

# การวิเคราะห์มูลสัตว์โบราณจากยุคไทรแอสซิกตอนปลาย หมวดหินห้วยหินลาดของประเทศไทย

## Coprolite analysis from the Late Triassic Huai Hin Lat Formation of Thailand

ธนิต นนท์ศรีราช<sup>1</sup>, สุรวเวช สุธีธร<sup>2</sup>

Thanit Nonsrirach<sup>1</sup>, Suravech Suteethorn<sup>2</sup>

### บทคัดย่อ

มูลสัตว์โบราณคือมูลของสิ่งมีชีวิตที่กลายเป็นซากดึกดำบรรพ์ ภายในประกอบด้วยเศษชิ้นส่วนของเหยื่อหรืออาหารที่ย่อยไม่หมดซึ่งสามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับอาหารที่บริโภค ระบบย่อยอาหาร และห่วงโซ่อาหาร มูลสัตว์โบราณทั้ง 20 ตัวอย่างจากแหล่งขุดค้นในอำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ ถูกจัดจำแนกตามลักษณะสัณฐานวิทยาออกเป็น 4 รูปแบบ มูลสัตว์โบราณรูปแบบ A และ B ที่มีลักษณะเป็นเกลียวถูกผลิตโดยฉลามและปลากระดูกแข็ง ในขณะที่มูลสัตว์โบราณรูปแบบ C และ D ที่ไม่มีเกลียวอาจถูกผลิตโดยสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกและสัตว์เลื้อยคลาน ผลการศึกษาองค์ประกอบภายในโดยใช้เทคนิค thin section พบเศษกระดูก เกล็ดปลา เปลือกหอยหรือออสตราคอด เศษโครงสร้างพืชและสปอร์ ซากดึกดำบรรพ์ทั้งหมดแสดงถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ล่าและเหยื่อได้แก่ พฤติกรรมของผู้ล่า ชนิดและอายุของเหยื่อ ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการสร้างรูปแบบห่วงโซ่อาหารโบราณในยุคไทรแอสซิกตอนปลายของไทย

**คำสำคัญ:** มูลสัตว์โบราณ เทคนิค thin section ห่วงโซ่อาหาร ยุคไทรแอสซิกตอนปลาย

### Abstract

Coprolites are fossilized feces of organisms. They may include preys remain or undigested food that can provide to an information about the diet, the trace of the digestive system, and the food webs. 20 coprolites were found in the Khonsan district, Chaiyaphum province. It can be classified on the basis of morphology into 4 morphotype. The spiral coprolites (morphotype A, B) are interpreted as being produced by sharks and bonny fish, whereas non-spiral coprolites (morphotype C, D) were probably produced by amphibians or reptiles. The thin section of coprolites was made to study its content. They compose of bone fragments, fish scales, shell, plant structure and spore, which show the interactions between predators and preys e.g. behavior of predators, age and kind of preys. It can be useful to creation of the ancient food chain in the late Triassic of Thailand.

**Keywords:** coprolite, thin section technique, food web, late Triassic

<sup>1</sup> นิสิตปริญญาโท, <sup>2</sup> อาจารย์, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

<sup>1</sup> Master degree student, <sup>2</sup> Lecture, Faculty of Science, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha Sarakham 44150, Thailand.

\* Corresponding author; Thanit Nonsrirach, , Department of Biology, Faculty of Science, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha Sarakham 44150, Thailand, Thailand, E-mail : [Thanit.Nonsrirach@gmail.com](mailto:Thanit.Nonsrirach@gmail.com)



## บทนำ

มูลสัตว์โบราณ (coprolite) คือ มูลของสิ่งมีชีวิตที่แปรสภาพเป็นซากดึกดำบรรพ์ มักเป็นสารประกอบแคลเซียมฟอสเฟต มีสีน้ำตาลหรือสีดำ และอาจพบเศษอาหารที่ไม่สามารถย่อยได้หรือย่อยไม่หมดอยู่ภายใน<sup>1</sup> มูลสัตว์โบราณนับว่าเป็นซากดึกดำบรรพ์ร่องรอย (trace fossil) กลุ่มหนึ่งที่มีความสำคัญมาก เพราะซากดึกดำบรรพ์ส่วนใหญ่เป็นโครงสร้างแข็ง (hard part body) เช่นกระดูกหรือฟัน ในขณะที่มูลสัตว์โบราณนั้นภายในสามารถพบได้ทั้งโครงสร้างแข็งและโครงสร้างอ่อนของสิ่งมีชีวิต (soft part body) เช่น กระดูก ฟัน เนื้อเยื่อ เศษชิ้นส่วนแมลงเส้นผมหรือขน เปลือกหอยหรือกระดอง และเมล็ดพืช<sup>2</sup> ซึ่งซากดึกดำบรรพ์เหล่านี้สามารถนำมาใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงห่วงโซ่อาหารหรือปฏิสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตได้<sup>3,4</sup>

ในพื้นที่ประเทศไทยมีรายงานการค้นพบแหล่งซากดึกดำบรรพ์มูลสัตว์โบราณยุคไทรแอสซิกตอนปลายในหมวดหินห้วยหินลาดจังหวัดชัยภูมิ<sup>1</sup> โดย Loajumpon และคณะ, 2012 ได้ทำการศึกษามูลสัตว์โบราณจากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ห้วยน้ำอุ่นและพื้นที่ใกล้เคียง สามารถจัดจำแนกตามลักษณะฐานวิทยาได้ 7 รูปแบบ ซึ่งพบมูลสัตว์โบราณรูปแบบ *Liassocopors hawkinsi* และ *Sauropros bucklandi* โดยนับเป็นการค้นพบครั้งแรกในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และสันนิษฐานอายุของชั้นหินหมวดหินห้วยหินลาดอยู่ในช่วงยุคไทรแอสซิกตอนปลาย (คาร์เนียน-นอร์เรียน)<sup>5</sup> ต่อมาในปี 2013 ทีมนักวิจัยไทย-ฝรั่งเศสได้ทำการออกสำรวจแหล่งซากดึกดำบรรพ์ในยุคไทรแอสซิกตอนปลายในพื้นที่อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิอีกครั้งทำให้พบแหล่งซากดึกดำบรรพ์แหล่งใหม่ที่มีการสะสมตัวของมูลสัตว์โบราณจำนวนมาก<sup>6</sup> โดยตัวอย่างทั้งหมดถูกเก็บไว้ที่ศูนย์วิจัยและการศึกษาบรรพชีวินวิทยา มหาวิทยาลัย

มหาสารคาม (PRC) และทำการศึกษาโดยการจำแนกจากลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายนอก

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาและจัดจำแนกซากดึกดำบรรพ์ที่อยู่ภายในมูลสัตว์โบราณ รวมทั้งหาปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ล่าและเหยื่อของสิ่งมีชีวิตในยุคไทรแอสซิกตอนปลาย ในแหล่งซากดึกดำบรรพ์อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ โดยการประยุกต์ใช้เทคนิค thin section ที่ใช้ในการตรวจสอบวิเคราะห์โครงสร้างของหินและแร่ธาตุ ด้วยวิธีการทำเป็นสไลด์และศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ในระดับจุลทรรศน์

## วิธีการดำเนินงานวิจัย

มูลสัตว์โบราณที่ทำการศึกษาได้จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ในอำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ ประกอบด้วยแหล่งซากดึกดำบรรพ์ห้วยน้ำอุ่น (HNU) ห้วยน้ำผุด (HNP) ห้วยข่า (HKA) และแหล่งศึกษาวัดถ้ำวิมานนาดิน (WWN) ทั้งหมดอยู่ในหมวดหินห้วยหินลาด (Huai Hin Lat Fm) ซึ่งมีอายุในช่วงไทรแอสซิกตอนปลาย ลักษณะทางธรณีวิทยาส่วนใหญ่เป็นหินโคลนเนื้อละเอียดหนามากกว่า 100 เซนติเมตรปิดทับอยู่บนหินปูนปนเชิร์ต วางตัวอยู่บนหินปูนยุคเพอร์เมียน<sup>5</sup> ซึ่งลักษณะทางกายภาพของหินบ่งชี้ว่าตะกอนมีการสะสมตัวในสภาพแวดล้อมแบบทะเลสาบ<sup>6</sup> ซากดึกดำบรรพ์ที่พบได้แก่มูลสัตว์โบราณ เกล็ดปลากระดูกแข็ง ฟันปลาฉลามน้ำจืด หอยสองฝาขนาดเล็ก และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก ทั้งหมดกระจายอยู่ในหินโคลนเนื้อปูนสีเทาเนื้อละเอียด

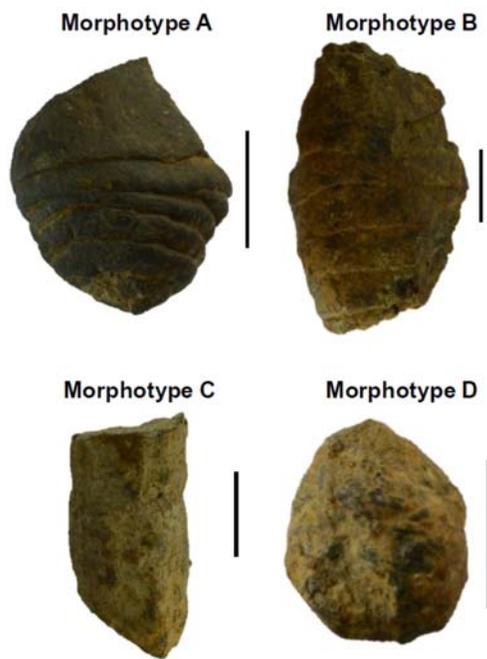
มูลสัตว์โบราณทั้ง 20 ตัวอย่างถูกจำแนกตามลักษณะทางสัณฐานวิทยา และศึกษาองค์ประกอบภายในด้วยการทำเป็นสไลด์แผ่นบาง (thin section technique) โดยตัวอย่างจะถูกฝังในเรซินจัดให้ได้แนวระนาบแล้วตัดครึ่งตามแนวยาวและแนวขวางด้วยใบเลื่อยตัดหิน (diamond saw) ตัดชิ้นตัวอย่างกับกระจกสไลด์จากนั้นตัดและขัดด้วยผงเพชร (diamond powder) จนกระทั่งชิ้นตัวอย่างบางประมาณ 30

ไมโครเมตร ถ่ายภาพตัวอย่างทั้งหมด จัดจำแนกและระบุชนิดซากดึกดำบรรพ์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์

## ผลการศึกษา

### การจัดจำแนกมูลสัตว์โบราณ

มูลสัตว์โบราณที่ทำการศึกษาในครั้งนี้สามารถจัดจำแนกตามลักษณะสัณฐานวิทยาได้ทั้งหมด 4 รูปแบบ (Figure 1) ดังนี้



**Figure 1** Specimens of late Triassic coprolite from Khonsan district, Chaiyaphum province. Scale bars equal 1 cm.

รูปแบบ A มีจำนวน 3 ตัวอย่างมีลักษณะทรงกลมรี ขนาดประมาณ 2 เซนติเมตร มีเกลียวประมาณ 5-6 เกลียว แบบ heteropolar หรือมีเกลียวที่ส่วนท้ายไม่เกิน 75 % ของความยาวทั้งหมด ผิวนอกขรุขระเป็นริ้วๆ และพบเกล็ดปลาติดอยู่ที่ผิว

รูปแบบ B มีจำนวน 3 ตัวอย่างมีลักษณะทรงกลมรี ขนาดประมาณ 4 เซนติเมตร มีเกลียวประมาณ 6-8 เกลียวแบบ amphipolar หรือมีเกลียวที่ส่วนท้ายมากกว่า 75 % ของความยาวทั้งหมด ผิวขรุขระเป็นริ้วๆ และพบเกล็ดปลาติดอยู่ที่ผิวนอก

รูปแบบ C มีจำนวน 8 ตัวอย่างมีลักษณะเป็นทรงกระบอกยาว ปลายกลมมนหรือตัดทื่อ มีขนาดประมาณ 2-3 เซนติเมตร ผิวเรียบไปจนถึงขรุขระและพบเกล็ดปลาติดอยู่ที่ผิวนอกในบางตัวอย่าง

รูปแบบ D มีจำนวน 6 ตัวอย่างมีลักษณะทรงกลมรีปลายกลมมน บางตัวอย่างปลายด้านหนึ่งเล็กเรียวยแหลมคล้ายรูปทรงหยดน้ำ ขนาดประมาณ 1.5 เซนติเมตร ผิวนอกขรุขระและพบเกล็ดปลาติดอยู่ที่ผิวนอกในบางตัวอย่าง

### ซากดึกดำบรรพ์ภายในมูลสัตว์โบราณ

ซากดึกดำบรรพ์ที่พบส่วนใหญ่เป็นเศษอาหารที่ไม่ย่อยหรือย่อยไม่หมด ซึ่งสามารถจัดจำแนกเบื้องต้นได้ดังนี้ (Table 1; Figure 2, 3, 4)

กระดูก (bone fragment) ตัวอย่างที่พบส่วนใหญ่แตกหักยากต่อการจัดจำแนก โดยกระดูกที่พบบางส่วนแสดงให้เห็นถึงโครงสร้างภายในคล้ายร่องรอยของเส้นเลือดและเส้นประสาท หรือ vascularized bone และกระดูกที่ปรากฏร่องรอยคล้ายรอยฟันบนกระดูก (teeth mark) ซึ่งอาจเกิดจากการกัดหรือฉีกเหยื่อของผู้ล่าที่เป็นสัตว์กินเนื้อ (carnivore)

กระดูกสันหลัง (vertebra) มีสภาพค่อนข้างสมบูรณ์ มีรูปทรงกระบอกปรากฏส่วนที่ยื่นออกทางด้านบน (neural spine) และส่วนยื่นออกไปทางด้านข้าง (transverse process) ที่ใช้สำหรับยึดกระดูกซี่โครง โดยอาจเป็นกระดูกสันหลังของปลาหรือสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก

กระดูกยางค์ (limb bone) ตัวอย่างที่พบเป็นกระดูกรูปทรงกระบอกที่ถูกตัดขวาง (cross section) มีลักษณะแบนรี ภายในประกอบด้วยกระดูกชั้นนอก (cortical) กระดูกชั้นใน (cancellus) และช่องไขกระดูก (marrow) ซึ่งกระดูกดังกล่าวอาจเป็นส่วนหนึ่งของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกหรือสัตว์เลื้อยคลานขนาดเล็ก

เกล็ดปลา (fish scale) ตัวอย่างที่พบค่อนข้างสมบูรณ์ โดยพบเกล็ดแบบ paleonisoid ที่เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีส่วนปลายมน ซึ่งเป็นลักษณะเกล็ด

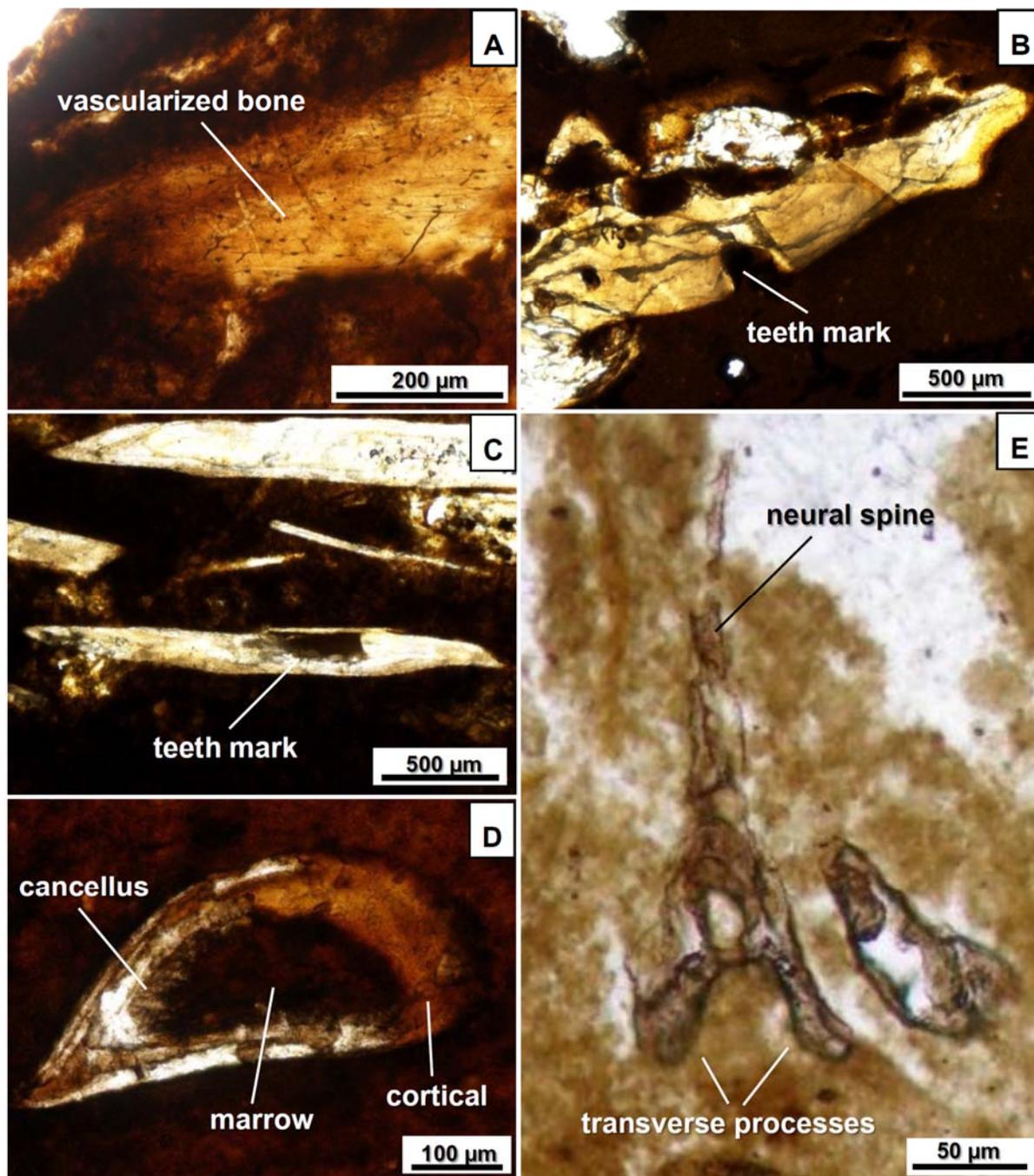

**Table 1** Localities, morphotypes, and fossil inclusions of the coprolites examined in this study.

specimen no.	locality	morphotype	fossil inclusions				
			bone	fish scale	shell & ostracod	plant	spore
PRC 006	HNP	A	✓	-	-	-	-
PRC 008	HNP	A	✓	-	-	-	-
PRC 014	WWK	A	✓	✓	-	-	-
PRC 009	HNP	B	✓	-	-	-	-
PRC 017	WWK	B	✓	✓	✓	-	-
PRC 020	WWK	B	✓	✓	-	-	-
PRC 003	HNU	C	✓	-	-	-	-
PRC 004	HNU	C	✓	-	-	-	-
PRC 005	HNP	C	✓	✓	-	-	-
PRC 010	HNP	C	✓	-	-	-	-
PRC 011	HNP	C	✓	✓	-	-	-
PRC 013	HKA	C	✓	-	-	✓	-
PRC 015	WWK	C	✓	✓	-	-	-
PRC 019	WWK	C	✓	✓	-	-	✓
PRC 001	HNU	E	✓	✓	-	-	-
PRC 002	HNP	E	✓	✓	-	-	-
PRC 007	HNP	E	✓	✓	✓	-	-
PRC 012	HNP	E	✓	✓	-	-	-
PRC 016	WWK	E	✓	✓	-	-	-
PRC 018	WWK	E	✓	✓	-	-	-

ของปลากลุ่ม Palaeonisciformes และยังพบเกล็ดปลาแบบ garnoid ที่เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน ผิวเรียบ ด้านตรงข้ามมีร่องบริเวณตรงกลางเกล็ด ซึ่งอาจเป็นเกล็ดของปลากลุ่ม Semionotiformes ที่มีรายงานการค้นพบในพื้นที่ใกล้เคียง<sup>1</sup> นอกจากนี้บริเวณผิวของเกล็ดปลาที่พบนั้นส่วนใหญ่ปรากฏเส้นเจริญเติบโต (annual growth ring) ประมาณ 2-3 วง ซึ่งสามารถใช้ในการบ่งชี้อายุของปลาที่เป็นเหยื่อและแสดงถึงพฤติกรรมของผู้ล่าที่มักเลือกเหยื่อในช่วงอายุประมาณ 2-3 ปีเป็นอาหาร

เปลือกหอย (shell) ตัวอย่างที่พบเป็นเปลือกสีขาวยรูปทรงกรวยปลายเรียวแหลม และมีรูตรงกลางเปลือก (body whorl) โดยเป็นลักษณะเด่นของหอยฝาเดียว (gastropod) และยังพบเปลือกรูปทรงกลมรี มีร่องเว้าตรงกลางซึ่งอาจเป็นเปลือกของออสตราคอด (ostracod) หรือเปลือกหอยสองฝาขนาดเล็ก (bivalve)

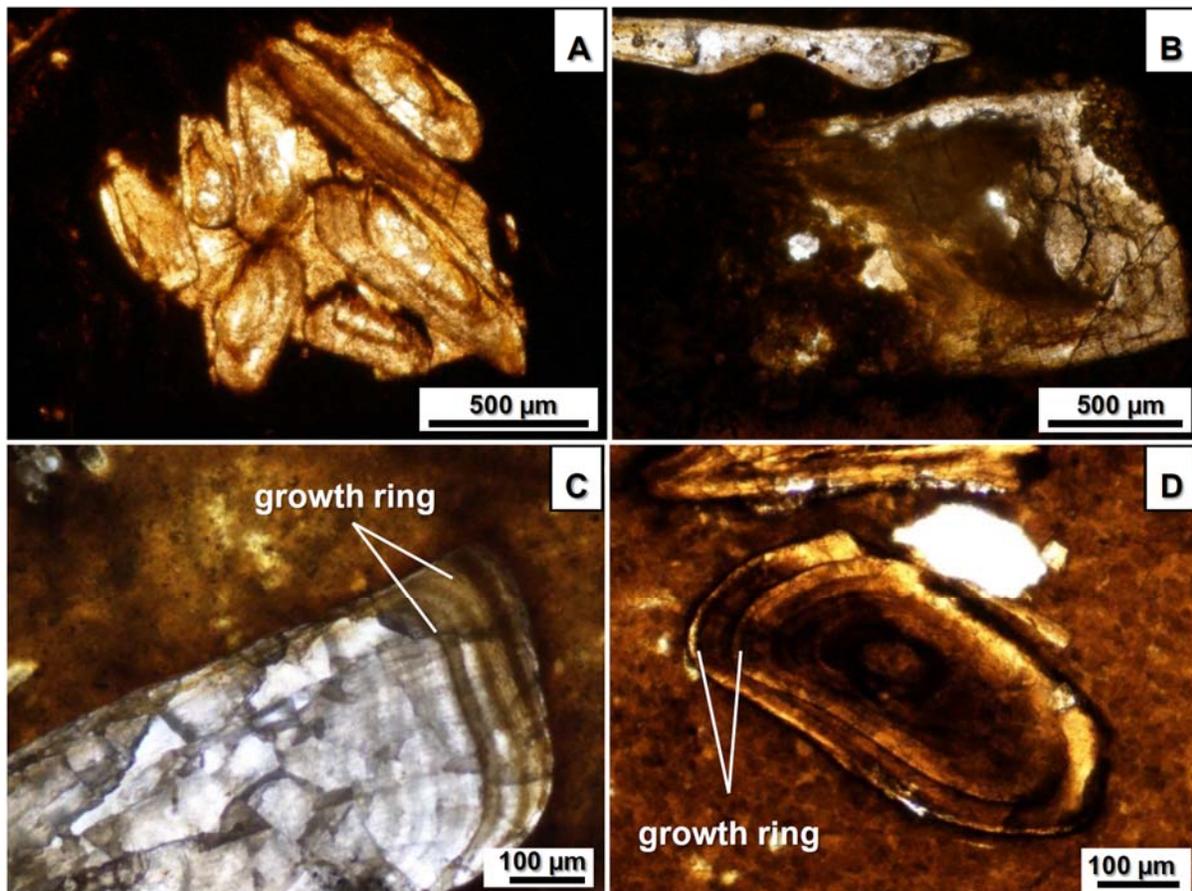
โครงสร้างพืช (plant remain) มีลักษณะเป็นเซลล์สีเทาอมน้ำตาลรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า เรียงต่อกันเป็นกลุ่มอยู่บริเวณผิวของมูลสัตว์โบราณ ซึ่งพืชดังกล่าวอาจเจริญขึ้นภายหลังจากที่มูลถูกขับออกจากร่างกายแล้ว



**Figure 2** Transmitted-light microscope photographs of thin-sections showing the bone remains preserved in late Triassic coprolites. A) Vascularized or lamellar-zonal bone. B-C) Bone fragment with teeth marks. D) cross section of a limb bone. E) Vertebrate of fish.

นอกจากนี้ยังพบซากดึกดำบรรพ์ทรงกลมรี  
สีน้ำตาลที่ยังไม่สามารถระบุได้ซึ่งมีลักษณะคล้าย  
สปอร์ (spore) โดยประกอบด้วยชั้นสีน้ำตาลทึบและ

ชั้นโปร่งแสงซึ่งอาจเป็นชั้น spore core และ cortex



**Figure 3** Transmitted-light microscope photographs of thin-sections showing the fossil remains preserved in late Triassic coprolites. A) Paleoniscoid fish scales. B) Garnoid fish scales C-D) Fish scales with growth ring.

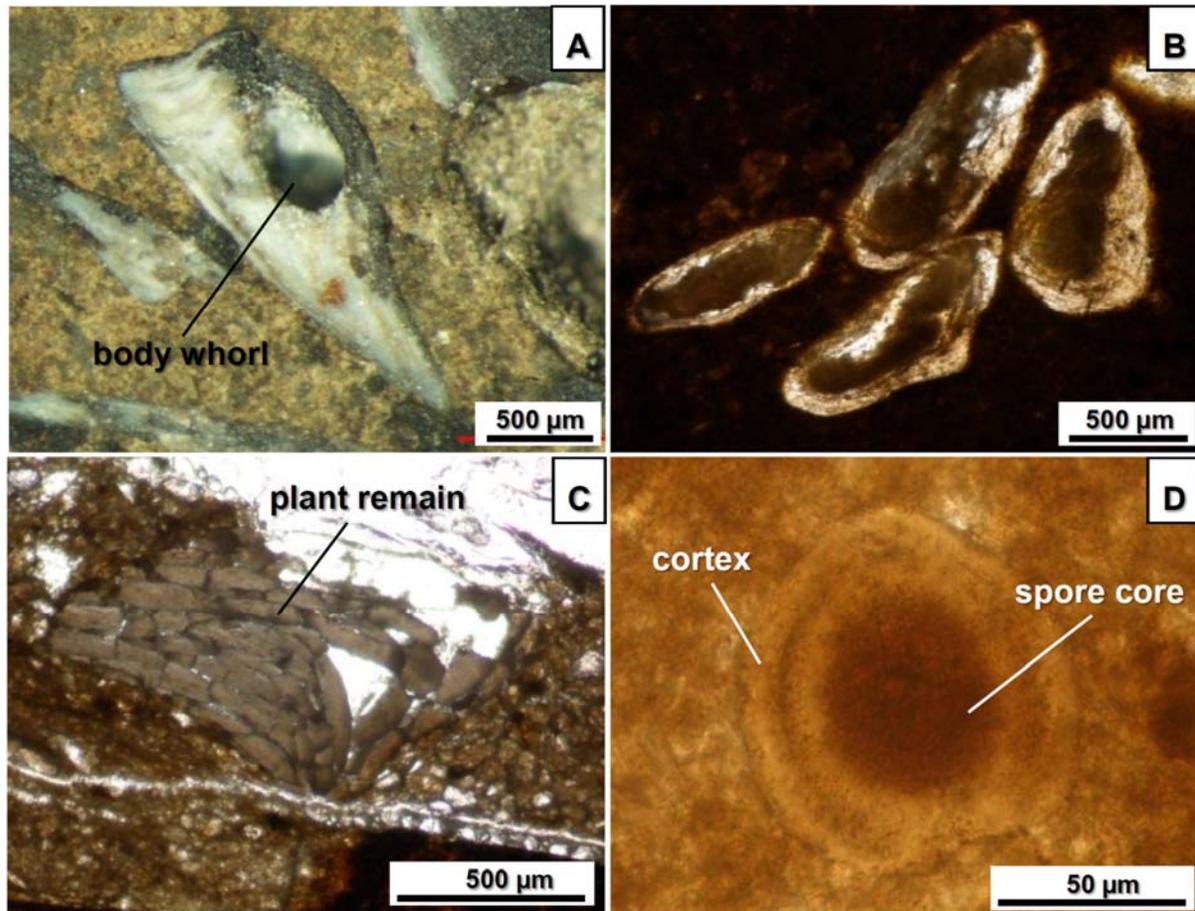
### วิจารณ์ผลการศึกษา

มูลสัตว์โบราณที่มีลักษณะทางสัณฐานวิทยา (ขนาด รูปร่าง และผิวนอก) ที่แตกต่างกันนั้นเกิดจากลักษณะลำไส้และช่องขับถ่ายของสิ่งมีชีวิตในแต่ละชนิดทำให้มูลมีรูปร่างและขนาดแตกต่างกันออกไป<sup>7</sup> โดยสัตว์บางชนิดอาจสร้างมูลที่แตกต่างกันหลายแบบหรือสัตว์หลายชนิดสามารถสร้างมูลที่มีรูปร่างคล้ายคลึงกันได้<sup>8</sup> ส่งผลให้การระบุสิ่งมีชีวิตผู้ผลิตมูลนั้นเป็นไปได้ยาก อย่างไรก็ตามปัจจุบันมีงานวิจัยที่ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะช่องขับถ่ายของ

สิ่งมีชีวิตและรูปร่างมูลสัตว์<sup>7,9</sup> ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการระบุกลุ่มของสิ่งมีชีวิตผู้ผลิตได้

มูลสัตว์ที่เป็นเกลียว (spiral coprolite) เกิดจากลำไส้ที่เป็นเกลียวเพื่อเพิ่มพื้นที่และระยะเวลาในการดูดซึมสารอาหารของสิ่งมีชีวิตจำพวกปลากระดูกอ่อน (chondrichthyan) และปลากระดูกแข็ง (actionpterygian)<sup>7,10</sup> ซึ่งเกลียวที่พบนี้นั้นจะแตกต่างกันออกไปในปลาแต่ละชนิดโดยฉลาม (shark) มักจะผลิตมูลที่มีเกลียวแบบ heteropolar<sup>10,11</sup> ในขณะที่มูลที่มีเกลียวแบบ amphipolar จะถูกผลิตโดยปลากระดูกแข็งจำพวกปลาปอด (lung fishes)<sup>10</sup> ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานการค้นพบฟันฉลาม *Hybodus*<sup>5</sup>

ในแหล่งซากดึกดำบรรพ์ห้วยน้ำอุ่น ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่ฉลามกลุ่ม *Hybodont* จะเป็นเจ้าของมูลสัตว์



**Figure 4** Transmitted-light microscope photographs of thin-sections showing the fossil remains preserved in late Triassic coprolites. A) Transversal section through a gastropod. B) Shell of ostracod or bivalve. C) Colony of plant remains. D) Cross section through a possible spore.

โบราณรูปแบบ A ในขณะที่มูลสัตว์โบราณรูปแบบ B ถูกผลิตโดยปลาอดจำพวก *Ferganoceratodus Szechuanensis* ซึ่งพบในบริเวณใกล้เคียง<sup>12</sup>

มูลสัตว์ที่ไม่มีเกลียว (non-spiral coprolite) เป็นลักษณะที่พบได้ทั่วไปในกลุ่มสัตว์มีกระดูกสันหลัง ซึ่งอาจจะเป็นรูปแบบเดียวกันตลอดทั้งชั้นหรือมีลักษณะแตกต่างกันไปในแต่ละส่วน<sup>7, 13</sup> โดยมูลที่มีรูปทรงกระบอกมักถูกผลิตโดยสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกและสัตว์เลื้อยคลาน<sup>7, 14, 15</sup> ซึ่งมูลสัตว์รูปแบบ C ที่มีรูปทรงกระบอกอาจถูกผลิตโดยสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก

จำพวกทิมโนสπονดิล (temnospondyl) และสัตว์เลื้อยคลานจำพวกไฟโตซอร์ (phytosaur) ที่มีรายงานการค้นพบในแหล่งซากดึกดำบรรพ์ห้วยน้ำอุ่นและห้วยซี้ตม<sup>6</sup> ในขณะที่มูลรูปแบบ D หรือรูปทรงกลมรี ที่ภายในพบเศษกระดูกและเกล็ดปลานั้นอาจถูกผลิตโดยสิ่งมีชีวิตอื่นๆที่กินปลาเป็นอาหาร (fish eater)

การประยุกต์ใช้เทคนิค thin section ในการศึกษาองค์ประกอบภายในมูลสัตว์โบราณ เป็นวิธีการที่สามารถนำมาใช้ในการศึกษาโครงสร้างอ่อนระบุนและจัดจำแนกชนิดของซากดึกดำบรรพ์ได้ แต่



วิธีการศึกษาดังกล่าวส่งผลตัวอย่างเสียหายหรือถูกทำลาย ควรมีการบันทึกข้อมูลทางสัณฐานวิทยาอย่างละเอียดก่อนทำการศึกษา โดยผลทดลองพบว่าตัวอย่างมูลสัตว์โบราณมีโครงสร้างที่เปราะบางแตกหักง่าย จึงควรฝังตัวอย่างที่ต้องการศึกษาลงใน โพลีเอสเตอร์ เรซิน (polyester resin) เพื่อเพิ่มความแข็งแรง นอกจากนี้การกำหนดตำแหน่งหรือทิศทางของการตัดชิ้นตัวอย่างก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญ เนื่องจากในบางครั้งซากดึกดำบรรพ์ที่ปรากฏในมูลสัตว์โบราณนั้นวางตัวอยู่ในระนาบที่ไม่สามารถระบุหรือจัดจำแนกชนิดได้ ซึ่งในขั้นตอนนี้อาจใช้วิธีการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (CT scan) มาใช้ในการกำหนดตำแหน่งของการตัดชิ้นตัวอย่างเพื่อให้การศึกษามีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

ผลการศึกษาซากดึกดำบรรพ์ภายในมูลสัตว์โบราณ พบเศษซากสิ่งมีชีวิตที่เป็นเหยื่อจำนวนมาก ได้แก่ กระดูก เกล็ดปลา เปลือกหอยหรือออสตราคอด เศษโครงสร้างพืชและสปอร์ โดยซากดึกดำบรรพ์ทั้งหมดแสดงให้เห็นถึงความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตยุคโบราณในพื้นที่ศึกษา และช่วยยืนยันว่ามูลสัตว์โบราณสามารถเก็บรักษาทั้งโครงสร้างแข็งและโครงสร้างอ่อนของสิ่งมีชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

รอยฟันที่ปรากฏบริเวณผิวกระดูกแสดงถึงพฤติกรรมการกัดหรือฉีกเหยื่อของผู้ล่าที่เป็นสัตว์ล่าเนื้อ สอดคล้องกับเศษกระดูกที่พบในมูลสัตว์โบราณทุกรูปแบบซึ่งบ่งชี้ว่าตัวอย่างที่ทำการศึกษาทั้งหมดถูกผลิตโดยสัตว์กินเนื้อ (carnivore) แม้ว่าบางตัวอย่างจะพบเศษโครงสร้างพืชอยู่ภายใน ซึ่งสามารถเกิดได้หลายกรณี<sup>4,16</sup> เช่น 1) พืชเจริญขึ้นภายหลังจากที่มูลของสัตว์ล่าเนื้อถูกขับออกจากร่างกาย 2) พืชและสปอร์เข้าไปในร่างกายของสัตว์ล่าเนื้อโดยบังเอิญในระหว่างการล่า 3) สิ่งมีชีวิตผู้ผลิตเป็นสัตว์ล่าเนื้อและสัตว์กินพืช (omnivore) ในกรณีของมูลสัตว์โบราณรูปแบบ C โครงสร้างพืชที่พบอยู่บริเวณผิวของ

ตัวอย่าง จึงมีความเป็นไปได้ที่พืชเจริญขึ้นภายหลังจากที่มูลถูกขับออกจากร่างกายแล้ว ซึ่งยืนยันได้ว่าตัวอย่างดังกล่าวเป็นมูลที่ถูกขับออกมาแล้ว หรือ coprolite มากกว่าที่จะเป็นมูลที่ค้างอยู่ในลำไส้และกลายเป็นซากดึกดำบรรพ์พร้อมกับร่างกายของสิ่งมีชีวิต หรือ intestinelite<sup>17</sup>

เกล็ดปลาที่พบแสดงให้เห็นว่าในยุคไทรแอสซิกมีปลากระดูกแข็งไม่น้อยกว่า 2 กลุ่มที่อาศัยอยู่ในแหล่งซากดึกดำบรรพ์อำเภอดอนสาร ได้แก่ Palaeonisciformes และ Semionotiformes ซึ่งเป็นหลักฐานที่ช่วยยืนยันถึงวิวัฒนาการของปลากระดูกแข็งในประเทศไทยที่มีมาตั้งแต่ยุคไทรแอสซิก

การประมาณค่าอายุของสิ่งมีชีวิตจากเส้นการเจริญเติบโตหรือเส้นบ่งอายุ (annual growth ring) เป็นการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตที่เปลี่ยนแปลงไปตามผลกระทบของอุณหภูมิในแต่ละช่วงฤดูกาลตามธรรมชาติ<sup>24</sup> วิธีการดังกล่าวถูกนำมาใช้ในการหาค่าอายุในสิ่งมีชีวิตอย่างแพร่หลาย เช่นการระบุอัตราการเติบโตจากวงปีต้นไม้<sup>19</sup> เกล็ดปลา<sup>20</sup> และกระดูกนิ้วของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก<sup>21</sup>

เกล็ดปลาที่พบในมูลสัตว์โบราณส่วนใหญ่ปรากฏเส้นการเจริญเติบโตค่อนข้างชัดเจนประมาณ 2-3 เส้น โดยแสดงถึงพฤติกรรมของผู้ล่าที่มักเลือกเหยื่อที่มีอายุประมาณ 2-3 ปีเป็นอาหาร ซึ่งอาจเป็นช่วงอายุที่มีขนาดหรือพฤติกรรมที่ง่ายต่อการล่า โดยกลุ่มปลากระดูกแข็งที่มีอายุในช่วงดังกล่าวจะมีขนาดประมาณ 30-35 เซนติเมตร<sup>20</sup> ในขณะที่ผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางมูลสัตว์และขนาดของผู้ผลิต<sup>22</sup> พบว่าผู้ล่าที่เป็นสัตว์เลื้อยคลานอาจมีขนาดใหญ่ถึง 200 เซนติเมตร

## สรุปผล

มูลสัตว์โบราณที่มีขนาดและรูปร่างที่แตกต่างกันแสดงถึงความหลากหลายทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิต

ยุคโบราณในแหล่งขุดค้นอำเภอกอนสาร จังหวัดชัยภูมิ โดยมูลสัตว์โบราณที่เป็นเกลียว (รูปแบบ A, B) ถูกผลิตโดยฉลามและปลาปอด ในขณะที่มูลสัตว์โบราณที่ไม่มีเกลียว (รูปแบบ C, D) อาจถูกผลิตโดยสัตว์มีกระดูกสันหลังจำพวกสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกและสัตว์เลื้อยคลาน โดยซากดึกดำบรรพ์ที่พบภายในแสดงให้เห็นถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ล่าและเหยื่อ เช่น พฤติกรรมของผู้ล่า ชนิดและอายุของเหยื่อ ซึ่งทั้งหมดเป็นข้อมูลพื้นฐานในการสร้างรูปแบบห่วงโซ่อาหาร (food web) ในยุคไทรแอสซิกของไทยได้ในอนาคต

การประยุกต์ใช้เทคนิค thin section ในการศึกษาองค์ประกอบภายในมูลสัตว์โบราณ สามารถนำมาใช้ในการศึกษาระบบและจัดจำแนกชนิดของซากดึกดำบรรพ์ทั้งในกลุ่มที่มีโครงร่างอ่อน และโครงร่างแข็งได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นวิธีการที่สร้างความเสียหายให้กับตัวอย่างที่ทำการศึกษาน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการศึกษาโครงสร้างภายในโดยวิธีอื่น อย่างไรก็ตามผลการศึกษาพบว่าซากดึกดำบรรพ์บางกลุ่มไม่สามารถจัดจำแนกหรือระบุชนิดได้จากภาพตัดขวาง (cross section) ซึ่งถือเป็นข้อจำกัดของเทคนิคดังกล่าว จึงควรเลือกใช้การศึกษารูปแบบอื่นร่วมด้วย โดยพิจารณาจากซากดึกดำบรรพ์ที่ต้องการศึกษาโดยเฉพาะ

### กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์เรียนดีวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย (SAST) ที่สนับสนุนทุนการศึกษา และการทำวิจัย และขอบคุณศูนย์วิจัยและการศึกษาบรรพชีวินวิทยา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม (PRC) ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการวิจัยครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

1. กรมทรัพยากรธรณี. ความหลากหลายทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิตดึกดำบรรพ์ในประเทศไทย. กรมทรัพยากรธรณี. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม; 2550. หน้า 181-193.
2. Jouy-Avantin, F., Debenath, A., Moigne A-M., and Mone', H. A. Standardized Method for the Description and the Study of Coprolites. *Journal of Archaeological Science*; 2003. p. 367–372. (30).
3. Richter G. and Baszio S. Traces of a limnic food web in the Eocene Lake Messel-a preliminary report based on fish coprolite analyses. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*; 2001. p. 345-368. (166).
4. Zaton M., Niedzwiedzki G., Marynowski L., Benzerara K., Pott C., Cosmidis J., Krzykawski T. and Filipiak P. Coprolites of Late Triassic carnivorous vertebrates from Poland: An integrative approach. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2015. p. 21–46. (430).
5. Laojumpon, C., Matkhammee, T., Wathanapitaksakul, A., Suteethorn, V., Suteethorn, S., Lauprasert, K., Srisuk, P., and Loeuff, J. Preliminary report on coprolites from the late triassic of Thailand, Vertebrate Coprolites. *New Mexico Museum of Natural History and Science*; 2012. p. 207-213. (57).
6. Laojumpon, C., Deesri, D., Khamha S., Wattanapitaksakul, A., Lauprasert, K., Suteethorn, S. and Suteethorn, V. New vertebrate-bearing localities in the Triassic of



- Thailand. Maharakham University Journal of Science and Technology; 2014. p.335-343. (33).
7. Hunt, A. P. and Lucas, S.G. Descriptive terminology of coprolite and recent feces. New Mexico Museum of Natural History and Science; 2012. p. 153-160. (57).
  8. Benton, M. and Harper, D. Basic Palaeontology. England: Addison Wesley Longman Limited. Edinburgh Gath, Harlow Essex CM20 2JE. ;1997, p. 274-285.
  9. Hunt, A. P., Lucas S. G., Spielmann J. A. and J Lerner A. A Review of Vertebrate Coprolites of the Triassic with descriptions of new Mesozoic Ichnotaxa. The Global Triassic. New Mexico Museum of Natural History and Science; 2007. p. 88-107. (41).
  10. Jain, S. L., Spirally coiled 'coprolites' from upper Triassic Maleri Formation. India: Paleontology; 1983. p. 813-829. (26).
  11. Diedrich, C. G., and Felker, H. Middle Eocene Shark Coprolites from Shallow Marine and Deltaic Coasts of the Pre-North Sea Basin in Central Europe. Vertebrate Coprolites. New Mexico Museum of Natural History and Science; 2012. p. 311-318. (57).
  12. Martin, M. and Ingavat, R. First record of an Upper Triassic ceratodontid (Dipnoi, Ceratodontiformes) in Thailand and its paleogeographical significance. Mémoires de la Société géologique de France; 1982. p. 101-105. (147)
  13. Thulborn, R.A. Morphology, preservation and palaeobiological significance of dinosaur coprolite. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology; 1991. p. 341-366. (83).
  14. Milàn, J., Clemmensen, L. B., Adolfssen, J. S., Estrup, E. J., Frobose, N., Klein, N., Mateus, O., Wings, O. A Preliminary Report on Coprolites from The Late Triassic Part of the Kap Stewart Formation, Jameson Land, East Greenland. Vertebrate Coprolites. New Mexico Museum of Natural History and Science; 2012. p. 203-205. (57).
  15. Milàn, J., Rasmussen, B. W., and Bonde, N. Coprolites with Prey Remains and Traces from Coprophagous Organisms from the Lower Cretaceous (Late Berriasian) Jydegaard Formation of Bornholm, Denmark. Vertebrate Coprolites. New Mexico Museum of Natural History and Science; 2012b. p. 235-240 (57).
  16. Scott, L., Fernández-Jalvo, Y., Carrión, J., and Brink, J. Preservation and Interpretation of pollen in hyaena coprolites: taphonomic observations from Spain and southern Africa. Palaeontologia Africana; 2003. p. 83–91. (39).
  17. Hunt, A. P. and Lucas, S.G. Classification of vertebrate coprolites and related trace fossil. New Mexico Museum of Natural History and Science; 2012. p. 137-146. (57).
  18. Curtin A. J. Bone Growth Strategies and Skeletochronological Age Estimates of Desert Tortoise (*Gopherus agassizii*) Populations. A Thesis. Submitted to the Faculty. Drexel University; 2006.
  19. Verheyden A., Kairo J. G., Beeckman H. and Koedam N. Growth Rings, Growth Ring



- Formation and Age Determination in the Mangrove *Rhizophora mucronata*. *Annals of Botany*; 2004. p. 59-66. (94).
20. Thomson S. K., Mccune A. R. Scale structure as evidence of growth patterns in fossil semionotid fishes. *Journal of Vertebrate paleontology*; 1984. p. 422-429. (3).
21. Mccreary B., Pearl C. A., Adams M. J. A protocol for aging anurans using skeleton-chronology : U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1209; 2008.
22. Milàn, J. Crocodylian scatology – a look into morphology, internal Architecture, inter- and intraspecific variation and prey Remains in extant crocodylian feces, *Vertebrate Coprolites*. *New Mexico Museum of Natural History and Science*; 2012. p. 65-71. (57).