู่ในระยะการเจริญ (วัยอ่อน) ซึ่งอาจมีลักษณะที่แตกต่างไปจากตัวเต็มวัย หรือตัวอย่างที่ได้มาอาจผ่านกระบวนการจัดการเพื่อการค้าหรือเตรียมเป็นอาหาร

ปัจจุบันได้นำเทคนิคทางอณูชีววิทยามาใช้ในการระบุชนิดของปลาโดยการใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอในบริเวณต่าง ๆ เช่น 12S, 16S, Cytochrome b, และ Cytochrome C oxidase I (COI) ซึ่งเป็นการใช้ข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์มาช่วยในการระบุชนิด (Herbert *et al.*, 2003) โดยมีหลักการว่าลำดับนิวคลีโอไทด์ของสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันมีความคล้ายคลึงกันมากกว่าสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกัน ในปี ค.ศ. 2003 มีการร่วมมือของหน่วยงานต่างๆ ทั่วโลกก่อตั้งองค์กรระหว่างประเทศชื่อ Consortium for the Barcode of Life (CBOL) ขึ้นมาเพื่อจัดทำมาตรฐานและคู่มือในการสร้างดีเอ็นเอบาร์โค้ดของสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ ทั่วโลก การศึกษาดีเอ็นเอบาร์โค้ดในสัตว์เริ่มจาก Herbert *et al.* (2003) ใช้ดีเอ็นเอบริเวณจีน Cytochrome C oxidase I (COI) ซึ่งประสบความสำเร็จในกลุ่มสัตว์มากกว่าบริเวณอื่น เนื่องจากมีข้อดีคือ มีขนาดสั้น

ประมาณ 650 คู่เบส สามารถเพิ่มปริมาณด้วยไพโรเมอไรมาตรฐานได้ง่ายและมีประสิทธิภาพ ให้ความแตกต่างในสัตว์ที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกันมากได้ (Folmer et al., 1994) การระบุชนิดด้วยดีเอ็นเอบาร์โค้ดโดยใช้จีน COI สามารถทำได้โดยนำลำดับนิวคลีโอไทด์ของจีน COI ที่ได้จากตัวอย่างที่ต้องการระบุชนิดมาเปรียบเทียบกับลำดับนิวคลีโอไทด์ของชนิดต่าง ๆ ที่ได้รวบรวมไว้ในฐานข้อมูล ซึ่งทำให้ทราบชนิดของตัวอย่างนั้นได้ อย่างไรก็ตามสิ่งที่สำคัญประการหนึ่งคือในฐานข้อมูลต้องมีข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ของดีเอ็นเอบาร์โค้ดของชนิดนั้นอยู่ก่อนแล้วถึงจะสามารถระบุชนิดนั้นออกมาได้

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ขนาดใหญ่ถึงหนึ่งในสามของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ ไทย มีแม่น้ำสำคัญหลายสายไหลผ่าน มีพื้นที่ลุ่มน้ำหลายแห่ง เช่นแม่น้ำโขง แม่น้ำชี แม่น้ำมูล และแม่น้ำที่เป็นสาขาของแม่น้ำหลักเหล่านี้ ส่งผลให้พื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ เป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของประชากรทั้งในพื้นที่และทั่วประเทศ ลุ่มน้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ) เป็นลุ่มน้ำที่มีอาณาเขตครอบคลุมพื้นที่ 8 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดอุดรธานี จังหวัดหนองคาย จังหวัดหนองบัวลำภู จังหวัดเลย จังหวัดสกลนคร จังหวัดนครพนม จังหวัดมุกดาหาร และจังหวัดอำนาจเจริญ มีพื้นที่รวมประมาณ 46,932 ตารางกิโลเมตร แบ่งออกเป็น 29 ลุ่มน้ำสาขา 5 กลุ่ม ลุ่มน้ำ และทุกลำน้ำในแต่ละลุ่มน้ำสาขาจะไหลลงสู่แม่น้ำโขง ดังนั้นลุ่มน้ำโขงจึงเป็นแหล่งความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ กลุ่มปลาที่พบแพร่กระจายในแม่น้ำโขงมีมากกว่า 2,000 ชนิด (Rainboth, 1996)

การใช้ประโยชน์จากปลาน้ำจืดในลุ่มน้ำโขงส่วนใหญ่ใช้เพื่อเป็นอาหาร และสัดส่วนการค้าปลาที่จับจากธรรมชาติค่อนข้างสูง เช่น ในตลาดท่าบ่อ จังหวัดหนองคาย ตลาดท่าอุเทน และตลาดศรีสงคราม จังหวัดนครพนม มีปลาที่จับจากธรรมชาติเข้าสู่ตลาดทั้งสามแห่งนี้ถึงร้อยละ 40 ของปริมาณปลาทั้งหมด และเป็นปลาพื้นเมืองมากถึง 80 ชนิด (ทิวรัตน์ เถลิงเกียรติลีลา และคณะ, 2550) ดังนั้นการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของปลาอีกแนวทางหนึ่งคือการสำรวจชนิดของปลาที่มีการค้าในตลาดท้องถิ่นในเขตลุ่มน้ำต่างๆ ซึ่งจะมีทั้งปลาที่จับจากธรรมชาติ และปลาจากการเพาะเลี้ยง การระบุชนิดของปลาที่ผ่านกระบวนการในขั้นตอนต่างๆ เพื่อการค้านั้นทำได้ค่อนข้างยากด้วยการใช้ลักษณะสัณฐานภายนอก และการสอบถามจากชื่อท้องถิ่นก็ไม่สามารถที่จะระบุหรืออ้างอิงได้ชัดเจน การใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอบาร์โค้ดจึงเป็นอีกทางเลือกที่สามารถระบุชนิดของปลาจากตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการแปรรูปเพื่อการค้าแล้วได้

บทที่ 2

วัตถุประสงค์

1. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของการระบุชนิดปลาด้วยการใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอบาร์โค้ด (DNA Barcode)
2. เพื่อตรวจสอบชนิดของปลาในท้องถื่นลุ่มน้ำโขงภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย
3. เพื่อสร้างเครื่องหมายดีเอ็นเอบาร์โค้ด (DNA Barcode) สำหรับระบุชนิดของปลาน้ำจืดในประเทศไทย

บทที่ 3

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

3.1 ความหลากหลายของปลาน้ำจืดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภูมิภาคอื่นของประเทศไทย

ปลาน้ำจืดที่มีรายงานการแพร่กระจายในพื้นที่ประเทศไทยมีทั้งหมด 823 ชนิด (Froese and Pauly, 2016) ซึ่งจำนวนนี้รวมทั้งปลาเฉพาะถิ่น (endemic fishes) ปลาประจำถิ่น (native fishes) และปลานำเข้า (introduced fishes) นอกจากนี้มีรายงานการศึกษาความหลากหลายของปลาในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทยอีกหลายแหล่ง เช่นในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เครือข่ายนักวิจัยไต้หวัน ลุ่มน้ำสงครามตอนล่าง (2548) รายงานผลการสำรวจพันธุ์ปลาในป่าทามของลุ่มน้ำสงครามตอนล่างในช่วงเดือนสิงหาคม 2546 ถึงเดือนมีนาคม 2548 พบปลาทั้งหมด 125 ชนิด ในจำนวนนี้เป็นปลาธรรมชาติจำนวน 117 ชนิด แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มแรกเป็นปลาพื้นถิ่นลุ่มน้ำสงคราม 58 ชนิด กลุ่มที่สองเป็นปลาอพยพระหว่างแม่น้ำโขงกับแม่น้ำสงคราม 59 ชนิด และกลุ่มสุดท้ายเป็นปลาต่างถิ่นที่ไม่ได้มีถิ่นกำเนิดในลุ่มน้ำโขงจำนวน 8 ชนิด ต่อมา ในปี 2554 ณัฐนันท์ เทียงธรรม และพูลทรัพย์ ศิริสานต์ รายงานการสำรวจพรรณปลาในห้วยบังกอในช่วงฤดูฝน ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดนครพนม ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนตุลาคม 2553 พบปลาทั้งสิ้น 52 ชนิด ใน 9 อันดับ 19 วงศ์ 46 สกุล ในจำนวนนี้เป็นปลาที่อยู่ในสถานภาพใกล้การสูญพันธุ์จำนวน 3 ชนิดคือ ปลาหมากผาง (*Tenualosa thibaudeaui*) ปลาเทพา (*Pangasius sanitwongsei*) และปลาเสีตอลายเล็ก (*Datnioides undecimradiatus*) ต่อมา ชญาพรรณ เมธีชนันวัฒน์ (2555) รายงานผลการรวบรวมข้อมูลพันธุ์ปลาแม่น้ำโขงตอนล่างจากอำเภอเชียงคานถึงอำเภอปากชม พบปลาแม่น้ำโขงในพื้นที่นี้จำนวนทั้งหมด 270 ชนิด เป็นปลาเกล็ด 181 ชนิด และปลาหนัง 89 ชนิด ในปี 2558 นิตาชล ฤาแก้วมา, ประมุข ฤาแก้วมา และจุฑารัตน์ พิมพา รายงานการสำรวจความหลากหลายชนิดของลูกปลาในบึงโขงหลง จังหวัดบึงกาฬ ระหว่างเดือนธันวาคม 2555 ถึงเดือนกันยายน 2556 พบลูกปลาทั้งสิ้น 23 ชนิด ใน 13 วงศ์ 19 สกุล

นอกจากนี้มียางานการศึกษาความหลากหลายชนิดของปลาในแหล่งน้ำในภูมิภาคต่างๆ อีกหลายแหล่งเช่น อมรชัย ล้อทองคำ และเอกชัย ดวงใจ (2553) รายงานความหลากหลายชนิดของปลาในลุ่มน้ำว้า (แม่น้ำสาขาของลุ่มแม่น้ำน่านตอนบน) ในเขตอำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน ที่สำรวจระหว่างเดือน กรกฎาคม 2551 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2552 พบปลาทั้งสิ้น 43 ชนิดใน 7 อันดับ 13 วงศ์ 32 สกุล พบปลาที่ไม่เคยมีรายงานการแพร่กระจายในระบบแม่น้ำเจ้าพระยา 3 ชนิด

ปลาด่างถิ่น 3 ชนิด ต่อมา อมรชัย ล้อทองคำ และพรรณพร กุลมา (2554) รายงานผลการสำรวจความหลากหลายชนิดของปลาในแม่น้ำยาว (แม่น้ำสาขาของกลุ่มแม่น้ำน่านตอนบน) จังหวัดน่าน ช่วงระหว่างวันที่ 28 กันยายน 2552 ถึง 24 กุมภาพันธ์ 2553 พบปลาทั้งสิ้น 59 ชนิด ใน 8 อันดับ 18 วงศ์ 43 สกุล ในจำนวนนี้เป็นปลาด่างถิ่น 4 ชนิด ในปี 2556 ศิริลักษณ์ วลัยุฑ์เพียร และอภิรักษ์ สุวรรณลักษณ์ ได้รายงานการรวบรวมตัวอย่างปลาระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนตุลาคม 2555 ในแม่น้ำอิง พบปลาทั้งหมด 82 ชนิด 57 สกุล จาก 22 วงศ์ และปลาในวงศ์ Cyprinidae พบมากที่สุดคือ 41 ชนิด

3.2 เครื่องหมายดีเอ็นเอบาร์โค้ด

ดีเอ็นเอบาร์โค้ดคือข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ที่เรียงตัวอยู่บนดีเอ็นเอบริเวณใดบริเวณหนึ่งที่สามารถใช้ในการระบุชนิดหรือวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตได้ ทั้งนี้เนื่องจากลำดับนิวคลีโอไทด์นั้นเป็นสิ่งที่กำหนดลักษณะของสิ่งมีชีวิต ดังนั้นหากเป็นชนิดเดียวกันจะมีความคล้ายคลึงกันมากกว่าต่างชนิดกัน และความคล้ายคลึงหรือความแตกต่างของลำดับนิวคลีโอไทด์นั้นยังเกี่ยวเนื่องกับความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตกลุ่มต่างๆ เหล่านั้นด้วย ซึ่งบริเวณที่จะใช้เป็นดีเอ็นเอบาร์โค้ดนั้นต้องมีคุณสมบัติสำคัญสามประการด้วยกัน ประการแรก ลำดับนิวคลีโอไทด์ของบริเวณนั้นต้องมีความแตกต่างมากพอที่จะสามารถแยกสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกันออกจากกันได้ ในขณะที่มีความแตกต่างภายในชนิดเดียวกันน้อยมากหรือไม่มีเลย ประการที่สอง ต้องเป็นดีเอ็นเอที่มีบริเวณอนุรักษ์ สามารถใช้ไพรเมอร์มาตรฐานที่เป็น universal primer เข้าจับเพื่อเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอของบริเวณนั้นด้วยปฏิกิริยาพีซีอาร์ได้ ประการสุดท้าย ต้องมีขนาดที่เหมาะสมคือประมาณ 500 – 800 คู่เบส ดังนั้นการเลือกบริเวณที่จะนำมาใช้เป็นดีเอ็นเอบาร์โค้ดนั้นจึงมีความสำคัญมาก หากเลือกได้เหมาะสมกับชนิดหรือกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่ศึกษาจะส่งผลให้วิธีการใช้ดีเอ็นเอบาร์โค้ดนั้นมีประสิทธิภาพ สามารถนำไปใช้ได้ง่าย สะดวกและรวดเร็ว

การศึกษาดีเอ็นเอบาร์โค้ดในสัตว์เริ่มขึ้นโดย Hebert *et al.* (2003) ในประเทศแคนาดา โดยได้คัดเลือกลำดับนิวคลีโอไทด์สายสั้นๆ ของจีนที่มีความคงตัวซึ่งพบว่าลำดับนิวคลีโอไทด์บางส่วนของจีน Cytochrome c oxidase I (COI) ขนาดประมาณ 650 คู่เบส มีความแตกต่างมากพอที่จะแยกชนิดของสัตว์ต่างชนิดกันออกจากกันได้อย่างชัดเจน ในขณะที่ภายในชนิดเดียวกันมีความแตกต่างกันน้อยมากหรือไม่มีเลย ดังนั้นในสัตว์จึงนิยมใช้จีน COI ในการศึกษาดีเอ็นเอบาร์โค้ด วิธีการศึกษาดีเอ็นเอบาร์โค้ดมีด้วยกันสองแนวทางคือ การสร้างบาร์โค้ดมาตรฐานเพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงหรือเปรียบเทียบ ซึ่งวิธีการนี้จำเป็นต้องอาศัยหรือดำเนินการจากนักอนุกรมวิธานที่มีความเชี่ยวชาญ เนื่องจากจำเป็นต้องระบุชนิดของตัวอย่างสัตว์ให้ถูกต้องเสียก่อน แล้วจึงสร้างดีเอ็นเอบาร์โค้ดขึ้นมาเพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิงของชนิดนั้น แล้วนำส่งเข้าสู่ฐานข้อมูลสากล (พรณรงค์ สิริปิยะสิงห์ และ อรุณรัตน์ ฉวีราช, 2554) อีกแนวทางหนึ่งนั้นเป็นการใช้ดีเอ็นเอบาร์โค้ดเพื่อการระบุชนิดของตัวอย่างสัตว์ที่อาจไม่สามารถระบุชนิดได้ด้วย

วิธีการปกติทั่วไป หรือตัวอย่างที่ไม่สมบูรณ์ โดยการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ของบริเวณจีนมาตรฐานจากตัวอย่าง คือจีน COI หรือบริเวณอื่นๆ ที่ได้รับการยอมรับและมีข้อมูลอ้างอิงแล้ว ในฐานข้อมูล หลังจากนั้นนำลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้ไปตรวจสอบเปรียบเทียบกับดีเอ็นเอบาร์โค้ดอ้างอิงในฐานข้อมูลว่าตรงกับชนิดใด ก็จะทำให้ทราบชนิดของสัตว์นั้นได้ แต่ถ้าไม่ตรงหรือมีความคล้ายคลึงน้อย สามารถสันนิษฐานได้ว่ายังไม่มีข้อมูลดีเอ็นเอบาร์โค้ดของชนิดสำหรับตัวอย่างนั้น หรืออาจเป็นชนิดใหม่ซึ่งต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อตรวจสอบต่อไป (ดูฤดี ปานพรหมมินทร์, 2556)

3.3 การใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอบาร์โค้ดในการระบุชนิดของปลา

การใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอบาร์โค้ดในการระบุชนิดของปลานั้นประสบความสำเร็จอย่างมากในหลายพื้นที่ทั่วโลก เช่น Ward *et al.* (2005) ใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอบาร์โค้ดบริเวณจีน COI เพื่อระบุชนิดของปลา 207 ชนิดในน่านน้ำของทวีปออสเตรเลียจากจำนวนทั้งหมด 754 ตัวอย่าง เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของลำดับนิวคลีโอไทด์ระหว่างกลุ่มในลำดับชั้นทางอนุกรมวิธานโดยใช้ Kimura two parameter (K2P) distance พบว่าค่าเฉลี่ยความแตกต่างภายในชนิดเท่ากับร้อยละ 0.39 ภายในสกุลร้อยละ 9.93 ภายในวงศ์ร้อยละ 15.46 ภายในอันดับร้อยละ 22.18 และภายในชั้นร้อยละ 23.27 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า เครื่องหมายดีเอ็นเอบาร์โค้ดบริเวณจีน COI นี้สามารถใช้ในการระบุชนิดของปลาได้ ต่อมา Zhang และ Hanner (2011) นำเสนอผลการทดสอบประสิทธิภาพของการใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอบาร์โค้ดบริเวณจีน COI ของปลาทะเลในน่านน้ำญี่ปุ่นจำนวน 158 ชนิด ทั้งหมด 229 ตัวอย่าง พบว่าความห่างทางพันธุกรรมเฉลี่ยระหว่างชนิดสูงกว่าภายในชนิดถึง 60 เท่า โดยพิจารณาจากค่า K2P เฉลี่ยระหว่างชนิดเท่ากับร้อยละ 17.6 ในขณะที่ภายในชนิดเดียวกันมีค่าเพียงร้อยละ 0.3 เท่านั้น นอกจากนี้ยังตรวจพบลูกผสมที่เกิดขึ้นระหว่างปลา 2 ชนิดด้วย แสดงให้เห็นว่าเครื่องหมายดีเอ็นเอบาร์โค้ดนั้นเป็นแนวทางใหม่ที่มีประสิทธิภาพในการระบุชนิดของปลา หรือในการศึกษาของ Henriques *et al.* (2015) ในการใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอบาร์โค้ดในการระบุชนิดของปลาในลุ่มน้ำ Ribeira de Iguape Basin และแม่น้ำตามแนวชายฝั่งในรัฐเซาเปาโล ประเทศบราซิล จากตัวอย่างทั้งหมด 805 ตัวอย่าง ระบุชนิดด้วยลักษณะสัณฐานได้ 89 ชนิด และเมื่อนำไประบุชนิดด้วยเครื่องหมายดีเอ็นเอบาร์โค้ดพบว่าแยกได้ทั้งหมด 109 กลุ่ม และส่วนใหญ่ตรงกันกับชนิดที่ระบุด้วยลักษณะสัณฐาน แสดงให้เห็นว่ายังมีกลุ่มชนิดที่เป็น species complex ซึ่งมีลักษณะสัณฐานที่เหมือนกันในขณะที่ลักษณะทางพันธุกรรมได้ผันแปรแตกต่างออกไปแล้ว

สำหรับในประเทศไทยได้เริ่มมีการนำเครื่องหมายดีเอ็นเอแบบบาร์โค้ดมาใช้ในการระบุชนิดของปลาแล้วและมีรายงานการใช้ในปลาบางกลุ่มหรือบางพื้นที่ อาทิเช่น ดูจฤดี ปานพรหมมินทร์ บุชบง ศรีอ่อนคง และนนทรี ปานพรหมมินทร์ (2556) รายงานผลการศึกษาลำดับนิวคลีโอไทด์ของจีน COI ในปลาชีวงศ์ย่อย Rasborinae จำนวน 12 ชนิด และปลาชีขาวสาร

ซึ่งเป็นปลากลุ่มนอก พบว่าสามารถใช้แยกสกุลของปลาชีวในวงศ์ย่อย Rasborinae ได้อย่างชัดเจน ต่อมา ดุจฤดี ปานพรหมมินทร์ มนต์ดา แดงสิงห์ และนนทรี ปานพรหมมินทร์ (2557) รายงานการใช้ดีเอ็นเอบาร์โค้ดบริเวณจีน COI เพื่อการจำแนกชนิดปลาหมี 14 ชนิดจาก 59 ตัวอย่างพบว่ายังมีปลาที่ยังไม่มีรายงานลำดับนิวคลีโอไทด์ของจีน COI ในฐานข้อมูล GenBank 11 ชนิด และในฐานข้อมูล BOLD 5 ชนิด และเมื่อวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มปลาหมีได้สอดคล้องกับระบบอนุกรมวิธาน และสามารถแยกชนิดของปลาหมีส่วนใหญ่ออกจากกันได้ยกเว้น ปลาหมีน่าน และปลาหมีอารีย์ ในปีเดียวกัน ดุจฤดี ปานพรหมมินทร์ และนนทรี ปานพรหมมินทร์ (2557) รายงานการศึกษารูปแบบของลำดับนิวคลีโอไทด์ของจีน COI เพื่อใช้เป็นเครื่องหมายดีเอ็นเอบาร์โค้ดในการจำแนกชนิดปลาวงศ์เสือต่อจำนวน 4 ชนิด ซึ่งยังไม่มีรายงานในฐานข้อมูลทั้ง GenBank และ BOLD จากการวิเคราะห์พบว่าลำดับนิวคลีโอไทด์ของจีน COI สามารถใช้แยกปลาแต่ละชนิดออกจากกันได้อย่างชัดเจน และสามารถแยกปลาวงศ์นี้ออกจากปลาวงศ์อื่นที่ใกล้เคียงกันได้อีกด้วย นอกจากนี้ ดุจฤดี ปานพรหมมินทร์ และศิริภรณ์ อ่วมเจริญ (2557) ได้รายงานผลการใช้ดีเอ็นเอบาร์โค้ดบริเวณจีน COI ในการจำแนกชนิดของปลาในพื้นที่ปกปักรักษารูกรมพีช มหาวิทยาลัยพะเยา พบว่าสามารถจำแนกชนิดปลาได้ 11 ชนิดได้อย่างถูกต้อง โดยมีความยาวเฉลี่ยของลำดับนิวคลีโอไทด์ประมาณ 625 คู่เบส อยู่ในช่วง 591 – 639 คู่เบส และปลาชนิดเดียวกันมีลำดับนิวคลีโอไทด์ของจีน COI เพียง 1 รูปแบบ เท่านั้น ปีต่อมาดุจฤดี ปานพรหมมินทร์ และวิชัย จันทรโธ (2558) รายงานการศึกษาความหลากหลายและการจำแนกชนิดโดยใช้ดีเอ็นเอบาร์โค้ดบริเวณจีน COI ของปลาในน้ำตกธารสวรรค์ อุทยานแห่งชาติดอยภูนาง จังหวัดพะเยา ในช่วงเดือนมีนาคม 2555 พบปลาทั้งสิ้น 2 อันดับ 4 วงศ์ 7 สกุล 8 ชนิด ลำดับนิวคลีโอไทด์มีความยาวอยู่ในระหว่าง 621 – 639 คู่เบส และปลาแต่ละชนิดมีลำดับนิวคลีโอไทด์เพียงรูปแบบเดียว มี 3 ชนิดที่ยังไม่มีรายงานลำดับนิวคลีโอไทด์ของจีน COI ทั้งในฐานข้อมูล GenBank และ BOLD และลำดับนิวคลีโอไทด์ของจีน COI สามารถใช้แยกปลาทั้ง 8 ชนิดออกจากกันได้อย่างชัดเจน

บทที่ 4

วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 การสำรวจในพื้นที่

- 4.1.1 ตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้นของพื้นที่ศึกษาเพื่อวางแผนการเดินทางสำรวจและเก็บตัวอย่าง
- 4.1.2 ออกสำรวจและเก็บตัวอย่างตามแผนที่ได้กำหนดไว้ โดยออกสำรวจทั้งหมด 3 ครั้งในรอบ 1 ปี เพื่อให้ครอบคลุมทุกฤดูกาล ในการสำรวจแต่ละครั้ง เก็บข้อมูลปลาน้ำจืดโดยบันทึกข้อมูล ภาพถ่าย ชื่อท้องถิ่น แหล่งที่มา และข้อมูลอื่นๆ

4.2 การเก็บตัวอย่าง

- 4.2.1 ชื้อตัวอย่างที่ชาวประมง หรือชาวบ้านจับมาได้ และเก็บตัวอย่างปลาเพื่อใช้ในการระบุชนิดด้วยการใช้ลักษณะสัณฐานภายนอก กรณีที่ตัวอย่างยังอยู่ในสภาพสมบูรณ์
- 4.2.2 เก็บตัวอย่างเนื้อเยื่อปลา (ครีบ กล้ามเนื้อ และตับ) จากตัวอย่างทั้งที่อยู่ในสภาพสมบูรณ์ และถูกแปรรูปแล้วเพื่อนำไปสกัดดีเอ็นเอ โดยตัวอย่างเนื้อเยื่อเก็บรักษาในเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 99 โดยปริมาตร

4.3 การระบุชนิด ดำเนินการใน 2 แนวทาง

- 4.3.1 ตัวอย่างที่สมบูรณ์ ระบุชนิดด้วยการใช้ลักษณะภายนอก และรูปถ่ายเปรียบเทียบกับรูปวิธานสำหรับระบุชนิด และข้อมูลลักษณะประจำชนิด ส่วนตัวอย่างที่ไม่สมบูรณ์หรือถูกแปรรูปแล้ว สืบค้นชื่อจากภาพถ่ายและชื่อท้องถิ่นที่ได้จากผู้ค้า
- 4.3.2 ตัวอย่างเนื้อเยื่อ นำมาสกัดดีเอ็นเอด้วยชุดสกัดสำเร็จรูป จากนั้นนำดีเอ็นเอไปสร้างดีเอ็นเอบาร์โค้ดด้วยการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอเฉพาะบริเวณจีโนมมาตรฐานคือ Cytochrome c oxidase I (CO I) โดยใช้ไพรเมอร์จำเพาะด้วยเทคนิค PCR จากนั้นนำผลผลิตที่ได้ส่งตรวจวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ เมื่อได้รับผลกลับมาแล้วนำผลที่ได้ไปตรวจสอบหาชนิดของปลาแต่ละตัวอย่างในฐานข้อมูลพันธุกรรม Fish BOL และ GenBank

4.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

- 4.4.1 เปรียบเทียบผลการระบุชนิดที่ได้จากทั้งสองแนวทางว่าได้ผลเหมือนหรือต่างกันหรือไม่ อย่างไร
- 4.4.2 ประเมินประสิทธิภาพของการใช้ดีเอ็นเอบาร์โค้ดในการระบุชนิดของปลา

4.5 การรวบรวมข้อมูลดีเอ็นเอบาร์โค้ด

- 4.5.1 นำข้อมูลดีเอ็นเอบาร์โค้ดประจำชนิดของปลาที่ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องแล้วส่งเข้าสู่ฐานข้อมูล Fish BOL และ GenBank เพื่อใช้อ้างอิงและระบุชนิดของปลาน้ำจืดในประเทศไทยต่อไป

บทที่ 5

ผลการวิจัย

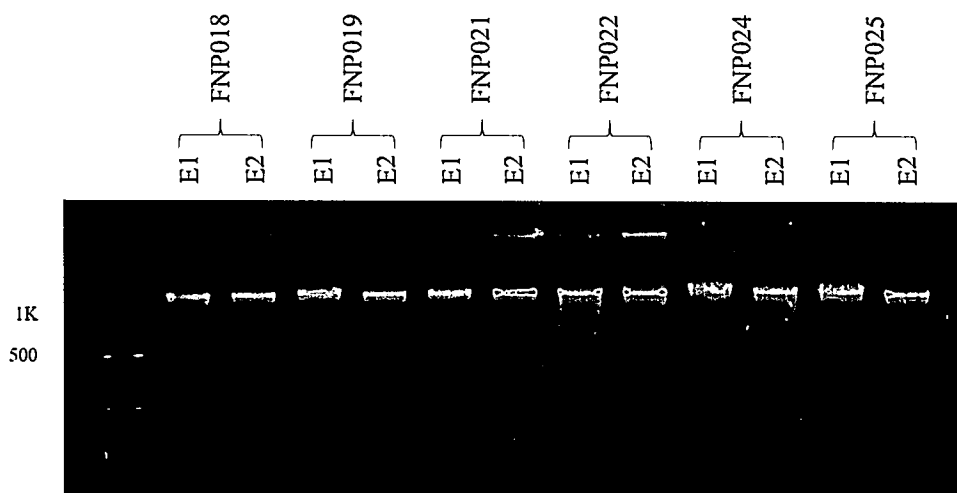
5.1 การสำรวจและเก็บตัวอย่างปลา

จากการสำรวจและเก็บตัวอย่างปลาในลุ่มแม่น้ำโขงเขตจังหวัดสกลนคร จังหวัดนครพนม และจังหวัดมุกดาหาร ได้ตัวอย่างปลาทั้งหมด 157 ตัวอย่าง (ตาราง 5.4) โดยแยกตามแหล่งที่สำรวจดังนี้

● ตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.สกลนคร	จำนวน 33 ตัวอย่าง
● ตลาดสดเทศบาล 1 อ.อากาศอำนวย จ.สกลนคร	จำนวน 18 ตัวอย่าง
● ตลาดสุขาภิบาลนาแก จ.นครพนม	จำนวน 1 ตัวอย่าง
● ตลาดคลองถม ต.สีชมพู จ.นครพนม	จำนวน 17 ตัวอย่าง
● ตลาดสดศรีสงคราม จ.นครพนม	จำนวน 13 ตัวอย่าง
● ตลาดลาว จ.นครพนม	จำนวน 24 ตัวอย่าง
● ตลาดพรเพชร จ.มุกดาหาร	จำนวน 20 ตัวอย่าง
● ตลาดเทศบาลมุกดาหาร จ.มุกดาหาร	จำนวน 22 ตัวอย่าง
● ตลาดหลังเทศบาลมุกดาหาร จ.มุกดาหาร	จำนวน 2 ตัวอย่าง
● ตลาดหนองสูง จ.มุกดาหาร	จำนวน 1 ตัวอย่าง
● ตลาดโพธิ์ทราย จ.มุกดาหาร	จำนวน 6 ตัวอย่าง
รวมทั้งหมด	157 ตัวอย่าง

5.2 การสกัดดีเอ็นเอปลาน้ำจืดลุ่มแม่น้ำโขง

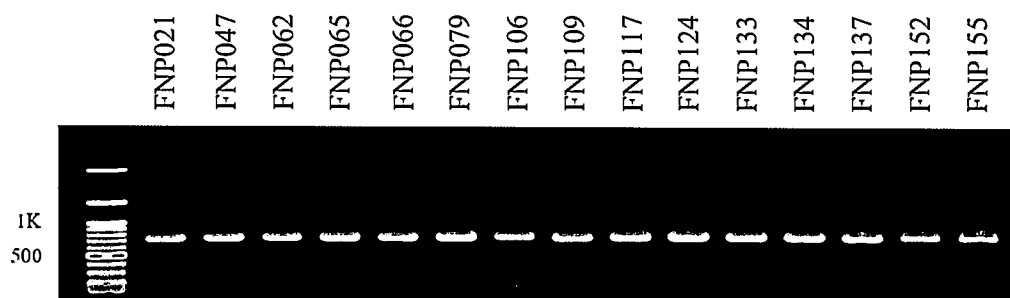
สกัดดีเอ็นเอปลาน้ำจืดลุ่มแม่น้ำโขงจากตัวอย่างทั้งหมดที่สำรวจในเขตพื้นที่จังหวัดสกลนคร นครพนม และมุกดาหาร ด้วยชุดสกัดสำเร็จรูป Genomic DNA Extraction Kit (Real Genomics) แล้วตรวจสอบคุณภาพและปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิคอิเล็กโตรโฟรีซิสในเจลอะกาโรสความเข้มข้นร้อยละ 0.7 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร นำแผ่นเจลไปส่องดูภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ต บันทึกภาพ เมื่อเปรียบเทียบกับแถบดีเอ็นเอมาตรฐาน พบว่า ดีเอ็นเอที่ได้มีคุณภาพดี (ดังภาพ 5.1) นำไปเจือจางให้ได้ความเข้มข้น 20 นาโนกรัม/ไมโครลิตร เพื่อใช้ในปฏิกิริยาแลงซ์พอลิเมอเรสต่อไป



ภาพ 5.1 ตัวอย่างการตรวจสอบคุณภาพและปริมาณดีเอ็นเอที่สกัดได้

5.3 การสร้างเครื่องหมายดีเอ็นเอบาร์โค้ด

การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอบริเวณ COI ของตัวอย่าง จากการใช้คู่ไพรเมอร์ VF1_t1, FishF2_t1, FR1d_t1 และ FishR2_t1 ด้วยปฏิกิริยา PCR แล้วนำไปตรวจสอบผลของปฏิกิริยาที่เกิดด้วยเทคนิคอิเล็กโตรโฟรีซิส ในเจลอะกาโรสความเข้มข้นร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร นำแผ่นเจลไปส่องดูใต้แสงอัลตราไวโอเล็ต พบว่าเกิดแถบดีเอ็นเอขนาดประมาณ 700 คู่เบส (ดังภาพที่ 5.2)



ภาพ 5.2 ตัวอย่างการตรวจสอบคุณภาพและปริมาณดีเอ็นเอบริเวณ COI ที่ได้จากทำ PCR

จากการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอบริเวณจีน COI ด้วยปฏิกิริยา PCR พบว่าสามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอจากตัวอย่างปลาได้ 149 ตัวอย่าง นำผลผลิตที่ได้ส่งไปตรวจสอบหาลำดับนิวคลีโอไทด์ พบว่าผลผลิตจากปฏิกิริยา PCR ของตัวอย่างปลาแต่ละชนิดมีความยาวของลำดับนิวคลีโอไทด์ของจีน COI ต่าง ๆ กัน โดยมีความยาวเฉลี่ยประมาณ 640 คู่เบส อยู่ในช่วง 570 - 671 คู่เบส นำผลที่ได้มาทำการตรวจสอบเพื่อระบุชนิด และนำส่งฐานข้อมูล GenBank

5.4 การตรวจสอบและระบุชนิด

5.4.1 การตรวจสอบและระบุชนิดจากลักษณะสัณฐานวิทยา

การตรวจสอบและระบุชนิดจากลักษณะสัณฐานวิทยา สืบค้นชื่อท้องถิ่นที่ได้จากชาวประมงหรือผู้ค้าสามารถระบุชนิดได้เบื้องต้น 119 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 75.80 และที่ไม่สามารถระบุชนิดได้จำนวน 38 ตัวอย่าง เนื่องจากชิ้นส่วนตัวอย่างไม่สมบูรณ์หรือถูกแปรรูปแล้ว

5.4.2 การตรวจสอบชื่อโดยใช้เครื่องมือดีเอ็นเอบาร์โค้ด

จากตัวอย่างจำนวน 157 ตัวอย่าง สามารถสกัด DNA ได้ทั้ง 157 ตัวอย่าง แต่สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอบริเวณจีน COI ซึ่งใช้เป็นเครื่องหมายดีเอ็นเอบาร์โค้ดได้เพียง 149 ตัวอย่าง เมื่อนำไปสืบค้นในฐานข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบกับลำดับนิวคลีโอไทด์ที่มีอยู่ทั้งในฐานข้อมูล Genbank และ BOLD สามารถระบุชนิดได้ดังนี้

5.4.2.1 จำนวนที่ระบุได้โดยใช้ข้อมูลของ GenBank 123 ตัวอย่าง 58 ชนิด 18 วงศ์

5.4.2.2 จำนวนชนิดที่ระบุได้โดยใช้ข้อมูลของ BOLD 108 ตัวอย่าง 56 ชนิด 19 วงศ์

5.5 การเปรียบเทียบผลจากวิธีการระบุชนิด

จากตัวอย่างที่สามารถสกัดดีเอ็นเอและเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอบริเวณจีน COI ได้ 149 ตัวอย่าง เมื่อนำผลจากการระบุชนิดทั้ง 3 วิธีมาเปรียบเทียบผลที่ได้ แบ่งออกเป็น 5 กลุ่มดังนี้

5.5.1 การระบุชนิดสอดคล้องกันทั้ง 3 วิธี จำนวน 101 ตัวอย่าง 50 ชนิด 17 วงศ์

5.5.2 การระบุชนิดด้วยสัณฐานวิทยาตรงกับการระบุชนิดด้วยฐานข้อมูล GenBank จำนวน 17 ตัวอย่าง 12 ชนิด 7 วงศ์

5.5.3 การระบุชนิดด้วยสัณฐานวิทยาตรงกับการระบุชนิดด้วยฐานข้อมูล BOLD จำนวน 17 ตัวอย่าง 13 ชนิด 8 วงศ์

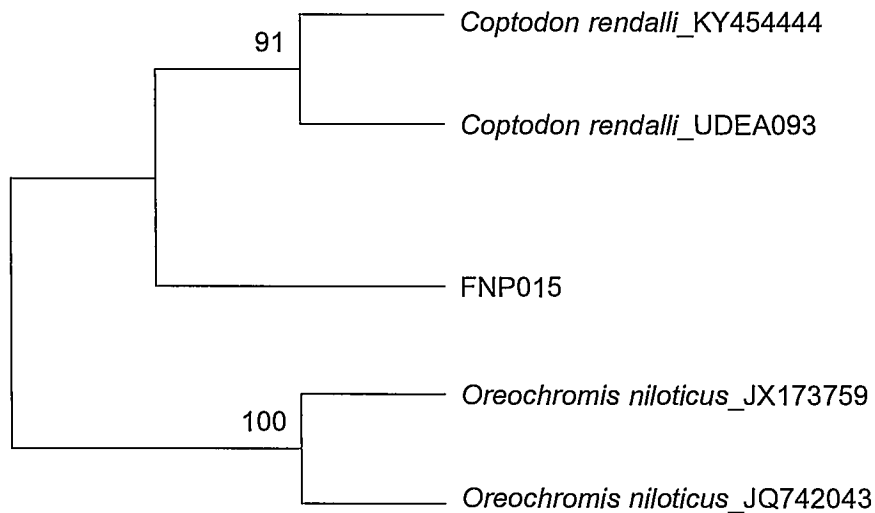
5.5.4 การระบุชนิดด้วยฐานวิธานวิทยาต่างจาก DNA ทั้งสองวิธี จำนวน 5 ตัวอย่าง เมื่อนำลำดับนิวคลีโอไทด์ของจีน COI ที่มีอยู่ในฐานข้อมูลทั้งสองมาเปรียบเทียบ พบว่ามีจำนวน 5 ตัวอย่างที่ไม่ตรงกับชนิดที่ระบุด้วยฐานวิธานวิทยา ได้แก่

5.5.4.1 ตัวอย่างหมายเลข FNP015 ระบุชนิดด้วยฐานวิธานวิทยาเป็น ปลา นิล *Oreochromis niloticus* ชนิดที่ระบุได้จากฐานข้อมูลดีเอ็นเอคือปลานิลลอกแดง *Coptodon rendalli* ซึ่งปลาทั้งสองชนิดนี้มีลักษณะทางสัณฐานที่คล้ายกันมาก เมื่อนำลำดับนิวคลีโอไทด์ของบริเวณจีน COI ของตัวอย่าง และลำดับนิวคลีโอไทด์ของทั้งปลานิล และปลานิลลอกแดงจากฐานข้อมูลมาหาค่าความแตกต่างทางพันธุกรรมด้วยโปรแกรม MEGA เวอร์ชัน 7.0.26 โดยใช้วิธี Kimura 2-parameter model ได้ผลดังตาราง 5.1

ตาราง 5.1 ค่าความแตกต่างของลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณจีน COI ของตัวอย่างหมายเลข FNP015 ปลานิลและปลานิลลอกแดงด้วยโปรแกรม MEGA เวอร์ชัน 7.0.26

	1	2	3	4	5
1. FNP015					
2. <i>Oreochromis niloticus</i> _JX173759	0.1351				
3. <i>Oreochromis niloticus</i> _JQ742043	0.1413	0.0831			
4. <i>Coptodon rendalli</i> _KY454444	0.0034	0.1306	0.1368		
5. <i>Coptodon rendalli</i> _UDEA093	0.0034	0.1306	0.1368	0.0000	

การเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์ในบริเวณจีน COI พบว่ามีความแปรผันระหว่างตัวอย่าง FNP015 กับปลานิล *Oreochromis niloticus* อยู่ที่ 0.1351 – 0.1413 ส่วนความแปรผันของลำดับนิวคลีโอไทด์ระหว่างตัวอย่างหมายเลข FNP015 กับปลานิลลอกแดง *Coptodon rendalli* อยู่ที่ 0.0034 เท่านั้น จากนั้นนำค่าความแตกต่างทางพันธุกรรมของบริเวณจีน COI ที่ได้นำมาสร้างเดนโดรแกรม แสดงความสัมพันธ์ของตัวอย่างหมายเลข FNP015 กับปลานิลทั้ง 2 ชนิดด้วยวิธี UPGMA โดยทำการคำนวณซ้ำ 1,000 ครั้งได้ผลดังภาพ 5.3



ภาพ 5.3 เดนโดแกรม (dendrogram) แสดงความสัมพันธ์ที่สร้างจากความแตกต่างของลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณจีน COI ของตัวอย่างหมายเลข FNP015 ปลานิลและปลานิลอกแดง ด้วยโปรแกรม MEGA 7.0.26

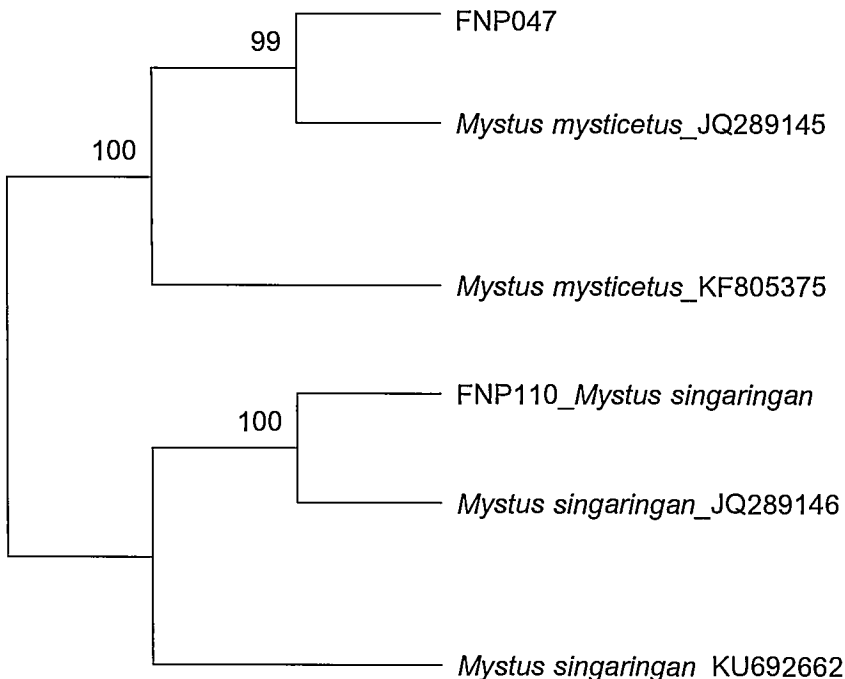
จากเดนโดแกรมจะเห็นได้ชัดว่าตัวอย่างหมายเลข FNP015 อยู่ในกลุ่มเดียวกันกับปลานิลอกแดง (*Coptodon rendalli*) เมื่อนำผลที่ได้ไปตรวจสอบกับลักษณะทางสัณฐานให้ชัดเจนยิ่งขึ้น สรุปได้ว่าตัวอย่างหมายเลข FNP015 เป็นปลานิลอกแดง ซึ่งในประเทศไทยปัจจุบันปลานิลทั้งสองชนิดเป็นชนิดต่างถิ่นที่พบได้ในแหล่งน้ำธรรมชาติ

5.5.4.2 ตัวอย่างหมายเลข FNP047 ระบุชนิดทางสัณฐานวิทยาได้เป็นปลาแขยงใบข้าว *Mystus singaringan* แต่ชนิดที่ระบุได้จากดีเอ็นเอ คือปลาแขยงข้างลาย *Mystus mysticetus* ทำการตรวจสอบเพิ่มเติมโดยการนำลำดับนิวคลีโอไทด์ของปลาทั้ง 2 ชนิดที่มีอยู่ในฐานข้อมูล ชนิดละ 2 ตัวอย่าง มาเปรียบเทียบค่าความแตกต่างทางพันธุกรรมของกับตัวอย่าง ด้วยโปรแกรม MEGA 7.0.26 โดยใช้วิธี Kimura 2-parameter model ได้ผลดังตาราง 5.2

ตาราง 5.2 ค่าความแตกต่างของลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณจีน COI ของตัวอย่างหมายเลข FNP047 ปลาแขยงใบข้าว *Mystus singaringan* และปลาแขยงข้างลาย *Mystus mysticetus* ด้วยโปรแกรม MEGA เวอร์ชัน 7.0.26

	1	2	3	4	5	6
1. FNP047						
2. FNP110_ <i>Mystus singaringan</i>	0.1742					
3. <i>Mystus singaringan</i> _JQ289146	0.1840	0.0137				
4. <i>Mystus singaringan</i> _KU692662	0.1760	0.1143	0.1279			
5. <i>Mystus mysticetus</i> _JQ289145	0.0157	0.1862	0.1886	0.1854		
6. <i>Mystus mysticetus</i> _KF805375	0.0383	0.1666	0.1763	0.1710	0.0422	

การเปรียบเทียบลำดับในบริเวณจีน COI พบว่ามีความแปรผันของลำดับนิวคลีโอไทด์ระหว่างตัวอย่างหมายเลข FNP047 กับปลาแขยงใบข้าว *Mystus singaringan* อยู่ที่ 0.1742 – 0.1840 ส่วนความแปรผันของลำดับนิวคลีโอไทด์ระหว่างตัวอย่างหมายเลข FNP047 กับปลาแขยงข้างลาย *Mystus mysticetus* อยู่ที่ 0.0157 – 0.0383 จะสังเกตได้ว่าตัวอย่างหมายเลข FNP047 กับปลาแขยงข้างลายหมายเลข 5 มีค่าความแตกต่างทางพันธุกรรม 0.0157 ซึ่งน้อยกว่าค่าความแตกต่างทางพันธุกรรมระหว่างปลาแขยงข้างลายที่มีอยู่ในฐานข้อมูล 0.0422 และเมื่อนำค่าความแตกต่างทางพันธุกรรมของบริเวณจีน COI ที่ได้นำมาสร้างเดนโดรแกรม แสดงความสัมพันธ์ของตัวอย่างหมายเลข FNP047 กับปลาแขยงใบข้าวและปลาแขยงข้างลายด้วยวิธี UPGMA โดยทำการคำนวณซ้ำ 1,000 ครั้งได้ผลดังภาพ 5.4



ภาพ 5.4 เตนโทรมแกรมแสดงความสัมพันธ์ที่สร้างจากความแตกต่างของลำดับนิวคลีโอไทด์ บริเวณจีน COI ของตัวอย่างหมายเลข FNP047 ปลาแขยงใบข้าวและปลาแขยงข้างลาย ด้วยโปรแกรม MEGA 7.0.26

จากเดนโดรแกรม พบว่าตัวอย่างหมายเลข FNP047 อยู่ภายในกลุ่มของปลาแขยงข้างลาย *Mystus mysticetus* สรุปได้ว่าตัวอย่างหมายเลข FNP047 เป็นปลาแขยงข้างลาย *Mystus mysticetus*

5.5.4.3 ตัวอย่างหมายเลข FNP073 ระบุชื่อจากลักษณะพื้นฐานเป็นปลา
 เค้าดำ *Wallago micropogon* จากการเปรียบเทียบความคล้ายคลึงของลำดับนิวคลีโอไทด์ของ
 จีน CO I ในฐานข้อมูล พบว่า ทั้งในฐานข้อมูล GenBank และ BOLD ยังไม่มีการรายงานลำดับ
 นิวคลีโอไทด์ของจีน COI ของปลาเค้าดำ มีเพียงรายงานอยู่เฉพาะปลาเค้าขาว *Wallago attu* ที่
 มีข้อมูลใกล้เคียงข้อมูลที่ศึกษาได้ในครั้งนี้ ดังนั้นตัวอย่างนี้จึงต้องทำการศึกษาลักษณะและ
 ตรวจสอบชนิดโดยละเอียดต่อไปเพื่อนำบันทึกข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ของจีน COI เข้าสู่
 ฐานข้อมูลต่อไป

ตัวอย่างหมายเลข FNP124 ระบุชื่อจากสัญญาณได้เป็นปลาตะโกก
Cyclocheilichthys enoplos ชนิดที่ระบุได้จากฐานข้อมูลดีเอ็นเอ คือปลาตะกอก *Cosmochilus*

harmandi ซึ่งอยู่ในวงศ์ปลาตะเพียน (Cyprinidae) เช่นเดียวกัน จึงนำตัวอย่างไปตรวจสอบเปรียบเทียบลักษณะทางสัณฐานโดยละเอียดกับปลาทั้ง 2 ชนิด พบว่าตัวอย่างหมายเลข FNP124 มีลักษณะคล้ายคลึงกับปลาตะกากมากกว่า สรุปได้ว่าตัวอย่างหมายเลข FNP124 คือ ปลาตะกาก *Cyclocheilichthys enoplos* ดังนั้นการใช้ข้อมูลดีเอ็นเอบาร์โค้ดนี้สามารถระบุชนิดของปลาได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

ตัวอย่างหมายเลข FNP126 ระบุชนิดจากผู้ค้าในท้องถิ่นเป็นปลาเผา *Pangasius bocourti* ซึ่งมักจะสับสนกับปลาในกลุ่มนี้อีกชนิดหนึ่งคือ ปลาโพง *Pangasius conchophilus* มีชื่อเรียกในท้องถิ่นว่า ปลาเผาเช่นเดียวกัน อีกทั้งปลาทั้ง 2 ชนิดนี้ มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาคล้ายกันมาก อีกทั้งยังมีชื่อเรียกตามท้องถิ่นต่าง ๆ เหมือนกันอีกมากมาย เช่น ปลาเผา ปลาโพง ปลาโพงยาง ปลายาง ปลายาง ปลาอ้ายตอง ทำให้บางครั้งชื่อเรียกปลาทั้งสองชนิดนี้อาจจะสลับกันได้ จึงมีโอกาที่จะถูกเรียกเป็นอีกชนิดอยู่เป็นประจำ เมื่อนำลำดับนิวคลีโอไทด์ไปตรวจสอบในฐานข้อมูลพบว่าระบุชนิดได้เป็น *Pangasius conchophilus* เมื่อนำลำดับนิวคลีโอไทด์ไปหาค่าความแตกต่างทางพันธุกรรม ได้ผลดังตาราง 5.3

ตาราง 5.3 ค่าความแตกต่างของลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณจีน COI ของตัวอย่างหมายเลข FNP126 ปลาเผาและปลาโพง ด้วยโปรแกรม MEGA เวอร์ชัน 7.0.26

	1	2	3	4	5
1. FNP126					
2. <i>Pangasius bocourti</i> _JF292429	0.0718				
3. <i>Pangasius bocourti</i> _JF292420	0.0736	0.0016			
4. <i>Pangasius conchophilus</i> _EF609426	0.0000	0.0718	0.0736		
5. <i>Pangasius conchophilus</i> _KT289885	0.0016	0.0737	0.0755	0.0016	

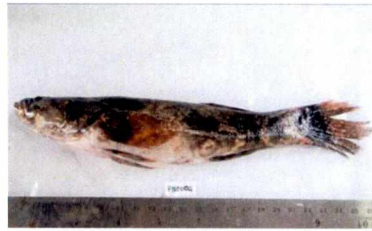
การเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์ในบริเวณจีน COI พบว่ามีความแปรผันระหว่างตัวอย่างหมายเลข FNP126 กับ *Pangasius bocourti* อยู่ที่ 0.0718 – 0.0736 ส่วนความแปรผันของลำดับนิวคลีโอไทด์ระหว่างตัวอย่างหมายเลข FNP126 กับ *Pangasius conchophilus* อยู่ที่ 0.0000 - 0.0016 ซึ่งตัวอย่าง หมายเลข FNP126 กับ *Pangasius conchophilus* หมายเลข 4 ไม่มีค่าความแตกต่างทางพันธุกรรมเลย จึงสรุปได้ว่าตัวอย่างหมายเลข FNP126 คือ *Pangasius conchophilus* จากค่าความแตกต่างทางพันธุกรรมที่ได้จากตารางจะเห็นว่า ปลาทั้งสองชนิดนี้มีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมมาก ในอนาคตปลาทั้งสองชนิดนี้ควรมีการศึกษาโดยละเอียดเพิ่มเติม

จากตัวอย่างที่การระบุชนิดด้วยสัณฐานต่างจาก DNA จำนวน 5 ตัวอย่างที่กล่าวมาข้างต้น สามารถใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอบาร์โค้ดเข้ามาช่วยในการระบุชนิดที่ถูกต้องในปลาที่มีลักษณะทางสัณฐานไม่ชัดเจน หรือมีชื่อท้องถิ่นที่เหมือนกันได้

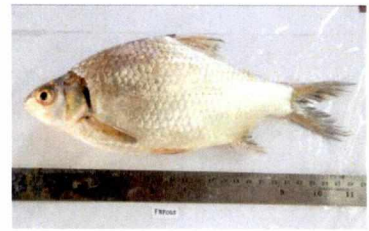
ชนิดที่การระบุชนิดไม่สอดคล้องกันทั้ง 3 วิธี จำนวน 9 ตัวอย่าง เมื่อนำข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ของจีน COI ที่มีอยู่ในฐานข้อมูลทั้งสองมาเปรียบเทียบ พบว่าทั้ง 9 ตัวอย่างที่การระบุชนิดแต่ละวิธีไม่มีฐานข้อมูลใดตรงกัน ได้แก่ ตัวอย่างหมายเลข FNP011 FNP029 FNP046 FNP113 FNP065 FNP106 FNP117 FNP153 และ FNP155 เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากฐานข้อมูลทั้งสองมาเปรียบเทียบกับลักษณะทางสัณฐานวิทยาปรากฏว่าตัวอย่างในกลุ่มนี้ยังไม่สามารถระบุชนิดได้ชัดเจน มีเพียงตัวอย่างหมายเลข FNP011 ที่สามารถระบุชนิดจากลักษณะทางสัณฐานวิทยาได้ คือ ปลากระสูบจุด อีกทั้งตัวอย่างในกลุ่มนี้เมื่อนำไปสืบค้นในฐานข้อมูลทั้งสองเพิ่มเติมพบว่าการรายงานลำดับนิวคลีโอไทด์ในฐานข้อมูลแต่ละชนิดน้อยมากหรือบางชนิดยังไม่มีรายงานเลย ดังนั้นการใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอบาร์โค้ดเข้ามาช่วยในการระบุชนิดของตัวอย่างกลุ่มนี้สามารถระบุได้เพียงแค่สกุลหรือวงศ์เท่านั้น



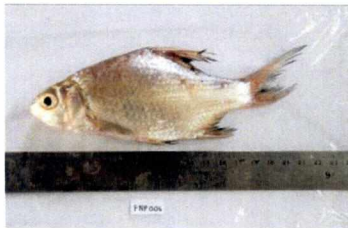
FNP003 *Oxyleotris marmorata*



FNP004 *Oxyleotris marmorata*



FNP005 *Puntiplites proctozystron*



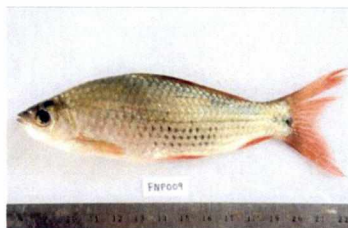
FNP006 *Puntiplites proctozystron*



FNP007 *Osteochilus vittatus*



FNP008 *Osteochilus vittatus*



FNP009 *Osteochilus vittatus*



FNP010 *Hampala dispar*



FNP011 *Hampala dispar*



FNP012 *Puntius brevis*



FNP013 *Osteochilus vittatus*



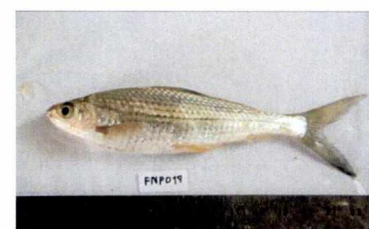
FNP014 *Pristolepis fasciata*



FNP015 *Coptodon rendalli*

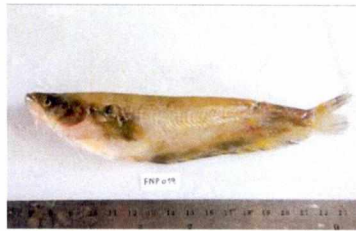
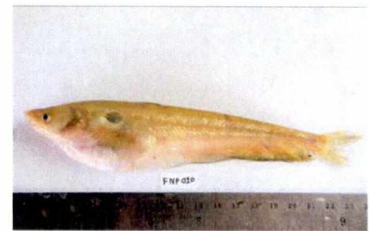
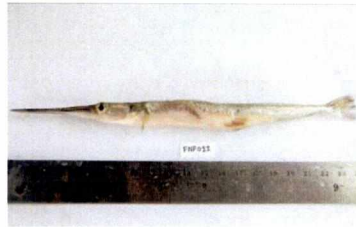
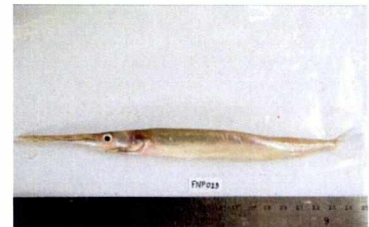
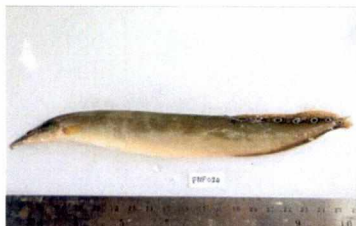
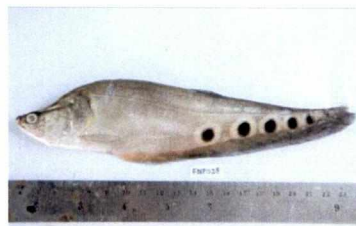
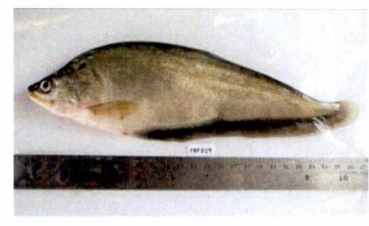
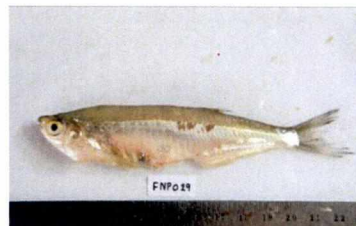


FNP016 *Cyclocheilichthys armatus*

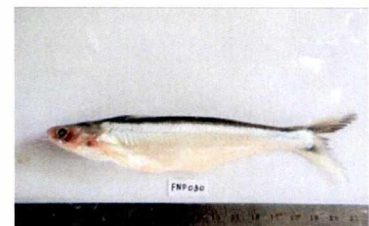


FNP017 *Labiobarbus lineatus*

ภาพที่ 5.5 ปลาชนิดต่าง ๆ ที่สำรวจพบในกลุ่มแม่น้ำโขง ตามรายการตัวอย่าง

FNP018 *Nandus oxyrhynchus*FNP019 *Ompok bimaculatus*FNP020 *Ompok bimaculatus*FNP021 *Phalacronotus apogon*FNP022 *Xenentodon* sp.FNP023 *Xenentodon* sp.FNP024 *Macrognathus*
siamensisFNP025 *Chitala ornata*FNP027 *Notopterus notopterus*FNP028 *Mystus mysticetus*

FNP029

FNP030 *Pangasius elongatus*FNP031 *Channa striata*FNP032 *Channa striata*FNP033 *Trichopsis cf. vittata*

ภาพที่ 5.5 (ต่อ)

FNP034 *Channa striata*FNP035 *Crossocheilus atrilimes*FNP036 *Osteochilus lini*FNP037 *Amblypharyngodon* sp.FNP038 *Clupeichthys*
aesarnensisFNP039 *Rasbora borapetensis*FNP040 *Rasbora borapetensis*FNP041 *Channa striata*FNP042 *Osteochilus vittatus*FNP043 *Systemus nubripinnis*FNP044 *Systemus nubripinnis*FNP045 *Henicorhynchus*
ornatipinnisFNP046 *Hemibagrus* sp.FNP047 *Mystus mysticetus*FNP048 *Channa striata*



FNP049 *Macrognathus siamensis*



FNP050 *Pangasius macronema*



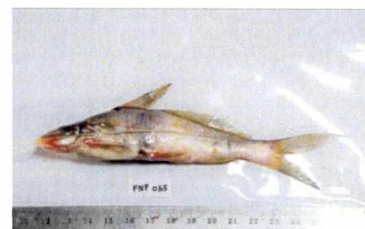
FNP052 *Pangasius larnaudii*



FNP053
Hampala macrolepidota



FNP054 *Mastacembelus faves*



FNP055 *Mystus singaringan*



FNP056 *Mystus bocourti*



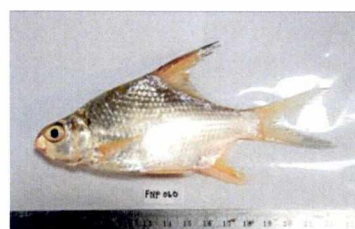
FNP057 *Kryptopterus cheveyi*



FNP058 *Acantopsis* sp.



FNP059 *Clarias batrachus*



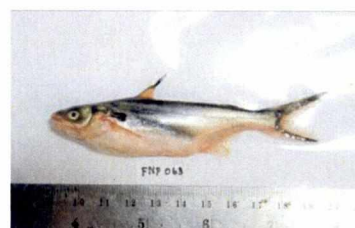
FNP060 *Puntiplites falcifer*



FNP061 *Clarias macrocephalus*



FNP062 *Cosmochilus harmandi*



FNP063 *Pangasius larnaudii*

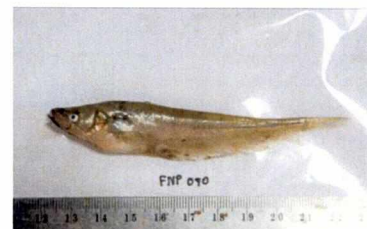


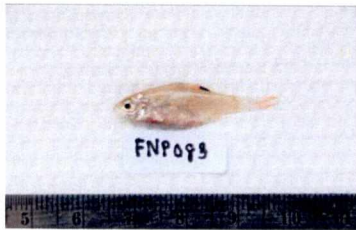
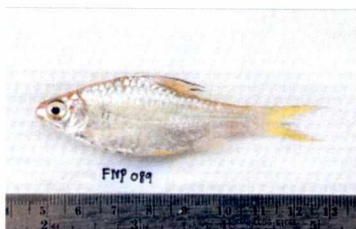
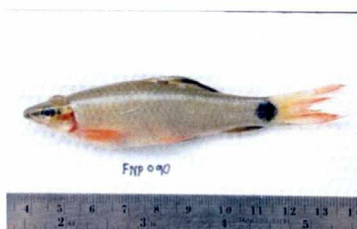
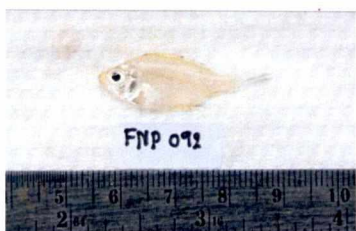
FNP064 *Pao suvattii*

ภาพที่ 5.5 (ต่อ)



FNP065

FNP066 *Pseudomystus*
siamensisFNP067 *Barbonymus altus*FNP068 *Thynnichthys*
thynnoidesFNP069 *Clarias macrocephalus*FNP070 *Ompok bimaculatus*FNP071 *Ompok bimaculatus*FNP075 *Ompok bimaculatus*FNP076 *Macrognathus*
siamensisFNP077 *Amblypharyngodon* sp.FNP078 *Trichopsis schalleri*FNP079 *Lepidocephalichthys*
sp.FNP080 *Xenentodon* sp.FNP081 *Rasbora borapetensis*FNP082 *Clarias macrocephalus*

FNP083 *Barbonymus altus*FNP084 *Cyclocheilichthys enoplos*FNP085 *Parachela williaminae*FNP086 *Esomus metallicus*FNP087 *Esomus metallicus*FNP088 *Mystacoleucus marginatus*FNP089 *Mystacoleucus marginatus*FNP090 *Epalzeorhynchus frenatus*FNP091 *Parambassis ranga*FNP092 *Parambassis ranga*FNP093 *Puntioplites falcifer*FNP094 *Cyclocheilichthys enoplos*FNP095 *Nandus oxyrhynchus*FNP096 *Epalzeorhynchus frenatus*FNP097 *Hemibagrus wyckiioides*

ภาพที่ 5.5 (ต่อ)



FNP098 *Trichopodus*
trichopterus



FNP099 *Bagarius* sp.



FNP100 *Hemibagrus*
wyckioides



FNP101 *Parambassis ranga*



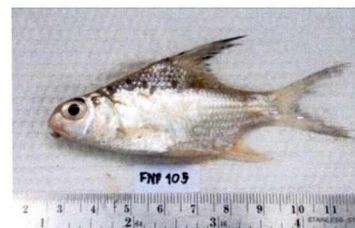
FNP102 *Mastacembelus favus*



FNP103 *Mystacoleucus marginatus*



FNP104 *Mystacoleucus marginatus*



FNP105 *Puntioplites falcifer*



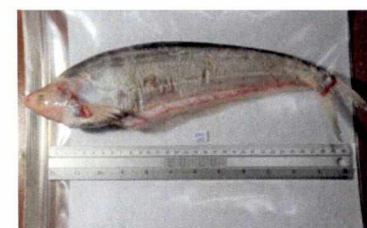
FNP106



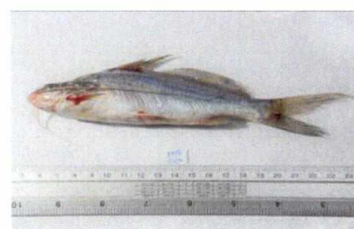
FNP107 *Phalacronotus apogon*



FNP108 *Phalacronotus apogon*



FNP109 *Hemisilurus*
mekongensis



FNP110 *Mystus singaringan*

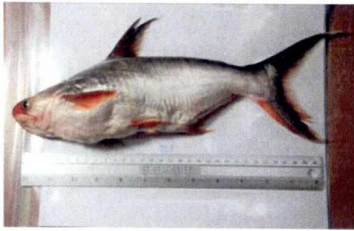


FNP112 *Bagarius yarrelli*

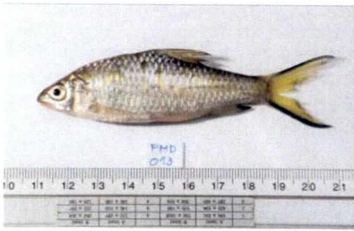
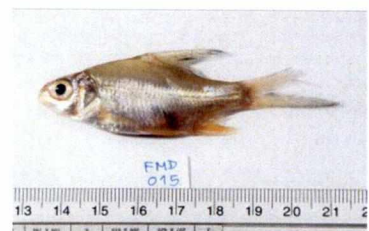
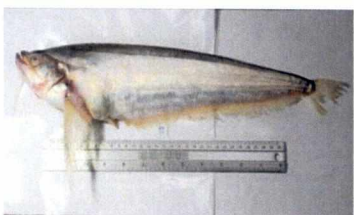
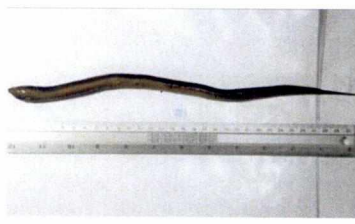
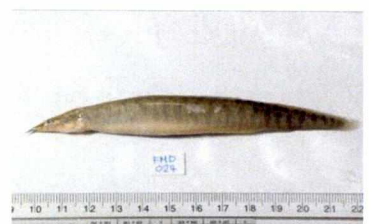


FNP113 *Hemibagrus* sp.

ภาพที่ 5.5 (ต่อ)

FNP114 *Pangasius larnaudii*FNP115 *Mystacoleucus marginatus*

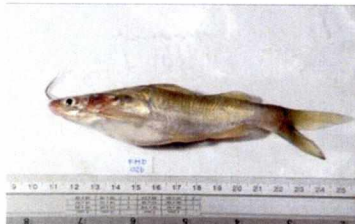
FNP117

FNP119 *Poropuntius normani*FNP120 *Puntius falcifer*FNP121 *Puntius falcifer*FNP122 *Anabas testudineus*FNP123 *Anabas testudineus*FNP124 *Cosmochilus harmandi*FNP125 *Belodontichthys truncatus*FNP126 *Pangasius conchophilus*FNP127 *Barbonymus schwanenfeldii*FNP128 *Macrogathus semiocellatus*FNP129 *Monoptychus albus*FNP130 *Macrogathus semiocellatus*

ภาพที่ 5.5 (ต่อ)



FNP131 *Macrognathus*
siamensis



FNP132 *Mystus mysticetus*



FNP133 *Ompok bimaculatus*



FNP134 *Osteochilus vittatus*



FNP135 *Osteochilus lini*



FNP136 *Barbonymus altus*



FNP137 *Barbonymus altus*



FNP138 *Oreochromis niloticus*



FNP139 *Notopterus notopterus*



FNP140 *Oxyeleotris marmorata*



FNP141 *Hampala dispar*



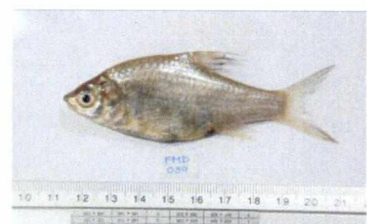
FNP142 *Mystus mysticetus*



FNP143 *Macrognathus*
siamensis

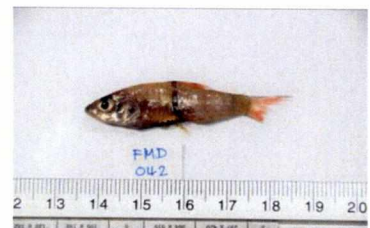


FNP144 *Trichopodus pectoralis*

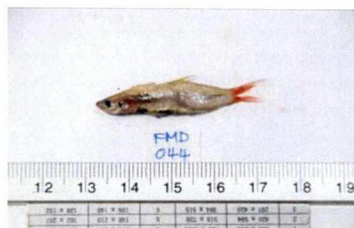
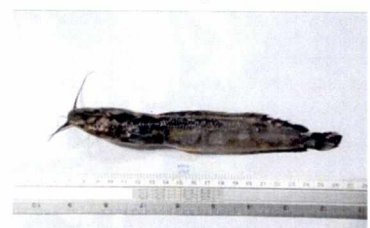


FNP145 *Barbonymus*
gonionotus

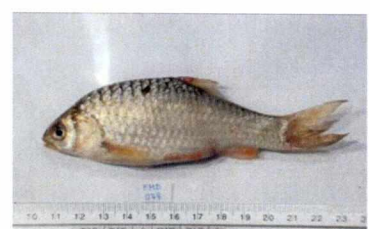
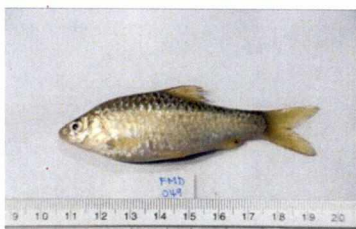
ภาพที่ 5.5 (ต่อ)

FNP146 *Parambassis ranga*FNP147 *Esomus metallicus*

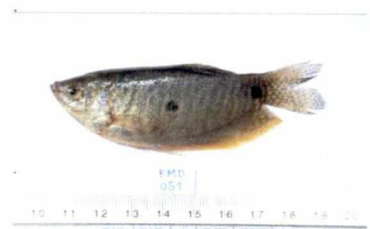
FNP148

Hampala macrolepidotaFNP149 *Hampala dispar*FNP150 *Rasbora borapetensis*FNP151 *Clarias batrachus*FNP152 *Anabas testudineus*

FNP153

FNP154 *Systomus rubripinnis*

FNP155

FNP156 *Oreochromis niloticus*FNP157 *Trichopodus trichopterus*

ภาพที่ 5.5 (ต่อ)

ตาราง 5.4 รายการหมายเลขตัวอย่างที่สำรวจพบในลุ่มแม่น้ำโขงเขตจังหวัดสกลนคร จังหวัดนครพนม จังหวัดมุกดาหารและ Accession Number สำหรับจีน COI

หมายเลขตัวอย่าง	ชื่อท้องถิ่น	ชื่อวิทยาศาสตร์	วงศ์	สถานที่เก็บตัวอย่าง	GenBank Accession No.
FNPO01	ปลาบึก	<i>Pangasianodon gigas</i>	Pangasiidae	ตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.สกลนคร	MK448067
FNPO02	ปลาจีน	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	Cyprinidae	ตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.สกลนคร	MK448068
FNPO03	ปลาบู่ทราย	<i>Oxyeleotris marmorata</i>	Eleotridae	ตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.สกลนคร	MK448069
FNPO04	ปลาบู่ทราย	<i>Oxyeleotris marmorata</i>	Eleotridae	ตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.สกลนคร	MK448070
FNPO05	ปลาสะแกง/ปลากระมัง	<i>Puntioptiles proctozystron</i>	Cyprinidae	ตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.สกลนคร	MK448071
FNPO06	ปลาสะแกง/ปลากระมัง	<i>Puntioptiles proctozystron</i>	Cyprinidae	ตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.สกลนคร	MK448072
FNPO07	ปลาอีเท/ปลาสร้อยนกเขา	<i>Osteochilus vittatus</i>	Cyprinidae	ตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.สกลนคร	MK448073
FNPO08	ปลาอีเท/ปลาสร้อยนกเขา	<i>Osteochilus vittatus</i>	Cyprinidae	ตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.สกลนคร	MK448074
FNPO09	ปลาอีเท/ปลาสร้อยนกเขา	<i>Osteochilus vittatus</i>	Cyprinidae	ตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.สกลนคร	MK448075
FNPO10	ปลากระสับจุด	<i>Hampala dispar</i>	Cyprinidae	ตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.สกลนคร	MK448076
FNPO11	ปลากระสับจุด	<i>Hampala dispar</i>	Cyprinidae	ตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.สกลนคร	MK448077
FNPO12	ปลาตะเพียนทราย	<i>Puntius brevis</i>	Cyprinidae	ตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.สกลนคร	MK448078
FNPO13	ปลาอีเท/ปลาสร้อยนกเขา	<i>Osteochilus vittatus</i>	Cyprinidae	ตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.สกลนคร	MK448079
FNPO14	ปลาหมอช้างเหยียบ	<i>Pristolepis fasciata</i>	Pristoleptidae	ตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.สกลนคร	MK448080
FNPO15	ปลานิลลอกแดง	<i>Coptodon rendalli</i>	Cichlidae	ตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.สกลนคร	MK448081
FNPO16	ปลาโจก	<i>Cyclocheilichthys armatus</i>	Cyprinidae	ตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.สกลนคร	MK448082

ตาราง 5.4 (ต่อ)

หมายเลขตัวอย่าง	ชื่อท้องถิ่น	ชื่อวิทยาศาสตร์	วงศ์	สถานที่เก็บตัวอย่าง	GenBank Accession No.
FNPO17	ปลาสร้อยลูกกล้วยลาย	<i>Labiobarbus lineatus</i>	Cyprinidae	ตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.สกลนคร	MK4448083
FNPO18	ปลาตุ้มขี้	<i>Nandus oxyrhynchus</i>	Nandidae	ตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.สกลนคร	MK4448084
FNPO19	ปลาชะโงน	<i>Ompok bimaculatus</i>	Siluridae	ตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.สกลนคร	MK4448085
FNPO20	ปลาชะโงน	<i>Ompok bimaculatus</i>	Siluridae	ตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.สกลนคร	MK4448086
FNPO21	ปลาน้ำเงิน	<i>Phalacronotus apogon</i>	Siluridae	ตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.สกลนคร	MK4448087
FNPO22	ปลากระทุงเหว	<i>Xenentodon</i> sp.	Belonidae	ตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.สกลนคร	ไม่สามารถสกัดดีเอ็นเอได้
FNPO23	ปลากระทุงเหว	<i>Xenentodon</i> sp.	Belonidae	ตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.สกลนคร	ไม่สามารถสกัดดีเอ็นเอได้
FNPO24	ปลาหลดจุด	<i>Macrogynathus siamensis</i>	Mastacembelidae	ตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.สกลนคร	MK4448088
FNPO25	ปลากทราย	<i>Chitala ornata</i>	Notopteridae	ตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.สกลนคร	MK4448089
FNPO26	ปลาตะกাক	<i>Cosmochilus harmandi</i>	Cyprinidae	ตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.สกลนคร	MK4448090
FNPO27	ปลาสุลาต	<i>Notopterus notopterus</i>	Notopteridae	ตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.สกลนคร	MK4448091
FNPO28	ปลาแขยงข้างลาย	<i>Mystus mysticetus</i>	Bagridae	ตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.สกลนคร	MK4448092
FNPO29	ปลาแปบ		Cyprinidae	ตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.สกลนคร	ไม่สามารถระบุชนิดได้
FNPO30	ปลายอนปลาสังกะว้าง	<i>Pangasius elongatus</i>	Pangasidae	ตลาดสุขาภิบาลนาแก อ.นาแก จ.นครพนม	MK4448093
FNPO31	ปลาช่อน	<i>Channa striata</i>	Channidae	ตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.สกลนคร	MK4448094
FNPO32	ปลาช่อน	<i>Channa striata</i>	Channidae	ตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.สกลนคร	MK4448095

ตาราง 5.4 (ต่อ)

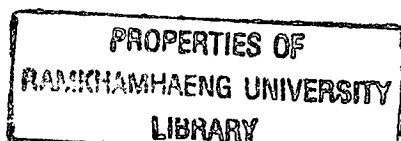
หมายเลขตัวอย่าง	ชื่อท้องถิ่น	ชื่อวิทยาศาสตร์	วงศ์	สถานที่เก็บตัวอย่าง	GenBank Accession No.
FNPO33	ปลากริม	<i>Trichopsis cf. vittata</i>	Osphronemidae	ตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.สกลนคร	MK448096
FNPO34	ปลาช่อน	<i>Channa striata</i>	Channidae	ตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.สกลนคร	MK448097
FNPO35	ปลาเลียบมีอนางแม่โขง	<i>Crossocheilus atrilimes</i>	Cyprinidae	ตลาดคลองอัมสึมพู อ.นาแก จ.นครพนม	MK448098
FNPO36	ปลาสร้อยหน้าหมอง	<i>Osteochilus lini</i>	Cyprinidae	ตลาดคลองอัมสึมพู อ.นาแก จ.นครพนม	MK448099
FNPO37	ปลาชีว	<i>Amblypharyngodon</i> sp.	Cyprinidae	ตลาดคลองอัมสึมพู อ.นาแก จ.นครพนม	-
FNPO38	ปลาชีวก้าว	<i>Clupeichthys aesarnensis</i>	Clupeidae	ตลาดคลองอัมสึมพู อ.นาแก จ.นครพนม	MK448100
FNPO39	ปลาชีวหางแดง	<i>Rasbora borapetensis</i>	Cyprinidae	ตลาดคลองอัมสึมพู อ.นาแก จ.นครพนม	MK448101
FNPO40	ปลาชีวหางแดง	<i>Rasbora borapetensis</i>	Cyprinidae	ตลาดคลองอัมสึมพู อ.นาแก จ.นครพนม	MK448102
FNPO41	ปลาช่อน	<i>Channa striata</i>	Channidae	ตลาดคลองอัมสึมพู อ.นาแก จ.นครพนม	MK448103
FNPO42	ปลาอีโห/ปลาสร้อยนกเขา	<i>Osteochilus vittatus</i>	Cyprinidae	ตลาดคลองอัมสึมพู อ.นาแก จ.นครพนม	MK448104
FNPO43	ปลาแก้มช้ำ	<i>Systemus rubripinnis</i>	Cyprinidae	ตลาดคลองอัมสึมพู อ.นาแก จ.นครพนม	MK448105
FNPO44	ปลาแก้มช้ำ	<i>Systemus rubripinnis</i>	Cyprinidae	ตลาดคลองอัมสึมพู อ.นาแก จ.นครพนม	MK448106
FNPO45	ปลาสร้อยครีบบัสม	<i>Henicorhynchus ornatiipinnis</i>	Cyprinidae	ตลาดคลองอัมสึมพู อ.นาแก จ.นครพนม	MK448107
FNPO46	ปลากต	<i>Hemibagrus</i> sp.	Bagridae	ตลาดคลองอัมสึมพู อ.นาแก จ.นครพนม	ไม่สามารถระบุชนิดได้
FNPO47	ปลาเขยงข้างลาย	<i>Mystus mysticetus</i>	Bagridae	ตลาดคลองอัมสึมพู อ.นาแก จ.นครพนม	MK448108

ตาราง 5.4 (ต่อ)

หมายเลขตัวอย่าง	ชื่อท้องถิ่น	ชื่อวิทยาศาสตร์	วงศ์	สถานที่เก็บตัวอย่าง	GenBank Accession No.
FNPO48	ปลาช่อน	<i>Channa striata</i>	Channidae	ตลาดคลองถมสี่หมื่น อ.นาแก จ.นครพนม	MK448109
FNPO49	ปลาหลดจุด	<i>Macrogynathus siamensis</i>	Mastacembelidae	ตลาดคลองถมสี่หมื่น อ.นาแก จ.นครพนม	MK448110
FNPO50	ปลายอนปลาสะก๊วตเหลือง	<i>Pangasius macronema</i>	Pangasidae	ตลาดคลองถมสี่หมื่น อ.นาแก จ.นครพนม	MK448111
FNPO51	ปลาอู่ปลาตากดำ	<i>Labeo chrysophekadion</i>	Cyprinidae	ตลาดคลองถมสี่หมื่น อ.นาแก จ.นครพนม	MK448112
FNPO52	ปลาเทโพ	<i>Pangasius lamarudii</i>	Pangasidae	ตลาดสดเทศบาล 1 อ.อากาศอำนวย จ.สกลนคร	MK448113
FNPO53	ปลากระสุนขี้ติ	<i>Hampala macrolepidota</i>	Cyprinidae	ตลาดสดเทศบาล 1 อ.อากาศอำนวย จ.สกลนคร	ไม่สามารถสกัดดีเอ็นเอได้
FNPO54	ปลากะทิง	<i>Mastacembelus favus</i>	Mastacembelidae	ตลาดสดเทศบาล 1 อ.อากาศอำนวย จ.สกลนคร	
FNPO55	ปลาแขยงใบข้าว	<i>Mystus singaringan</i>	Bagridae	ตลาดสดเทศบาล 1 อ.อากาศอำนวย จ.สกลนคร	MK448115
FNPO56	ปลาแขยงธง	<i>Mystus bocourti</i>	Bagridae	ตลาดสดเทศบาล 1 อ.อากาศอำนวย จ.สกลนคร	MK448116
FNPO57	ปลาข่าไก่	<i>Kryptopterus cheveyi</i>	Siluridae	ตลาดสดเทศบาล 1 อ.อากาศอำนวย จ.สกลนคร	MK448117
FNPO58	ปลารากกล้วย	<i>Acanthopsis</i> sp.	Cobitidae	ตลาดสดเทศบาล 1 อ.อากาศอำนวย จ.สกลนคร	-
FNPO59	ปลาตุ๊กตาน	<i>Clarias batrachus</i>	Clariidae	ตลาดสดเทศบาล 1 อ.อากาศอำนวย จ.สกลนคร	MK448118
FNPO60	ปลากะมังครีบสูง	<i>Puntius falcifer</i>	Cyprinidae	ตลาดสดเทศบาล 1 อ.อากาศอำนวย จ.สกลนคร	MK448119
FNPO61	ปลาตุ๊กต	<i>Clarias macrocephalus</i>	Clariidae	ตลาดสดเทศบาล 1 อ.อากาศอำนวย จ.สกลนคร	MK448120
FNPO62	ปลาตะกาก	<i>Cosmochilus harmandi</i>	Cyprinidae	ตลาดศรีสงคราม อ.ศรีสงคราม จ.นครพนม	MK448121
FNPO63	ปลาเทโพ	<i>Pangasius lamarudii</i>	Pangasidae	ตลาดศรีสงคราม อ.ศรีสงคราม จ.นครพนม	MK448122

ตาราง 5.4 (ต่อ)

หมายเลขตัวอย่าง	ชื่อท้องถิ่น	ชื่อวิทยาศาสตร์	วงศ์	สถานที่เก็บตัวอย่าง	GenBank Accession No.
FNPO64	ปลาปากเป็ดขาว	<i>Pao suvattii</i>	Tetraodontidae	ตลาดศรีสงคราม อ.ศรีสงคราม จ.นครพนม	MK448123
FNPO65	ปลาแขยง	-	Bagridae	ตลาดศรีสงคราม อ.ศรีสงคราม จ.นครพนม	ไม่สามารถระบุชนิดได้
FNPO66	ปลาแขยงหิน	<i>Pseudomystus siamensis</i>	Bagridae	ตลาดศรีสงคราม อ.ศรีสงคราม จ.นครพนม	MK448124
FNPO67	ปลาตะเพียนทอง	<i>Barbonymus altus</i>	Cyprinidae	ตลาดศรีสงคราม อ.ศรีสงคราม จ.นครพนม	MK448125
FNPO68	ปลาเกล็ดถี่	<i>Thynnichthys thynnoides</i>	Cyprinidae	ตลาดศรีสงคราม อ.ศรีสงคราม จ.นครพนม	MK448126
FNPO69	ปลาดุกอูย	<i>Clarias macrocephalus</i>	Clariidae	ตลาดศรีสงคราม อ.ศรีสงคราม จ.นครพนม	MK448127
FNPO70	ปลาชะโงน	<i>Ompok bimaculatus</i>	Siluridae	ตลาดศรีสงคราม อ.ศรีสงคราม จ.นครพนม	MK448128
FNPO71	ปลาชะโงน	<i>Ompok bimaculatus</i>	Siluridae	ตลาดศรีสงคราม อ.ศรีสงคราม จ.นครพนม	MK448129
FNPO72	ปลาเค้าขาว	<i>Wallago attu</i>	Siluridae	ตลาดสดเทศบาล 1 อ.อากาศอำนวย จ.สกลนคร	MK448130
FNPO73	ปลาเค้าดำ	<i>Wallago micropogon</i>	Siluridae	ตลาดสดเทศบาล 1 อ.อากาศอำนวย จ.สกลนคร	MK448131
FNPO74	Unknown	-	-	ตลาดสดเทศบาล 1 อ.อากาศอำนวย จ.สกลนคร	ไม่สามารถสกัดดีเอ็นเอได้
FNPO75	ปลาชะโงน	<i>Ompok bimaculatus</i>	Siluridae	ตลาดสดเทศบาล 1 อ.อากาศอำนวย จ.สกลนคร	MK448132
FNPO76	ปลาหลดจุด	<i>Macrogathus siamensis</i>	Mastacembelidae	ตลาดสดเทศบาล 1 อ.อากาศอำนวย จ.สกลนคร	MK448133
FNPO77	ปลาฉิว	<i>Amblypharyngodon</i> sp.	Cyprinidae	ตลาดสดเทศบาล 1 อ.อากาศอำนวย จ.สกลนคร	-
FNPO78	ปลากริมอีลาน	<i>Trichopsis schalleri</i>	Osphronemidae	ตลาดศรีสงคราม อ.ศรีสงคราม จ.นครพนม	MK448134
FNPO79	ปลาอีต	<i>Lepidocephalichthys</i> sp.	Cobitidae	ตลาดศรีสงคราม อ.ศรีสงคราม จ.นครพนม	-



ตาราง 5.4 (ต่อ)

หมายเลขตัวอย่าง	ชื่อท้องถิ่น	ชื่อวิทยาศาสตร์	วงศ์	สถานที่เก็บตัวอย่าง	GenBank Accession No.
FNPO80	ปลากระทุงเหว	<i>Xenentodon</i> sp.	Belontiidae	ตลาดศรีสงคราม อ.ศรีสงคราม จ.นครพนม	ไม่สามารถสกัดดีเอ็นเอได้
FNPO81	ปลาคีรีหางแดง	<i>Rasbora borapetensis</i>	Cyprinidae	ตลาดสดเทศบาล 1 อ.อากาศอำนวย จ.สกลนคร	MK448135
FNPO82	ปลาดุกอุย	<i>Clarias macrocephalus</i>	Clariidae	ตลาดสดเทศบาล 1 อ.อากาศอำนวย จ.สกลนคร	MK448136
FNPO83	ปลาดะเพียนทอง	<i>Barbonymus altus</i>	Cyprinidae	ตลาดลาว อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	MK448137
FNPO84	ปลาดะโกก	<i>Cyclocheilichthys enoplos</i>	Cyprinidae	ตลาดลาว อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	MK448138
FNPO85	ปลาแปเป	<i>Parachela williaminae</i>	Cyprinidae	ตลาดลาว อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	MK448139
FNPO86	ปลาคีรีหนวดยาว	<i>Esomus metallicus</i>	Cyprinidae	ตลาดลาว อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	MK448140
FNPO87	ปลาคีรีหนวดยาว	<i>Esomus metallicus</i>	Cyprinidae	ตลาดลาว อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	MK448141
FNPO88	ปลาหนามหลัง	<i>Mystacoleucus marginatus</i>	Cyprinidae	ตลาดลาว อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	MK448142
FNPO89	ปลาหนามหลัง	<i>Mystacoleucus marginatus</i>	Cyprinidae	ตลาดลาว อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	MK448143
FNPO90	ปลาเขี้ยวแก้วปลาแดง	<i>Epalzeorhynchus frenatus</i>	Cyprinidae	ตลาดลาว อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	MK448144
FNPO91	ปลาแป้นแก้วรังกา	<i>Parambassis ranga</i>	Ambassidae	ตลาดลาว อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	MK448145
FNPO92	ปลาแป้นแก้วรังกา	<i>Parambassis ranga</i>	Ambassidae	ตลาดลาว อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	MK448146
FNPO93	ปลากระมังศรีบสูง	<i>Puntioptiles falcifer</i>	Cyprinidae	ตลาดลาว อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	MK448147
FNPO94	ปลาดะโกก	<i>Cyclocheilichthys enoplos</i>	Cyprinidae	ตลาดลาว อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	MK448148
FNPO95	ปลาดุมซี	<i>Nandus oxyrinchus</i>	Nandidae	ตลาดลาว อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	MK448149

ตาราง 5.4 (ต่อ)

หมายเลขตัวอย่าง	ชื่อท้องถิ่น	ชื่อวิทยาศาสตร์	วงศ์	สถานที่เก็บตัวอย่าง	GenBank Accession No.
FN096	ปลาเขียว กล้วยปลาแกง	<i>Epalzeorhynchus frenatus</i>	Cyprinidae	ตลาดลาว อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	MK448150
FN097	ปลากด้าง/ปลากดแก้ว	<i>Hemibagrus wyckoides</i>	Bagridae	ตลาดลาว อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	MK448151
FN098	ปลากะเดียด/ปลากะต๊ะหม้อ	<i>Trichopodus trichopterus</i>	Osphronemidae	ตลาดลาว อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	MK448152
FN099	ปลาแค้	<i>Bagarius</i> sp.	Sisoridae	ตลาดลาว อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	--
FN100	ปลากด้าง/ปลากดแก้ว	<i>Hemibagrus wyckoides</i>	Bagridae	ตลาดลาว อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	MK448153
FN101	ปลาแก้วปลาแป้นแก้วรังกา	<i>Parambassis ranga</i>	Ambassidae	ตลาดลาว อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	MK448154
FN102	ปลากะทิงลาย	<i>Mastacembelus favus</i>	Mastacembelidae	ตลาดลาว อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	MK448155
FN103	ปลาหนามหลัง	<i>Mystacoleucus marginatus</i>	Cyprinidae	ตลาดลาว อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	MK448156
FN104	ปลาหนามหลัง	<i>Mystacoleucus marginatus</i>	Cyprinidae	ตลาดลาว อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	MK448157
FN105	ปลากะมังคร์บสูง	<i>Puntioplites falcifer</i>	Cyprinidae	ตลาดลาว อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	MK448158
FN106	Unknown			ตลาดลาว อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	ไม่สามารถระบุชนิดได้
FN107	ปลาน้ำเงิน	<i>Phalacronotus apogon</i>	Siluridae	ตลาดพรเพชร อ.เมือง จ.มุกดาหาร	MK448159
FN108	ปลาน้ำเงิน	<i>Phalacronotus apogon</i>	Siluridae	ตลาดพรเพชร อ.เมือง จ.มุกดาหาร	MK448160
FN109	ปลาตังแดง	<i>Hemisilurus mekongensis</i>	Siluridae	ตลาดพรเพชร อ.เมือง จ.มุกดาหาร	MK448161
FN110	ปลาเขย่งใบข้าว	<i>Mystus singaringan</i>	Bagridae	ตลาดพรเพชร อ.เมือง จ.มุกดาหาร	MK448162
FN111	ปลากดดำ	<i>Hemibagrus wyckii</i>	Bagridae	ตลาดพรเพชร อ.เมือง จ.มุกดาหาร	ไม่สามารถสกัดดีเอ็นเอได้

ตาราง 5.4 (ต่อ)

หมายเลขตัวอย่าง	ชื่อท้องถิ่น	ชื่อวิทยาศาสตร์	วงศ์	สถานที่เก็บตัวอย่าง	GenBank Accession No.
FPN112	ปลาแคยักซ์	<i>Bagarius yarrelli</i>	Sisoridae	ตลาดพรเพชร อ.เมือง จ.มุกดาหาร	MK448163
FPN113	ปลากด	<i>Hemibagrus</i> sp.	Bagridae	ตลาดพรเพชร อ.เมือง จ.มุกดาหาร	ไม่สามารถระบุชนิดได้
FPN114	ปลาเทโพ	<i>Pangasius lamarudii</i>	Pangasiidae	ตลาดพรเพชร อ.เมือง จ.มุกดาหาร	MK448164
FPN115	ปลาหนามหลัง	<i>Mystacoleucus marginatus</i>	Cyprinidae	ตลาดพรเพชร อ.เมือง จ.มุกดาหาร	MK448165
FPN116	ปลาหนามหลัง	<i>Mystacoleucus marginatus</i>	Cyprinidae	ตลาดพรเพชร อ.เมือง จ.มุกดาหาร	MK448166
FPN117	Unknown			ตลาดพรเพชร อ.เมือง จ.มุกดาหาร	ไม่สามารถระบุชนิดได้
FPN118	ปลาแค (น้ำโขง)/ปลาแคยักซ์	<i>Bagarius yarrelli</i>	Sisoridae	ตลาดพรเพชร อ.เมือง จ.มุกดาหาร	MK448167
FPN119	ปลาจาดทอง	<i>Poropuntius normani</i>	Cyprinidae	ตลาดพรเพชร อ.เมือง จ.มุกดาหาร	MK448168
FPN120	ปลากระมังครีบสูง	<i>Puntioplites falcifer</i>	Cyprinidae	ตลาดพรเพชร อ.เมือง จ.มุกดาหาร	MK448169
FPN121	ปลากระมังครีบสูง	<i>Puntioplites falcifer</i>	Cyprinidae	ตลาดพรเพชร อ.เมือง จ.มุกดาหาร	MK448170
FPN122	ปลาหมอ	<i>Anabas testudineus</i>	Anabantidae	ตลาดพรเพชร อ.เมือง จ.มุกดาหาร	MK448171
FPN123	ปลาหมอ	<i>Anabas testudineus</i>	Anabantidae	ตลาดพรเพชร อ.เมือง จ.มุกดาหาร	MK448172
FPN124	ปลาตะกาก	<i>Cosmochilus harmandi</i>	Cyprinidae	ตลาดพรเพชร อ.เมือง จ.มุกดาหาร	MK448173
FPN125	ปลาเบียว/ปลาคางเบือน	<i>Belodontichthys truncatus</i>	Siluridae	ตลาดพรเพชร อ.เมือง จ.มุกดาหาร	MK448174
FPN126	ปลาโม่ง/ปลาเผาะ	<i>Pangasius conchophilus</i>	Pangasiidae	ตลาดพรเพชร อ.เมือง จ.มุกดาหาร	MK448175
FPN127	ปลากระแห	<i>Barbonymus schwanenfeldii</i>	Cyprinidae	ตลาดสดเทศบาลมุกดาหาร จ.มุกดาหาร	MK448176

ตาราง 5.4 (ต่อ)

หมายเลขตัวอย่าง	ชื่อท้องถิ่น	ชื่อวิทยาศาสตร์	วงศ์	สถานที่เก็บตัวอย่าง	GenBank Accession No.
FNIP128	ปลาหลดลายจุด	<i>Macrogynathus semiocellatus</i>	<i>Mastacembelidae</i>	ตลาดสดเทศบาลเมืองตาก จ.มุกดาหาร	MK44817
FNIP129	ปลาไหลนา	<i>Monopterus albus</i>	<i>Synbranchidae</i>	ตลาดสดเทศบาลเมืองตาก จ.มุกดาหาร	MK448178
FNIP130	ปลาหลดลายจุด	<i>Macrogynathus semiocellatus</i>	<i>Mastacembelidae</i>	ตลาดสดเทศบาลเมืองตาก จ.มุกดาหาร	MK448179
FNIP131	ปลาหลดจุด	<i>Macrogynathus siamensis</i>	<i>Mastacembelidae</i>	ตลาดสดเทศบาลเมืองตาก จ.มุกดาหาร	MK448180
FNIP132	ปลาเขย่งข้างลาย	<i>Mystus mysticetus</i>	<i>Bagridae</i>	ตลาดสดเทศบาลเมืองตาก จ.มุกดาหาร	MK448181
FNIP133	ปลาชะโอน	<i>Ompok bimaculatus</i>	<i>Siluridae</i>	ตลาดสดเทศบาลเมืองตาก จ.มุกดาหาร	MK448182
FNIP134	ปลาอีเท	<i>Osteochilus vittatus</i>	<i>Cyprinidae</i>	ตลาดสดเทศบาลเมืองตาก จ.มุกดาหาร	MK448183
FNIP135	ปลาสร้อยหน้าหมอง	<i>Osteochilus lini</i>	<i>Cyprinidae</i>	ตลาดสดเทศบาลเมืองตาก จ.มุกดาหาร	MK448184
FNIP136	ปลาตะเพียนทอง	<i>Barbonymus altus</i>	<i>Cyprinidae</i>	ตลาดสดเทศบาลเมืองตาก จ.มุกดาหาร	MK448185
FNIP137	ปลาตะเพียนทอง	<i>Barbonymus altus</i>	<i>Cyprinidae</i>	ตลาดสดเทศบาลเมืองตาก จ.มุกดาหาร	MK448186
FNIP138	ปลานิล	<i>Oreochromis niloticus</i>	<i>Cichlidae</i>	ตลาดสดเทศบาลเมืองตาก จ.มุกดาหาร	MK448187
FNIP139	ปลาสร้อย	<i>Notopterus notopterus</i>	<i>Notopteridae</i>	ตลาดสดเทศบาลเมืองตาก จ.มุกดาหาร	MK448188
FNIP140	ปลาป่นทราย	<i>Oxyeleotris marmorata</i>	<i>Eleotridae</i>	ตลาดสดเทศบาลเมืองตาก จ.มุกดาหาร	MK448189
FNIP141	ปลากระสุนจุด	<i>Hampala dispar</i>	<i>Cyprinidae</i>	ตลาดสดเทศบาลเมืองตาก จ.มุกดาหาร	ไม่สามารถสกัดดีเอ็นเอได้
FNIP142	ปลาเขย่งข้างลาย	<i>Mystus mysticetus</i>	<i>Bagridae</i>	ตลาดสดเทศบาลเมืองตาก จ.มุกดาหาร	MK448190
FNIP143	ปลาหลดจุด	<i>Macrogynathus siamensis</i>	<i>Mastacembelidae</i>	ตลาดสดเทศบาลเมืองตาก จ.มุกดาหาร	MK448191

ตาราง 5.4 (ต่อ)

หมายเลขตัวอย่าง	ชื่อท้องถิ่น	ชื่อวิทยาศาสตร์	วงศ์	สถานที่เก็บตัวอย่าง	GenBank Accession No.
FNIP144	ปลาสลิด	<i>Trichopodus pectoralis</i>	Osphronemidae	ตลาดหนองสูง อ.หนองสูง จ.มุกดาหาร	MK448192
FNIP145	ปลาตะเพียนขาว	<i>Barbonymus gonionotus</i>	Cyprinidae	ตลาดโพนทราย อ.เมือง จ.มุกดาหาร	MK448193
FNIP146	ปลาแป้นแก้วรงกา	<i>Parambassis ranga</i>	Ambassidae	ตลาดโพนทราย อ.เมือง จ.มุกดาหาร	MK448194
FNIP147	ปลาฉิวหนวดยาว	<i>Esomus metallicus</i>	Cyprinidae	ตลาดโพนทราย อ.เมือง จ.มุกดาหาร	MK448195
FNIP148	ปลากระสับขี้ด	<i>Hampala macrolepidota</i>	Cyprinidae	ตลาดโพนทราย อ.เมือง จ.มุกดาหาร	ไม่สามารถสกัดดีเอ็นเอได้
FNIP149	ปลากระสับจุด	<i>Hampala dispar</i>	Cyprinidae	ตลาดโพนทราย อ.เมือง จ.มุกดาหาร	ไม่สามารถสกัดดีเอ็นเอได้
FNIP150	ปลาฉิวหางแดง	<i>Rasbora borapetensis</i>	Cyprinidae	ตลาดโพนทราย อ.เมือง จ.มุกดาหาร	MK448196
FNIP151	ปลาตุ๊กตาน	<i>Clarias batrachus</i>	Clariidae	ตลาดหลังเทศบาลมุกดาหาร จ.มุกดาหาร	MK448197
FNIP152	ปลาหมอ	<i>Anabas testudineus</i>	Anabantidae	ตลาดหลังเทศบาลมุกดาหาร จ.มุกดาหาร	ไม่สามารถสกัดดีเอ็นเอได้
FNIP153	Unknown			ตลาดสดเทศบาลมุกดาหาร จ.มุกดาหาร	ไม่สามารถระบุชนิดได้
FNIP154	ปลาแก้มช้ำ	<i>Systemus rubripinnis</i>	Cyprinidae	ตลาดสดเทศบาลมุกดาหาร จ.มุกดาหาร	MK448198
FNIP155	Unknown			ตลาดสดเทศบาลมุกดาหาร จ.มุกดาหาร	ไม่สามารถระบุชนิดได้
FNIP156	ปลานิล	<i>Oreochromis niloticus</i>	Cichlidae	ตลาดสดเทศบาลมุกดาหาร จ.มุกดาหาร	MK448199
FNIP157	ปลากระดี่หม้อ	<i>Trichopodus trichopterus</i>	Osphronemidae	ตลาดสดเทศบาลมุกดาหาร จ.มุกดาหาร	MK448200

5.6 การสร้างเครื่องหมายดีเอ็นเอบาร์โค้ด

เมื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องของการระบุชนิดจากทั้งวิธีการใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาและดีเอ็นเอแล้ว ข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ของตัวอย่างที่ระบุชนิดได้ถูกต้องนำมาผ่านกระบวนการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบยืนยันความถูกต้องโดยละเอียดอีกครั้งแล้วนำส่งเข้าฐานข้อมูล GenBank เพื่อใช้อ้างอิงและใช้ในการระบุชนิดปลาน้ำจืดของประเทศไทยในการศึกษาครั้งต่อไปซึ่งได้ลำดับนิวคลีโอไทด์ของตัวอย่างที่นำเข้าสู่ฐานข้อมูลทั้งหมด 134 ตัวอย่าง จำแนกเป็น 65 ชนิด 19 วงศ์ ในจำนวนนี้มี 5 ชนิด 6 ตัวอย่าง ที่ยังไม่เคยมีข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ของบริเวณจีน COI ในฐานข้อมูล (ตาราง 5.5) ซึ่งการนำเข้าครั้งนี้เป็นข้อมูลใหม่ ได้แก่ ปลาขี้ตัง *Kryptopterus cheveyi* ปลาเค้าดำ *Wallago micropogon* ปลาดุกมณี *Nandus oxyrhynchus* ปลาดังแดง *Hemisilurus mekongensis* และปลาเปี้ยว *Belodontichthys truncatus*

ตาราง 5.5 รายการชนิดปลาที่ยังไม่เคยมีลำดับนิวคลีโอไทด์ของบริเวณจีน COI ในฐานข้อมูล

ลำดับที่	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อไทย	GenBank Accession No.
1	<i>Kryptopterus cheveyi</i>	ปลาขี้ตัง	MK448117
2	<i>Wallago micropogon</i>	ปลาเค้าดำ	MK448131
3	<i>Nandus oxyrhynchus</i>	ปลาดุกมณี	MK448084, MK448149
4	<i>Hemisilurus mekongensis</i>	ปลาดังแดง	MK448161
5	<i>Belodontichthys truncatus</i>	ปลาเปี้ยว	MK448174

บทที่ 6

สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

6.1 ประสิทธิภาพของการระบุชนิดปลาด้วยการใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอบาร์โค้ด

การสำรวจและเก็บตัวอย่างปลาในลุ่มแม่น้ำโขง เขตจังหวัดสกลนคร จังหวัดนครพนม และจังหวัดมุกดาหารโดยการสำรวจปลาที่ชาวประมงจับได้แล้วนำมาขายที่ตลาดท้องถิ่น จำนวน 157 ตัวอย่าง ส่วนใหญ่พบเฉพาะปลาที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจหรือเป็นปลาที่นิยมบริโภค โดยสามารถระบุชนิดด้วยวิธีทางสัณฐานวิทยาได้ 119 ตัวอย่าง จาก 157 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 75.80 มี 56 ชนิด เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลล่าสุดที่ได้จากการสืบค้นในฐานข้อมูล FishBase.org (Froese and Pauly, 2018) ปลาทุกชนิดที่สำรวจพบนั้นปรากฏอยู่ในรายการปลาที่มีรายงานการแพร่กระจายในแถบลุ่มแม่น้ำโขง และเมื่อใช้ข้อมูลในระดับอนุชีวโมเลกุลจากการสร้างดีเอ็นเอบาร์โค้ดบริเวณจีน COI มาระบุชนิดโดยการเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล GenBank และ BOLD สามารถระบุชนิดได้ 135 ตัวอย่าง จาก 157 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 85.99 มี 66 ชนิด การระบุชนิดที่ได้จากทั้งสองวิธีรวมกันสามารถระบุชนิดได้ 141 ตัวอย่าง จาก 157 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 88.81 มี 69 ชนิด จะเห็นได้ว่า เมื่อใช้ข้อมูลทั้งลักษณะสัณฐานวิทยา และข้อมูลดีเอ็นเอมาใช้ในการระบุชนิดส่งผลให้ประสิทธิภาพในการระบุชนิดนั้นเพิ่มขึ้น จากร้อยละ 75.88 ได้ 56 ชนิด เมื่อใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาเพียงอย่างเดียว และร้อยละ 85.99 ได้ 66 ชนิด เมื่อใช้ดีเอ็นเอเพียงอย่างเดียว เป็นร้อยละ 89.81 ได้ 69 ชนิด โดยระบุชนิดได้เพิ่มขึ้นทั้งในด้านจำนวนตัวอย่าง และจำนวนชนิดที่พบด้วย

อย่างไรก็ดี การระบุชนิดด้วยวิธีการใดวิธีการหนึ่งนั้นมีข้อจำกัดที่แตกต่างกันไป การระบุชนิดด้วยลักษณะสัณฐานวิทยานั้น ตัวอย่างที่ได้มาจำเป็นต้องมีลักษณะทางอนุกรมวิธานที่ครบถ้วน ผู้ศึกษาจำเป็นต้องมีความเชี่ยวชาญในการระบุชนิดเป็นอย่างดี นอกจากนี้การสืบค้นจากชื่อท้องถิ่นอาจทำให้เกิดความสับสนได้ง่าย เนื่องจากปลาหลายชนิดมีชื่อพ้องกันหรือต่างกันในแต่ละท้องถิ่น ผู้เชี่ยวชาญเองอาจเชี่ยวชาญกับปลาในแต่ละกลุ่ม ดังนั้นการศึกษาในลักษณะความหลากหลายเชิงพื้นที่ซึ่งต้องทำงานกับปลาหลากหลายกลุ่ม อาจต้องอาศัยผู้ร่วมงานจำนวนมากเพื่อให้ครอบคลุมความหลากหลายทั้งหมด

สำหรับการระบุชนิดด้วยดีเอ็นเอนั้นมีประสิทธิภาพสูง สามารถดำเนินการได้แม้ตัวอย่างไม่สมบูรณ์ หรือผ่านการแปรรูปแล้ว และอาจทำได้โดยไม่ต้องทำให้ตัวอย่างตาย (non-invasive) หากแต่มีข้อจำกัดในเรื่องของดีเอ็นเอเอง นั่นคือ อันดับแรกจะต้องสามารถสกัดดีเอ็นเอที่มีคุณภาพเพียงพอที่จะใช้ทำปฏิกิริยา PCR ได้เสียก่อน และต้องสามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ

บริเวณจีนที่เลือกได้ และที่สำคัญคือ จะต้องต้องมีข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณจีนนั้นของชนิดนั้นๆ ในฐานะข้อมูลเสียก่อน ถึงจะระบุชนิดนั้นได้ หากไม่มี อาจทำให้ไม่สามารถระบุชนิดของตัวอย่าง หรือระบุชนิดผิดพลาดได้ นอกจากนี้ การใช้ดีเอ็นเอนั้น กระบวนการหรือขั้นตอนต่างๆ มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง หากจำนวนตัวอย่างมีจำนวนมากทำให้สิ้นเปลืองงบประมาณมาก

แนวทางในการระบุชนิดของปลา หรือสิ่งมีชีวิตในการศึกษาความหลากหลายเชิงพื้นที่ที่ต้องมีการสำรวจและเก็บตัวอย่างจำนวนมาก อันดับแรกควรดำเนินการระบุชนิดด้วยวิธีการทางสัณฐานวิทยาสำหรับตัวอย่างที่ครบถ้วน สามารถระบุชนิดได้ถูกต้องตามหลักอนุกรมวิธานได้ โดยไม่จำเป็นต้องใช้ดีเอ็นเอ เพื่อเป็นการประหยัดงบประมาณและเวลา สำหรับตัวอย่างที่ไม่แน่ใจหรือไม่สามารถระบุชนิดได้ หรือต้องการตรวจสอบความถูกต้อง ให้ดำเนินการระบุชนิดด้วยดีเอ็นเอต่อไป นอกจากนี้ เพื่อเป็นการเพิ่มข้อมูลให้ครอบคลุมชนิดต่างๆ ให้มากที่สุด ตัวอย่างที่ได้รับการตรวจสอบชื่อวิทยาศาสตร์ว่าถูกต้องตามหลักอนุกรมวิธานแล้ว ควรจัดสร้างดีเอ็นเอบาร์โค้ดแล้วนำเข้าสู่ฐานข้อมูลต่างๆ เพื่อใช้อ้างอิงในการระบุชนิดด้วยดีเอ็นเอในโอกาสต่อไป ในการศึกษาครั้งนี้ได้นำเข้าข้อมูลที่ผ่านการตรวจสอบแล้วจำนวน 134 ชุดเข้าสู่ฐานข้อมูล GenBank ในจำนวนนี้มีข้อมูล 6 ชุด จาก 6 ชนิดที่เป็นข้อมูลใหม่ ยังไม่มีข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณจีน COI ในฐานข้อมูล GenBank มาก่อน

6.2 ปลาน้ำจืดในท้องถิ่นลุ่มน้ำโขงภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

จากการสำรวจและเก็บตัวอย่างปลาน้ำจืดในท้องถิ่นลุ่มน้ำโขง เขตจังหวัดนครพนม จังหวัดสกลนคร และจังหวัดมุกดาหาร พบปลาทั้งหมด 69 ชนิด 19 วงศ์ ได้แก่ 1) วงศ์ Ambassidae 1 ชนิด 2) วงศ์ Anabantidae 1 ชนิด 3) วงศ์ Bagridae 6 ชนิด 4) วงศ์ Channidae 1 ชนิด 5) วงศ์ Cichlidae 2 ชนิด 6) วงศ์ Clariidae 2 ชนิด 7) วงศ์ Clupeidae 1 ชนิด 8) วงศ์ Cyprinidae 27 ชนิด 9) วงศ์ Eleotridae 1 ชนิด 10) วงศ์ Mastacembelidae 3 ชนิด 11) วงศ์ Nandidae 1 ชนิด 12) วงศ์ Notopteridae 2 ชนิด 13) วงศ์ Osphronemidae 4 ชนิด 14) วงศ์ Pangasiidae 5 ชนิด 15) วงศ์ Pristolepididae 1 ชนิด 16) วงศ์ Siluridae 7 ชนิด 17) วงศ์ Sisoridae 1 ชนิด 18) วงศ์ Synbranchidae 1 ชนิด 19) วงศ์ Tetraodontidae 1 ชนิด

เมื่อเทียบกับข้อมูลที่มีรายงานปลาในแม่น้ำโขงซึ่งมีรายงานหลายส่วน เช่น พันธุ์ปลาแม่น้ำโขงตอนล่างจากอำเภอเชียงคานถึงอำเภอปากชม จำนวน 270 ชนิด (ชญาพรพรรณ เมธีธนะวัฒน์ , 2555) พรรณปลาในป่าทามของลุ่มน้ำสงครามตอนล่างจำนวน 125 ชนิด

(เครือข่ายนักวิจัยไต้หวัน กลุ่มน้ำสงครามตอนล่าง, 2548) และ พันธุ์ปลาในห้วยบังกอในช่วงฤดูฝน ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดนครพนมจำนวน 52 ชนิด (ณัฐนันท์ เทียงธรรม และพูลทรัพย์ศิริสานต์, 2554) จะเห็นว่าจำนวนชนิดที่พบในการศึกษารั้งนี้ค่อนข้างน้อย เมื่อเทียบกับข้อมูลที่มีอยู่ก่อนหน้านี้ เนื่องจากขอบเขตการศึกษามุ่งเน้นสำรวจปลาที่มีการใช้ประโยชน์ของชุมชน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นปลาที่นิยมบริโภคและมีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูง ชาวประมงนิยมนำมาขายในตลาดค้าชุมชน และตลาดสดทั่วไปอยู่เป็นประจำ



บทที่ 7

เอกสารอ้างอิง

- เครือข่ายนักวิจัยไต้หวัน กลุ่มน้ำสงครามดอนล่าง. 2548. พันธุ์ปลาในป่าทาม : ความรู้พื้นถิ่นของ
คนหาปลากลุ่มน้ำสงครามดอนล่าง. เชียงใหม่: โครงการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์ความ
หลากหลายทางชีวภาพอย่างยั่งยืนในพื้นที่ชุ่มน้ำลุ่มแม่น้ำโขง.
- ชญาพรรณ เมธีชนันวัฒน์. 2555. พันธุ์ปลาแม่น้ำโขงดอนล่าง จากเชียงคานถึงปากชม.
เชียงใหม่: องค์กรแม่น้ำเพื่อชีวิต.
- ณัฐนันท์ เทียงธรรม และพุลทรัพย์ ศิริสานต์. 2554. การสำรวจพรรณปลาในห้วยบังกอในช่วง
ฤดูฝน ในเขตอำเภอมือง จังหวัดนครพนม. วารสารมหาวิทยาลัยนครพนม, 1(2):16-
23.
- ดุจฤดี ปานพรหมมินทร์. 2556. ดีเอ็นเอบาร์โค้ดในปลาและการประยุกต์ใช้. วารสารนเรศวร
พะเยา, 6(3): 174-184.
- ดุจฤดี ปานพรหมมินทร์ และนนท์ ปานพรหมมินทร์. 2557. ดีเอ็นเอบาร์โค้ดเพื่อการจำแนก
ชนิดปลาวงศ์เลื้อดอ. แก่นเกษตร, 42 (ฉบับพิเศษ 1): 742-748.
- ดุจฤดี ปานพรหมมินทร์ และวิชัย จันทรโค. 2558. ความหลากหลายของปลาและการจำแนก
ชนิดโดยใช้ดีเอ็นเอบาร์โค้ดในน้ำตกธารสวรรค์ อุทยานแห่งชาติภูนาง จังหวัดพะเยา.
แก่นเกษตร, 43 (ฉบับพิเศษ 1): 542-547.
- ดุจฤดี ปานพรหมมินทร์, บุษบง ศรีอ่อนคง และนนท์ ปานพรหมมินทร์. 2556. การจำแนกชนิด
ปลาซีววงศ์ย่อย Rasborinae 12 ชนิด โดยใช้ดีเอ็นเอบาร์โค้ด. แก่นเกษตร, 41 (ฉบับ
พิเศษ 1): 459-465.
- ดุจฤดี ปานพรหมมินทร์, มนต์ดา แดงสิงห์ และนนท์ ปานพรหมมินทร์. 2557. ดีเอ็นเอบาร์โค้ด
เพื่อการจำแนกชนิดปลาหมู 14 ชนิด. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง, 8(2): 20-30.
- ดุจฤดี ปานพรหมมินทร์ และศิริภรณ์ อ่วมเจริญ. 2557. ดีเอ็นเอบาร์โค้ดเพื่อการจำแนกชนิด
ปลาในพื้นที่ปกปักรักษนุกรรมพิช มหาวิทยาลัยพะเยา. วารสารนเรศวรพะเยา, 7(3):
226-232.
- ทิวรัตน์ เถลิงเกียรติลีลา, ศิราณี งอยจันทร์ศรี, อุบลรัตน์ สุนทรรัตน์ และวิระวรรณ ระย่น,
2550. การศึกษารูปแบบการดำรงชีวิตน้ำในตลาดท้องถิ่นในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
ดอนบนของประเทศไทย. กรุงเทพฯ. กรมประมง สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด.

- นิสาชล ธาแก้วมา, ประมุข ธาแก้วมา และจุฑารัตน์ พิมพ์า. 2558. ความหลากหลายชนิดลูกปลาใน
บึงโขงหลง จังหวัดบึงกาฬ. แก่นเกษตร, 43 (ฉบับพิเศษ 1): 609-614.
- พรณรงค์ สิริปิยะสิงห์ และอรุณรัตน์ จวีราษ. 2554. ดีเอ็นเอบาร์โค้ดเพื่อการระบุชนิดของ
สิ่งมีชีวิต กรณีศึกษา: จีน Cytochrome c Oxidase I (CO I) ในสัตว์. วารสาร
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 6(2): 205 – 210.
- ศิริลักษณ์ วลัยชัยเพียร และอภิรักษ์ สุวรรณรักษ์. 2556. ความหลากหลายของชนิดปลาในแม่น้ำ
อิง. แก่นเกษตร, 41 (ฉบับพิเศษ 1): 116-122.
- อมรชัย ล้อทองคำ และพรรณพร กุลมา. 2554. ความหลากหลายชนิดของปลาในแม่น้ำยาว (แม่น้ำ
สาขาของลุ่มแม่น้ำน่านตอนบน) จังหวัดน่าน. ใน การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 49 (หน้า
454-462) กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อมรชัย ล้อทองคำ และเอกชัย ดวงใจ. 2553. ความหลากหลายชนิดของปลาในลุ่มแม่น้ำว้า (แม่น้ำ
สาขาของลุ่มแม่น้ำน่านตอนบน) ในเขตอำเภอป่อเกลือ จังหวัดน่าน. ใน การประชุม
วิชาการ ครั้งที่ 48 (หน้า 415-426) กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Folmer, O., Black, M., Hoeh, W., Lutz, R., and Vrijenhoek, R. 1994. DNA primers for
amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse
metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology*, 3(5):
294–299.
- Froese, R. and D. Pauly. Editors. 2018. FishBase. World Wide Web electronic
publication. www.fishbase.org, version (6/2018).
- Hebert, P. D. N., Cywinska, A., Ball, S. L., and deWaard, J. R. 2003. Biological
identifications through DNA barcodes. *Proceedings. Biological Sciences*,
270(1512): 313–321.
- Henriques, J. M., Silva, G. J. C., Ashikaga, F. Y., Hanner, R., Foresti, F., and Oliveira,
C. 2015. Use of DNA barcode in the identification of fish species from Ribeira
de Iguape Basin and coastal rivers from São Paulo State (Brazil). *DNA
Barcodes*, 3(1): 118-128.
- Rainboth, W.J., 1996. Fishes of the Cambodian Mekong. FAO species identification
field guide for fishery purposes. FAO, Rome, 265 p.
- Ward, R. D., Zemlak, T. S., Innes, B. H., Last, P. R., and Hebert, P. D. N. 2005. DNA
barcoding Australia's fish species. *Philosophical Transactions of the Royal
Society of London. Series B, Biological Sciences*, 360(1462): 1847–1857.

Zhang, J.-B., & Hanner, R. 2011. DNA barcoding is a useful tool for the identification of marine fishes from Japan. *Biochemical Systematics and Ecology*, 39(1): 31–42.