



สัณฐานวิทยากระดูกโหลกและเส้นขนของกระรอกหลากสี *Callosciurus finlaysonii* (Horsfield, 1823) 2 ชนิดย่อย

Skull and Hair Morphology of the 2 Subspecies of Variable Squirrels, *Callosciurus finlaysonii* (Horsfield, 1823)

อนันต์ เคนท้าว และ พรพิมล เจียรนัยปริเปรม*

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

*Corresponding Author, E-mail: porjea@kku.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของกระดูกโหลกและเส้นขน เพื่อใช้ระบุชนิดย่อยของกระรอกหลากสี 2 ชนิดย่อยที่พบในเขตมหาวิทยาลัยขอนแก่น ได้แก่ กระรอกหลากสีชนิดย่อย *Callosciurus finlaysonii bocourti* (Milne-Edwards, 1867) และชนิดย่อย *C. finlaysonii boonsongi* (Moore and Tate, 1965) การเตรียมตัวอย่างกระดูกโหลกทำแบบง่ายด้วยการต้มและกำจัดเนื้อเยื่ออ่อนออก การเตรียมเส้นขน โดยถอนจากบริเวณหลัง ท้อง ข้างลำตัว และส่วนหาง ของทั้งสองชนิดย่อย ใช้วิธีการกดและฉีกทั้งชิ้นและตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ผลการศึกษาพบว่าลักษณะสัณฐานวิทยาของกระดูกโหลกของทั้งสองชนิดย่อยมีลักษณะกระดูกสันและแผ่กว้าง จะงอยจมูก (rostrum) สั้นและโค้งมน ส่วนยื่นหลังเบ้าตา (postorbital process) พัฒนาดี กระดูกแก้ม (jugal) ยาว กระดูกเพดานปาก (palatine) กว้างและสั้น กระดูกกลองหู (tympanic bulla) มีขนาดใหญ่ และโป่งพองเป็นกระเปาะขนาดเล็ก ส่วนลักษณะของเส้นขนพบมีรูปแบบของชั้นคิวติเคิลที่มีลักษณะเป็นแผ่นเกล็ด ยาว รี ขอบเรียบ เรียงซ้อนกันไม่เป็นระเบียบ ทั้งในระดับชนิดย่อยเดียวกันและระหว่างชนิดย่อยทั้งสอง ชั้นเมดัลลาเป็นแบบ serial ladder ตลอดแนวเส้นขนในชนิดย่อย *C. finlaysonii bocourti* และพบบริเวณช่วงโคนถึงกลางเส้นขนในชนิดย่อย *C. finlaysonii boonsongi* และเป็นรูปแบบ lattice ในช่วงครึ่งปลายของเส้นขน ในการศึกษาพบว่ากระดูกโหลกของทั้งสองชนิดย่อยมีลักษณะคล้ายกันมาก จึงไม่สามารถใช้ลักษณะกระดูกโหลกในการระบุชนิดได้ ส่วนลักษณะของเส้นขนพบมีความแตกต่างบางลักษณะ โดยเฉพาะลักษณะของชั้นเมดัลลา สามารถใช้ประกอบในการระบุจำแนกชนิดย่อยทั้งสองออกจากกันได้

ABSTRACT

A morphological study of skull and hair was carried out in attempt to use in identification the two subspecies of variable squirrels found in Khon Kaen University campus, i.e. *Callosciurus finlaysonii bocourti* (Milne-Edwards, 1867) and *C. Finlaysonii boonsongi* (Moore and Tate, 1965). Skull samples were simply prepared by boiling and getting rid of soft tissue parts. Hair samples from both subspecies were taken from dorsal, ventral, lateral, and tail areas, and processed for impression and whole mount techniques before examining under light microscope. The two subspecies showed similar characters of skull including short-expanded skull form, short-curved rostrum, well develop postorbital process, long jugal bone, short-broaden palatine, and big tympanic

bulba with tiny bulb shape. Hair morphology appeared with elongate imbricated form with smooth margin and irregular arrangement, not only in the same subspecies but also in between subspecies. Serial ladder medulla was prominently observed along the entire shaft in *C. Finlaysonii bocourti*, whereas appeared only half beginning of the shaft and continued with lattice pattern along the half end shaft in *C. Finlaysonii boonsongi*. Similar appearance of skull morphology in both subspecies is unable to use in identification. In contrary with hair structure that showed some differences regarding medulla structure that give some indications in identification of the two subspecies.

คำสำคัญ: สัตว์ฐานวิทยา กะโหลก เส้นขน กระรอกหลากสี *Callosciurus finlaysonii*

Keywords: Morphology, Skull, Hair, Finlayson's squirrel, *Callosciurus finlaysonii*

บทนำ

กะโหลก (skull) เป็นโครงสร้างแข็ง ทำหน้าที่ห่อหุ้มสมองของสัตว์มีกระดูกสันหลัง เพื่อป้องกันไม่ให้ได้รับอันตรายในทางอนุกรมวิธาน ลักษณะของกะโหลกเป็นข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการจัดจำแนกและระบุชนิดของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Cobert and Hill, 1992; Cox, 2015) โดยเฉพาะในกลุ่มสัตว์ฟันแทะ (rodents) ที่มีความแปรผัน (variation) และมีการเปลี่ยนแปลงที่จำเพาะ (specialization) ของกล่องกะโหลก ฟัน และกล้ามเนื้อ (Wood, 1955, 1965; Turnbull, 1970) นอกจากนี้ลักษณะทางสัตววิทยาของกะโหลกยังถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการศึกษาทางชีววิทยาในหลายด้านของสัตว์กลุ่มนี้ ทั้งการศึกษาทางอนุกรมวิธานและวิวัฒนาการ (Cobert and Hill, 1992; Cox, 2015) ความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการชาติพันธุ์ (Pergams and Lawler 2009; Álvarez et al., 2015) ความแปรผันของลักษณะสัตววิทยาเชิงภูมิศาสตร์ (Sérgio et al., 2002; Shintaku and Motokawa, 2016) และการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสัตววิทยาที่สัมพันธ์กับปัจจัยทางนิเวศวิทยา เช่น การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศโลก การเพิ่มขึ้นของประชากรมนุษย์ (Pergams and Lawler, 2009) และความสัมพันธ์กับรูปแบบอาหาร (Samuels, 2009) เป็นต้น

เส้นขน (hair shaft) เป็นโครงสร้างปกคลุมร่างกายของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เจริญมาจากปุ่มรากขน (hair follicle) ในชั้นหนังแท้ (dermis) โดยทั่วไปขนของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมแบ่งออกเป็น 2 ชั้น ได้แก่ ขนชั้นล่าง (under hair) มีลักษณะเป็นเส้นเล็ก สั้น และอ่อนนุ่ม และขนชั้นบนหรือขนป้องกัน (guard hair) มีลักษณะเส้นใหญ่ ยาว และแข็งกว่า ขนทั้งสองชั้นมีโครงสร้างที่เหมือนกัน โดยแบ่งออกเป็น 3 ชั้น ได้แก่ ชั้นนอกสุดเรียกว่าชั้น

คิวติเคิล (cuticle) เกิดจากเซลล์ที่ตายแล้วเรียงซ้อนทับกัน เกิดลักษณะคล้ายเกล็ด (scale) ทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงและปกป้องเส้นขนชั้นกลางเรียกว่าชั้นคอร์เท็กซ์ (cortex) เป็นชั้นที่มีความหนาที่สุด ประกอบด้วยเมดูลีที่ทำให้เส้นขนมีสีต่าง ๆ และชั้นในสุดเรียกว่าชั้นเมดัลลา (medulla) มีลักษณะเป็นช่องหรือท่อ พบเฉพาะในเส้นขนที่มีขนาดใหญ่เท่านั้นลักษณะสัตววิทยาของเส้นขนโดยเฉพาะลักษณะชั้นคิวติเคิลและชั้นเมดัลลาของขนชั้นบนถูกใช้ประโยชน์ในการศึกษาหลายด้าน เช่น นิติเวชศาสตร์ (forensic medicine) บรรพชีวินวิทยา (paleontology) สัตว์โบราณคดี (zooarchaeology) อนุกรมวิธาน (taxonomy) และนิเวศวิทยา (ecology) โดยเฉพาะในทางอนุกรมวิธานแล้ว ลักษณะของเส้นขนถูกใช้เป็นลักษณะในการระบุชนิด (species identification) ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมกลุ่มต่างๆ เป็นจำนวนมาก (Sahajpal et al., 2009; Sato et al., 2010; Kitpipit and Thanakiatkrai, 2013; Lee et al., 2014; Tridico et al., 2014) หรือในการศึกษาทางด้านนิเวศวิทยา ลักษณะสัตววิทยาของเส้นขนถูกใช้เพื่อระบุชนิดของเหยื่อจากเส้นขนที่พบในมูลของผู้ล่า ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญในการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างผู้ล่าและเหยื่อ (predator and prey relationship) ในระบบนิเวศนั้นๆ (de Marinis and Asprea, 2006)

ในทางอนุกรมวิธาน กระรอกหลากสี *Callosciurus finlaysonii* (Horsfield, 1823) ถูกจัดจำแนกออกเป็นหลายชนิดย่อย (subspecies) โดยใช้ลักษณะของสีขนและการแพร่กระจายทางชีวภูมิศาสตร์ (biogeography) เป็นเกณฑ์ในการจัดจำแนก ในประเทศไทยมีจำนวนถึง 13 ชนิดย่อย แต่การจัดจำแนกทางอนุกรมวิธานดังกล่าวยังมีความสับสนอยู่ (Lekagul and McNeely, 1988) สัตว์กลุ่มนี้ถูกคุกคามทั้งทางตรงและทางอ้อม

จากการถูกล่าเพื่อเป็นอาหารโดยสัตว์ผู้ล่าและมนุษย์ หรือถิ่นอาศัย ถูกทำลาย ทำให้จำนวนประชากรในธรรมชาติลดลงเป็นอย่างมาก จึงทำให้ชนิดย่อยที่ชื่อว่ากระรอกขาว (*C. Finlaysonii finlaysonii*) ถูกจัดเป็นสัตว์ป่าคุ้มครองตามประกาศแนบท้ายพระราชบัญญัติ สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2546

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะ สัณฐานวิทยาเชิงบรรยาย (descriptive morphology) ของ กะโหลกและเส้นขนของกระรอกหลากสี (*C. finlaysonii*) ที่พบ ในเขตพื้นที่มหาวิทยาลัยขอนแก่นจำนวน 2 ชนิดย่อย โดยใช้ เทคนิคที่ง่ายและมีค่าใช้จ่ายไม่สูง เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานที่อาจ นำไปสู่การสร้างฐานข้อมูลลักษณะสัณฐานวิทยาของเส้นขนเพื่อ ใช้การระบุชนิดของสัตว์ในวงศ์กระรอกและสัตว์เลี้ยงลูกด้วย นมกลุ่มอื่น ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาด้านอื่น ๆ ต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

การเก็บตัวอย่างกระรอกหลากสี

เก็บตัวอย่างกระรอกหลากสี ในเขตมหาวิทยาลัย ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น โดยวางกรงดักบนต้นไม้ผลัดด้วยผลไม้ ได้แก่ กล้วย ข้าวโพด เป็นต้น และนำไปพักเลี้ยงที่เรือน สัตว์ทดลอง ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย ขอนแก่น

ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษามีจำนวนทั้งหมด 20 ตัว ประกอบด้วยตัวอย่างกระรอกหลากสีตัวเต็มวัยชนิดย่อยละ 10 ตัว เพศผู้และเพศเมียอย่างละ 5 ตัว (ความยาวตั้งแต่ปลายจมูก ถึงรูทวาร = 21.50 ± 0.57 เซนติเมตร)

งานวิจัยนี้ผ่านการอนุมัติจรรยาบรรณการวิจัยในสัตว์ เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ ในปีการศึกษา 2551

การเตรียมตัวอย่างและศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของ กะโหลก

นำเฉพาะส่วนหัวของกระรอกแช่ในน้ำ เป็นเวลา 5-7 วัน เพื่อให้ส่วนเนื้อเปื่อยยุ่ย จากนั้นใช้แปรงสีฟันขัดเศษเนื้อที่ ติดกะโหลกออกให้หมดและฟุ้งแดดให้แห้ง บันทึกภาพและวาด ภาพลายเส้น นำไปศึกษาและบรรยายลักษณะทางสัณฐานวิทยา ของกะโหลกตามหลักการของ Lekagul and McNeery (1988) และ Cobet and Hill (1992) แล้วทำการเปรียบเทียบความ

แตกต่างของลักษณะทางสัณฐานวิทยาของกะโหลกระหว่าง กระรอกหลากสีทั้งสองชนิดย่อย

รวบรวมเศษซากตัวอย่าง และเก็บในถุงพลาสติกและ ปิดปากถุงให้แน่น แช่ในตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -20 °C เพื่อรอส่งเผา ทำลาย

การเตรียมตัวอย่างเส้นขน

สลบสัตว์ด้วยสารอีเทอร์ปริมาณมากเกินพอ โดยนำ ตัวอย่างใส่ในขวดปากกว้างที่ภายในขวดบรรจุสลิซึบสารสลบ อีเทอร์ ปิดปากขวดให้แน่นแล้วทิ้งให้ตัวอย่างสลบถึงจนกระทั่ง เสียชีวิต

เก็บตัวอย่างเส้นขนของกระรอกจากบริเวณต่าง ๆ ได้แก่ บริเวณหลัง ด้านข้างตัว ท้อง และหาง บริเวณละ 20 เส้น ทำความ สะอาดเส้นขนโดยใช้ผงซักฟอกละลายในน้ำอุ่น แล้วล้างด้วย น้ำประปาและน้ำกลั่นตามลำดับ แช่ในอีเทอร์ ตามด้วยไซลีน เพื่อ ขจัดไขมันที่หุ้มเส้นขนออก จากนั้นห่อด้วยกระดาษเช็ดเลนส์ แล้วทิ้ง ไว้ให้แห้ง เก็บตัวอย่างเส้นขนไว้ในซองกระดาษ พร้อมบันทึกรหัส ตัวอย่างให้ชัดเจน

การศึกษาลักษณะขั้นคิวติเคิลของเส้นขน

ทำการศึกษาด้วยเทคนิคลอกลายเกล็ดของขน (scale impression) ตามวิธีการของ Teerink (2003) โดยจุ่มด้านหนึ่งของกระจกปิดสไลด์ลงในสารละลายเจลาตินความเข้มข้น 15% ทั้งให้แผ่นฟิล์มเจลาตินแห้งพอหมาด ๆ จากนั้นใช้ปากคีบนำเส้น ขนวางให้จมลงในแผ่นฟิล์มเจลาตินที่เตรียมไว้ ทิ้งไว้ในอากาศให้ แผ่นฟิล์มเจลาตินแห้งสนิท แล้วลอกเส้นขนออก ผนึกกระจกปิด สไลด์ โดยปิดผนึกตามแนวขอบกระจกปิดสไลด์ทั้งสี่ด้านด้วย น้ำยาทาเล็บ แล้วนำไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Olympus CH30, Olympus Inc.) บันทึกภาพจำแนกและ บรรยายลักษณะคิวติเคิลตามเอกสาร Benedict (1957), Burner and Coman (1974) และ Teerink (2003)

การศึกษาลักษณะขั้นเมทัลลาของเส้นขน

ขนที่มีสีเข้มมากต้องทำการฟอกสีก่อน โดยแช่ใน สารละลายผสมไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์กับแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ อัตราส่วน 1:1 เป็นเวลา 5 นาที ทำให้สีโดยแช่ในไซลีนนาน 10 นาที ผนึกเส้นขนลงบนสไลด์ด้วยสารผนึกสไลด์ (dPeX) จากนั้น นำไปศึกษารูปแบบของขั้นเมทัลลามาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้ แสง บันทึกภาพ จำแนกและบรรยายลักษณะของขั้นเมทัลลาโดยใช้

เอกสารของ Benedict (1957), Burner and Coman (1974) และ Teerink (2003)

ผลการวิจัย

ลักษณะสัณฐานวิทยาของกะโหลก

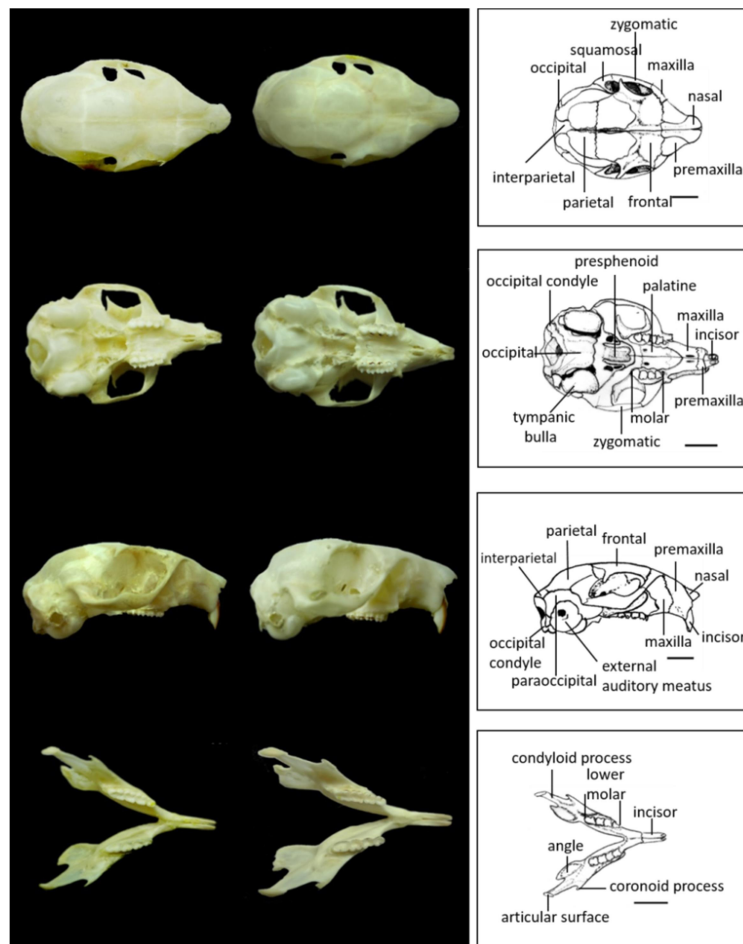
กะโหลกของกระดูกหลายสปีชีส์ทั้งชนิดย่อยมีลักษณะไม่แตกต่างกัน (รูปที่ 1) โดยมีลักษณะกะโหลกสั้นและแผ่กว้าง จะงอยจมูก (rostrum) สั้นและโค้งมน ส่วนยื่นหลังเบ้าตา (postorbital process) พัฒนาค่อนข้างมาก (jugal) ยาว โดยส่วนด้านหน้ายื่นไปชนกับกระดูกหน้าผาก (frontal) กระดูกเพดานปาก (palatine) กว้างและสั้น มีปลายสิ้นสุดที่ระดับเดียวกับฟันกรามซี่สุดท้าย กระดูกกลองหู (tympanic bulla) มีขนาดใหญ่ แต่ไม่โป่งพองเป็นกระเปาะชัดเจน มีสูตรฟัน 1/1, 0/0, 1/1, 3/3 = 20 ฟันหน้า

(incisor) มีขนาดใหญ่ ลักษณะคล้ายสิ่ว และแยกออกจากฟันกราม (molar) อย่างชัดเจน

ลักษณะชั้นคิวติเคิลของเส้นขน

ชั้นคิวติเคิลของเส้นขนกระดูกหลายสปีชีส์ทั้งชนิดย่อย มีรูปแบบที่เหมือนกันทั้งในขนชั้นล่างและชั้นบน (รูปที่ 2) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ลักษณะชั้นคิวติเคิลของขนชั้นล่าง (รูปที่ 2ก) สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน ตามความยาวของเส้นขน โดยในส่วนโคนประมาณ 1 ใน 3 ของความยาวเส้นขนมีลักษณะของเกล็ดขน (cuticular scale) เป็นแบบโมเสก (mosaic) แต่มีความแปรผันของระยะห่างระหว่างขอบเกล็ด โดยส่วนโคนมีระยะห่างมากและค่อยๆ ชิดกันมากขึ้น บริเวณที่เหลือพบเกล็ดของขนลักษณะคล้ายวงแหวน (ring) หรือมงกุฎ (coronal) สวมรอบเส้นขนอยู่ โดยระยะห่างของขอบเกล็ดจะห่างมากในช่วงโคนและชิดกันมากขึ้นในส่วนปลาย



รูปที่ 1 ลักษณะสัณฐานวิทยาของกะโหลกกระดูกหลายสปีชีส์ชนิดย่อย *C. finlaysonii bocourti* (ภาพซ้าย) *C. finlaysonii boonsongi* (ภาพกลาง) และภาพลายเส้นแสดงชื่อของกระดูกต่างๆ (ภาพขวา) เส้นตรงมาตราส่วน = 1 เซนติเมตร

ลักษณะชั้นคิวติเคิลของขนชั้นบน (รูปที่ 2ข) พบว่า สัดส่วน 2 ใน 3 ของความยาวเส้นขนวัดจากบริเวณปมรากขนขึ้นไปมีลักษณะเกล็ดขนเป็นแบบโมเสก แต่มีความแปรผันของระยะห่างระหว่างขอบเกล็ด โดยส่วนโคนมีระยะห่างมากแล้วค่อยๆ ชิดกันมากขึ้น ในส่วนปลายเกล็ดขนเป็นแบบคลื่นเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ (irregular wave) หรือลายเส้นขนาน (streaked pattern) บริเวณปลายสุดมีลักษณะคล้ายวงแหวนหรือมงกุฏสวมรอบเส้นขน

ลักษณะชั้นเมดัลลาของเส้นขน

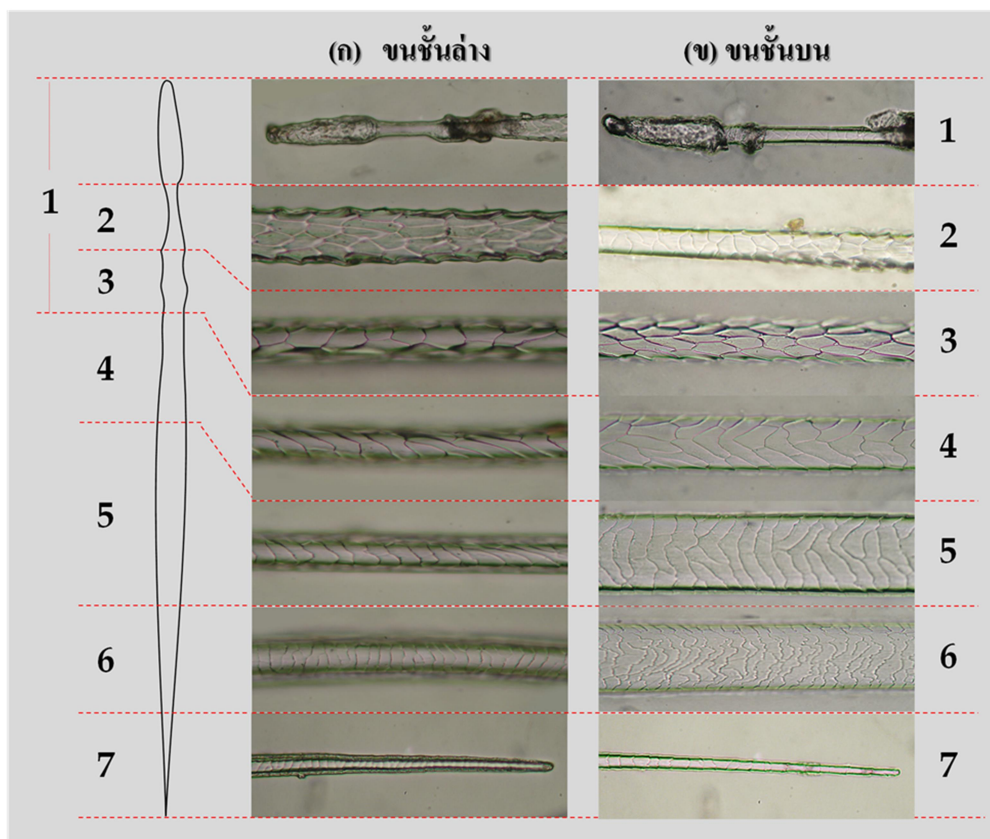
ลักษณะชั้นเมดัลลาของเส้นขนของ *C. finlaysonii bocourti* และ *C. finlaysonii boonsongi* มีทั้งรูปแบบที่จำเพาะในแต่ละชนิดย่อย และที่คล้ายคลึงกันทั้งสองชนิดย่อย (รูปที่ 3) โดยพบว่า ขนชั้นล่าง (UH) และขนชั้นบน (GH) มีรูปแบบเมดัลลาแตกต่างกัน โดยเมดัลลาของขนชั้นล่างมีเพียงรูปแบบเดียว แต่ลักษณะเมดัลลาของขนชั้นบนแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ รูปแบบที่หนึ่ง (GH1) เป็นแบบที่พบได้ทั่วไปเฉพาะใน *C. finlaysonii bocourti* เท่านั้น รูปแบบที่สอง (GH2) พบในทั้งสองชนิดย่อย แต่พบมากในชนิดย่อย *C. finlaysonii boonsongi* และพบเล็กน้อยในชนิดย่อย *C. finlaysonii bocourti* รายละเอียดของลักษณะชั้นเมดัลลาแต่ละแบบ มีดังนี้

ลักษณะชั้นเมดัลลาของขนชั้นล่าง (UH, รูปที่ 3ก) พบว่า บริเวณปมรากขนและบริเวณถัดขึ้นมาที่ฝังอยู่ในชั้นผิวหนังไม่มีชั้นเมดัลลา บริเวณที่พบชั้นเมดัลลามีรูปแบบของเมดัลลาเป็นแบบบันไดแถวเดียว (uniseriate ladder) เกือบทั้งเส้น โดยมีความแปรผันของขนาดเมดัลลาที่เรียงตัวเป็นเหมือนขั้นบันได บริเวณโคนเส้นขนจะมีลักษณะเป็นขั้นบันไดขนาดเล็กเรียงตัวอยู่ใกล้กัน ถัดขึ้นมาจะมีขนาดใหญ่และห่างมากขึ้น ทำให้เมดัลลา

บริเวณตอนกลางของเส้นขนมีลักษณะเป็นขั้นบันไดขนาดใหญ่เรียงตัวอยู่ห่างกัน จากนั้นเมดัลลาจะถูกบีบอัดเข้าหากันทำให้คล้ายกับส่วนโคน แต่บริเวณตอนปลายจะถูกบีบอัดจนรวมตัวต่อเนื่องเป็นแถบ หรือเรียกว่า เมดัลลาแบบง่าย (simple) บริเวณตอนปลายเมดัลลาจะขาดเป็นช่วง (interrupted) และบริเวณปลายสุดไม่พบชั้นเมดัลลา

ลักษณะของชั้นเมดัลลาของขนชั้นบนแบบที่ 1 (GH1, รูปที่ 3ข) บริเวณปมรากขนและบริเวณถัดขึ้นมาที่ฝังอยู่ในชั้นผิวหนังไม่มีชั้นเมดัลลา บริเวณถัดขึ้นมาที่โผล่พ้นผิวหนังพบเมดัลลาแบบบันไดแถวเดียว (uniseriate ladder) จากนั้นมีการเรียงตัวเพิ่มขึ้นกลายเป็นบันไดหลายแถว (multiseriate ladder) ประมาณ 2-3 แถว ซึ่งบริเวณโดยส่วนใหญ่ (ประมาณ 2 ใน 3 ของความยาวเส้นขน) มีเมดัลลาเป็นแบบบันไดหลายแถว โดยบริเวณส่วนปลายของเส้นขนพบว่าเมดัลลาถูกบีบอัดเข้าหากันจนมีลักษณะเป็นบันไดหลายแถวอัดแน่น และบริเวณปลายสุดไม่พบชั้นเมดัลลา

ลักษณะของชั้นเมดัลลาของขนชั้นบนแบบที่ 2 (GH2, รูปที่ 3ค) บริเวณปมรากขนและบริเวณถัดขึ้นมาที่ฝังอยู่ในชั้นผิวหนังไม่มีชั้นเมดัลลา บริเวณถัดขึ้นมาพบเมดัลลาแบบบันไดแถวเดียว (uniseriate ladder) จากนั้นมีการเรียงตัวเพิ่มขึ้นกลายเป็นบันไดหลายแถว (multiseriate ladder) ประมาณ 2-3 แถว แต่บริเวณโดยส่วนใหญ่ (2 ใน 3 ของความยาวเส้นขน) มีเมดัลลาเป็นแบบร่างแหแบบกว้าง (wide medulla lattice) บริเวณส่วนปลายของเส้นขนพบว่าเมดัลลาถูกบีบอัดเข้าหากันจนมีลักษณะต่อเนื่องเป็นแบบอย่างง่าย ส่วนบริเวณเกือบปลายสุดเมดัลลาเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง และในบริเวณปลายสุดไม่พบชั้นเมดัลลา



รูปที่ 2 ลักษณะชั้นคิวติเคิลที่พบในขนชั้นล่าง (ก) และขนชั้นบน (ข) ของกระรอกหลากสีทั้งสองชนิดย่อย (กำลังขยาย 400x)

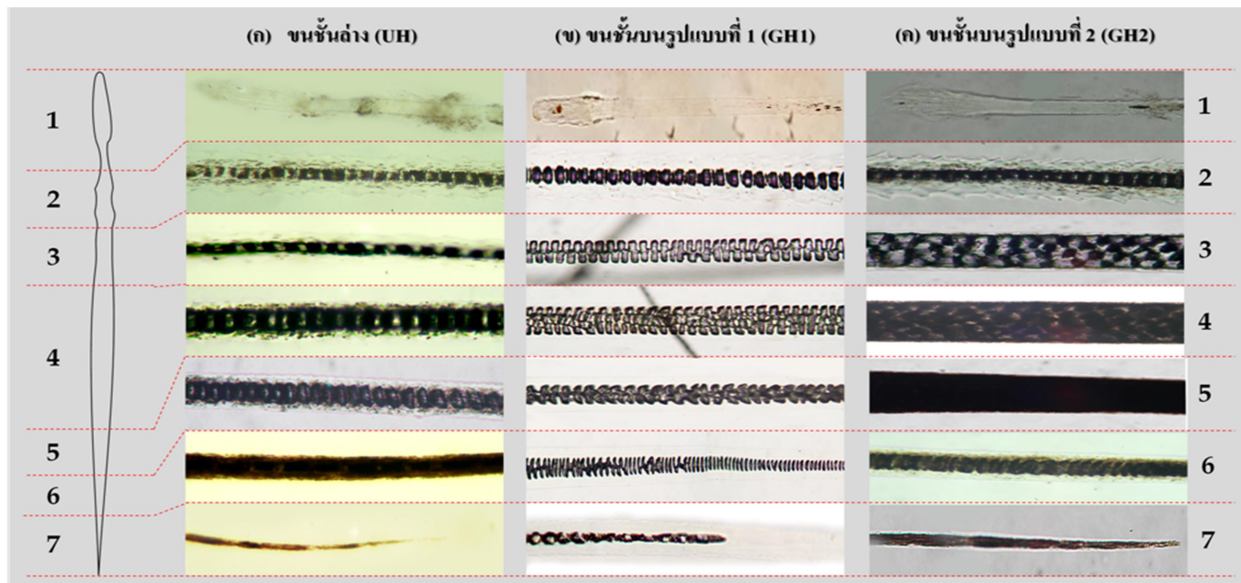
วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า ลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงบรรยายของกะโหลก ไม่สามารถใช้ในการระบุชนิดย่อยของกระรอกหลากสีได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในอดีตที่ผ่านมา ที่ใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาของกะโหลกในการจำแนกในระดับสกุลหรือระดับชนิดของสัตว์ฟันแทะ (Lekagul and McNeery, 1988; Cobet and Hill, 1992; Cunningham and Moors, 1996) ยังไม่พบรายงานของการใช้ลักษณะดังกล่าวในการระบุชนิดย่อย

ความแปรผันของลักษณะสัณฐานวิทยาเส้นขนระหว่างกระรอกหลากสี (*C. finlaysonii*) ทั้งสองชนิดย่อย พบว่ามีสัณฐานวิทยาของชั้นคิวติเคิลของขนชั้นล่างและขนชั้นบนไม่มีความแตกต่างกันในระหว่างชนิดย่อย ซึ่งสอดคล้องกับหลายรายงาน เช่น การพบว่าลักษณะสัณฐานวิทยาของขนชั้นล่างไม่มีนัยสำคัญทางอนุกรมวิธาน เนื่องจากโดยทั่วไปมีลักษณะที่คล้ายคลึงกันทั้งในระดับระหว่างชนิดหรือระดับระหว่างสกุล (Teerink, 2003) การใช้เฉพาะลักษณะของขนชั้นบนเพื่อระบุชนิดสัตว์ในกลุ่มพังพอน (mongoose) จำนวน 5 ชนิด (De at

al., 1998) การใช้ลักษณะของขนชั้นบนในการระบุชนิดของสัตว์กลุ่มเสือ (*Panthera* spp.) (Soni et al., 2004) และการใช้ลักษณะของขนชั้นบนเท่านั้นในการระบุชนิดของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Lee et al., 2014)

การที่ลักษณะของชั้นคิวติเคิลของเส้นขนในกระรอกหลากสีทั้งสองชนิดย่อยมีความคล้ายคลึงกันเนื่องจากลักษณะของชั้นคิวติเคิลของเส้นขนมีความแปรผันน้อย (Short, 1978) ดังนั้นในการใช้เพื่อระบุชนิดจำเป็นต้องใช้ร่วมกับลักษณะอื่นซึ่งสอดคล้องกับการพบลักษณะของชั้นคิวติเคิลของขนชั้นบนของลิงในวงศ์ Cercopithecidae มีความแปรผันต่ำและในการระบุชนิดจำเป็นต้องอาศัยลักษณะอื่นร่วมด้วย (Sarkar et al., 2011) ส่วนในรายงานการจำแนกสกุลของค้างคาวพบว่าลักษณะของเกล็ดขนบนชั้นคิวติเคิลสามารถใช้จำแนกสกุลของค้างคาวในวงศ์ Molossidae ได้ (Benedict, 1957; Amman, 2002) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าลักษณะของชั้นคิวติเคิลเป็นลักษณะที่จำเพาะและสามารถใช้ในการระบุเสือโคร่งชนิด *Panthera tigris* ได้ (Kitpipit and Thanaliatkrui, 2013)



รูปที่ 3 ลักษณะสัณฐานวิทยาของเส้นขนภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (กำลังขยาย 400X) แสดงลักษณะชั้นเมทัลลาของขนชั้นล่างซึ่งเหมือนกันในกระรอกหลากสีทั้งสองชนิดย่อย (ก) และลักษณะชั้นเมทัลลาของขนชั้นบนซึ่งมี 2 รูปแบบ โดยรูปแบบแรกเป็นลักษณะเด่นใน *C. finlaysonii bocourti* (ข) และรูปแบบที่สองเป็นลักษณะเด่นใน *C. finlaysonii boonsongi* (ค) (กำลังขยาย 400x)

ในการศึกษานี้พบว่าลักษณะของชั้นเมทัลลาของขนชั้นบนเป็นลักษณะที่มีความแปรผันแตกต่างกันในกระรอกหลากสีทั้งสองชนิดย่อย โดยที่ลักษณะของชั้นเมทัลลาบริเวณตรงกลางของเส้นขนชั้นบนเป็นลักษณะที่สามารถใช้ระบุชนิดย่อยได้ เช่นเดียวกับการพบว่า ลักษณะการจัดเรียงตัวของชั้นเมทัลลาบริเวณตรงกลางของขนชั้นบนเท่านั้นที่สามารถใช้ระบุชนิดของเสือในสกุล *Panthera* จำนวน 3 ชนิดได้ถูกต้อง (Soni et al., 2004) ในรายงานการพบว่ารูปแบบของชั้นเมทัลลาเป็นลักษณะที่ใช้ระบุชนิดของพังพอนในสกุล *Herpestes* ได้ (Sahajpal et al., 2009) และในการศึกษาถึงวงศ์ Cercopithecidae พบว่าขนชั้นบนมีชั้นเมทัลลาเฉพาะบริเวณตรงกลางของเส้นขน และลักษณะของชั้นเมทัลลาเป็นลักษณะที่ใช้ในการระบุชนิดของลิงในวงศ์นี้ได้ (Sarkar et al., 2011) ซึ่งตรงข้ามกับลักษณะชั้นเมทัลลาของเส้นขนเสือโคร่ง พบมีความแปรผันในระดับภายในชนิดสูงมาก จึงไม่เหมาะสมสำหรับใช้ในการระบุชนิด (Kitpipit and Thanaliat-krai, 2013)

สรุปผลการวิจัย

กระรอกหลากสี (*C. finlaysonii*) ทั้งสองชนิดย่อยมีลักษณะสัณฐานวิทยาของกะโหลกคล้ายคลึงกันมาก ทำให้ไม่สามารถใช้

ลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงบรรยายของกะโหลกระบุชนิดย่อยได้ ส่วนลักษณะสัณฐานวิทยาของเส้นขนเป็นลักษณะที่สามารถใช้ช่วยในการระบุชนิดย่อยของกระรอกหลากสีได้ โดยที่ลักษณะความแปรผันของชั้นเมทัลลาของขนชั้นบนสามารถใช้ระบุกระรอกหลากสีทั้งสองชนิดย่อยได้ อย่างไรก็ตามความแปรผันดังกล่าวพบเฉพาะในบริเวณส่วนกลางของเส้นขนและมีลักษณะที่ไม่แตกต่างมากนัก ดังนั้นการนำไปใช้เพื่อระบุชนิดย่อยต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ และควรมีการนำวิธีการทางสถิติมาใช้วิเคราะห์ผลด้วย (Sato et al., 2006; Sahajpal et al., 2009) หรือศึกษาด้วยเทคนิคอื่น เช่น การศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Dahiya and Yadav, 2013) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและแม่นยำยิ่งขึ้น

ผลการศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าลักษณะสัณฐานวิทยาของเส้นขนเป็นลักษณะที่สามารถใช้ในการระบุทางอนุกรมวิธานของสัตว์กลุ่มกระรอกได้ แต่ทั้งนี้เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาในเพียงชนิดเดียวจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาในชนิดอื่น ๆ ต่อไป และควรเพิ่มเทคนิคการศึกษาอื่น เพื่อที่จะได้ข้อมูลที่ครบถ้วนสมบูรณ์ และสามารถสร้างเป็นฐานข้อมูลลักษณะสัณฐานวิทยาของเส้นขนของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมในประเทศไทย ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาด้านอื่น ๆ ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการทุนนักวิจัย
หน้าใหม่ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีการศึกษา 2550

เอกสารอ้างอิง

- Álvarez, A., Perez, S.I., and Verzi, D.H. (2015). The Role of Evolutionary Integration in the Morphological Evolution of the Skull of Caviomorph Rodents (Rodentia: Hystricomorpha). *Evolutionary Biology* 42: 312–327.
- Amman, B.R., Owen, R.D. and Bradley, R.D. (2002). Utility of Hair structure for Taxonomic Discrimination in Bats, with an Example from the Bats of Colorado. *Occasional Papers No. 216*. Lubbock: Museum of Texas Tech University.
- Benedict, F.A. (1957). Hair structure as a generic character in bats. *University of California Publications in Zoology* 59: 285-548.
- Burnner, H. and Coman, B.J. (1974). *The Identification of Mammalian Hair*. Melbourne: Inkata Press.
- Chernova, O.F. (2014). Architectonic and Deagnostic Significance of Hair Cortex and Medulla. *Zoology* 30(1): 53-62.
- Cobet, G.B. and Hill, J.E. (1992). *The Mammals of the Indomalayan Region: A Systematic Review*. New York: Cambridge University Press.
- Cox, PG, editor. (2015). *Evolution of the rodents: advances in phylogeny, functional morphology and development*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Cunningham, D.M. and Moors, P.J. (1996). *Guide to the identification and collection of New Zealand rodents*. 3rd Ed. Wellington: Department of Conservation.
- Dahiya, M.S. and Yadav, S.K. (2013). Scanning Electron Microscopic Characterization and Elemental Analysis of Hair: A Tool in Identification of Felidae Animals. *Forensic Research* 4(1): 178.
- De, J.K., Chakraborty, S. and Charaborty, R. (1998). Identification of dorsal guard hairs of five Indian species of Mongoose, *Herpestes illiger* (Mammalian: Carnivora). *Mammalia* 62(2): 285-296.
- de Marinis, A.M. and Asprea, A. (2006). A hair identification key of wild and domestic ungulates from southern Europe. *Wildlife Biology* 12(3): 305-320.
- Kitpipit, T. and Thanakiatkrai, P. (2013). Tiger hair morphology and its variations for wildlife forensic investigation. *Maejo International Journal of Science and Technology* 7(3): 433-443.
- Lekagul, B. and McNeely, J.A. (1988). *Mammals of Thailand*. Bangkok: Darnsutha Press.
- Lee, E., Choi, T.-Y., Woo, D., Min, M.-S., Sugita, S. and Lee, H. (2014). Species Identification Key of Korean Mammal Hair. *Journal of Veterinary Medical Science* 76(5): 667-675.
- Pergams O.R.W. and Lawler J.J. (2009). Recent and Widespread Rapid Morphological Change in Rodents. *PLoS ONE* 4: e6452
- Sahajpal, V., Goyal, S.P., Raza, R. and Jayapal, R. (2009). Identification of mongoose (Genus: *Herpestes*) species from hair through band pattern studies using discriminate function analysis (DFA) and microscopic examination. *Science and Justice* 49: 205-209.
- Samuels, J.X. (2009). Cranial morphology and dietary habits of rodents. *Zoological Journal of Linnaean Society* 156: 864–888.
- Sarkar, P.S., De, J.K. and Manna, C.K. (2011). Identification of dorsal guard hairs of five species of the family Cercopithecidae (Primates: Mammalia). *Current Science* 100(11): 1725-1728.
- Sato, H., Matsuda, H., Kubota, S. and Kawano, K. (2006). Statistical comparison of dog and cat guard hairs using numerical morphology. *Forensic Science International* 158: 94-103.
- Sato, I., Nakaki, S., Murata, K., Takeshita, H. and Mukai, T. (2010). Forensic hair analysis to identify animal species on a case of pet abuse. *International Journal of Legal Medicine* 124: 249-256.
- Sérgio, F.D.R., Duarte, L.C., Monteiro, L.R. and von Zuben, F.J. (2002). Geographic Variation in Cranial Morphology in *Thrichomys apereoides* (Rodentia: Echimyidae). II. Geographic Units, Morphological Discontinuities, and Sampling Gaps. *Journal of Mammalogy* 83: 345–353.
- Shintaku, Y. and Motokawa, M. (2016). Geographic Variation in Skull Morphology of the Large Japanese Field Mice, *Apodemus speciosus* (Rodentia: Muridae) Revealed by Geometric Morphometric Analysis. *Zoological Science* 33: 132–145.

- Short, H.L. (1978). Analysis of cuticular scales on hairs using the scanning electron microscope. *Journal of Mammalogy* 59(2): 161-268.
- Soni, V.C., Ashalatadevi, Y. and Nisihith, D. (2004). Hair structure in an ideal criterion to identify various species of genus *Panthera*. *Journal of Tissue Research* 4(1): 161-163.
- Treerink, B.J. (2003). *Hair of West-European Mammals: Atlas and Identification Key*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tridico, S.R., Houck, M.M., Paul Kirkbride, K., Smith, M.E. and Yates, B.C. (2014). Morphological identification of animal hairs: Myths and misconceptions, possibilities and pitfalls. *Forensic Science International* 238: 101-107.
- Turnbull, W.D. (1970). Mammalian masticatory apparatus. *Fieldiana Geology* 18: 149-356.
- Wood, A.E. (1955). A revised classification of the rodents. *Journal of Mammalogy* 36(2): 165-187.
- Wood, A.E. (1965). Grades and clades among rodents. *Evolution* 19: 115-130.

