

ชื่อโครงการวิจัย การใช้นาโนเทคโนโลยีในการศึกษาสัณฐานวิทยา การวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณของเปลือกไข่ไก่ฟ้าเพื่อการอนุรักษ์

Nanotechnology using on morphology, qualitative and quantitative elemental analysis of pheasants eggshell for conservation

## บทนำ (Introduction)

### ความสำคัญ ที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ไก่ฟ้า (pheasants) เป็นกลุ่มนกที่อยู่ในอันดับ (Order) Galliformes (วงศ์) Family Phasianidae เช่น ไก่ฟ้า นกยูง นกกระทา นกคุ้ม นกแว่น และนกหว่า บรรพบุรุษของไก่ฟ้าคือ ไก่ป่า (*Gallus gallus*) ที่มีถิ่นกำเนิดในป่าเขตร้อนของทวีปเอเชีย ไก่ฟ้าจัดว่าเป็นนกที่เป็นตัวแทนที่ดีของชนิดนกในเขต Oriental Region (Podulka, 2004) เป็นนกที่มีลักษณะสวยงาม ทำรังและหาอาหารบนพื้นดิน จะบินขึ้นไปเกาะบนต้นไม้เฉพาะเวลานอนหรือตกใจเมื่อหนีศัตรู ไก่ฟ้าทุกชนิดในวงศ์นี้ตัวผู้จะมีสีสันสวยงามกว่าตัวเมีย ทั้งยังมีพฤติกรรมคล้ายกับนก Bird of paradise คือจะใช้เวลาส่วนใหญ่ไปกับการอวดโฉมและผสมพันธุ์กับตัวเมียหลายตัว ส่วนนกตัวเมียจะมีสีค่อนข้างกลมกลืนกับธรรมชาติ เช่น สีน้ำตาลและสีเทา เพื่ออำพรางตัวให้กลมกลืนกับสภาพแวดล้อมเป็นการหลบซ่อนจากศัตรูในเวลาที่ต้องกกไข่และเลี้ยงดูลูกตามลำพัง ไก่ฟ้า มีมากมายหลายชนิดกระจายอยู่ทั่วโลก ทั้งหมด 16 ตระกูล 48 ชนิด และมีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปเอเชียทั้งสิ้น ยกเว้นเพียงชนิดเดียวคือนกยูงคองโกที่มีถิ่นกำเนิดในทวีปอาฟริกา (<http://www.panyathai.or.th>)

ปัจจุบันไก่ฟ้าหลายชนิดจัดเป็นสัตว์ป่าคุ้มครองที่อนุญาตให้มีการเพาะพันธุ์ได้เช่น ไก่ฟ้าพญาลอ ไก่ฟ้าหน้าเขียว ไก่ฟ้าหลังเทา ไก่ฟ้าหลังขาว ไก่ฟ้าหางลายขวาง จากชนิดนกทั้งหมด 42 ชนิด ตามกฎกระทรวงกำหนดชนิดของสัตว์ป่าคุ้มครองชนิดที่เพาะพันธุ์ได้ พ.ศ. 2546 โดยเฉพาะไก่ฟ้าพญาลอ (Siamese fireback, *Lophura diardi*) เป็นไก่ฟ้าที่สวยงามที่สุดชนิดหนึ่งของไทย กองอนุรักษ์สัตว์ป่า กรมป่าไม้ได้เสนอให้ไก่ฟ้าพญาลอเป็นนกประจำชาติ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2528 (<http://www.panyathai.or.th>) ซึ่งจุดประสงค์ของการเลี้ยงไก่ฟ้าที่มีความสวยงาม ส่วนใหญ่เป็นการเลี้ยงเพื่อความเพลิดเพลิน พักผ่อนหย่อนใจ แต่ประชากรไก่ฟ้าในธรรมชาติได้ลดจำนวนลง จึงได้มีการเพิ่มมาตรการเพื่อขยายพันธุ์และต้องป้องกันการสูญพันธุ์ไป นอกจากการเพาะเลี้ยงไก่ฟ้าที่มีถิ่นกำเนิดในไทยแล้ว ยังได้ขยายวงกว้างเพาะพันธุ์ไก่ฟ้าที่นำเข้าจากต่างประเทศอีกหลายชนิด เช่น ไก่ฟ้าสีทอง ไก่ฟ้าเลดี้ ไก่ฟ้ารีฟ ไก่ฟ้าเอลโล่ เป็นต้น จะเห็นว่าไก่ฟ้าเป็นสัตว์เลี้ยงที่หายากและมีราคาแพง ซึ่งตัวอย่างและการศึกษาในเรื่องต่างๆ โดยเฉพาะเรื่องเปลือกไข่ของไก่ฟ้ายังไม่มีการศึกษาในประเทศไทยมาก่อน

การที่จะได้มาซึ่งเปลือกไก่อ้วตามธรรมชาติและจากฟาร์มที่เพาะเลี้ยงนั้นเป็นสิ่งที่ทำได้ยากลำบากมาก เพราะตามธรรมชาติไก่อ้วและนกชนิดต่างๆ จะทำรังเพื่อวางไข่ในที่ที่ปลอดภัยที่สุดซึ่งยากต่อการค้นพบ (Peterson, 1978) วิธีที่จะเก็บไข่นกและไก่อ้วเพื่อนำมาศึกษานั้นอาจได้จากการลักไข่นกจากรังนกหรือการเก็บไข่นกจากรังที่แม่นกทิ้งรังหรือการเก็บเปลือกไข่นกที่แม่นกเก็บไปทิ้งให้พ้นรังหลังจากลูกนกฟักตัวแล้ว (Snodderly และ Max, 1978; Sordahl, 1994; Sandercock, 1996) ซึ่งวิธีสุดท้ายนี้จะได้เปลือกไข่ที่แตกและไม่สมบูรณ์ ดังนั้นจะได้ข้อมูลที่คลาดเคลื่อนไป ด้วยความยากลำบากดังกล่าวทำให้นักวิจัยและข้อมูลของเปลือกไข่นกตามธรรมชาตินั้นขาดแคลนมาก

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเปลือกไข่ไก่อ้วนั้นยังไม่พบว่ามีผู้ใดได้ศึกษาและเก็บรวบรวมมาก่อนในประเทศไทย ซึ่งไก่อ้วเกือบทั้งหมดมีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชีย จึงเป็นสิ่งที่ควรศึกษาและเก็บรวบรวมไว้เป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงทำให้คณะผู้วิจัยซึ่งเป็นนักวิจัยสาขาสัตววิทยาที่มีความเชี่ยวชาญเรื่องปักษีวิทยาและด้านจุลทรรศน์อิเล็กตรอน มีความตั้งใจอย่างสูงที่จะร่วมประสานกันในการที่จะรวบรวมและเก็บข้อมูลของเปลือกไข่ไก่อ้ว โดยคณะผู้วิจัยมีความตั้งใจที่จะทำการศึกษาเปลือกไข่ไก่อ้วเพาะเลี้ยงที่ได้จากฟาร์มที่สามารถติดต่อได้ที่อยู่ในจังหวัดภาคกลางและบริเวณที่ใกล้เคียง ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญมากสำหรับชมรมผู้รักนกและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์นกต้องตระหนักถึง โดยงานวิจัยนี้จะศึกษาทั้งทางด้านนิเวศวิทยาและศึกษาวิเคราะห์เปลือกไข่ โดยนาโนเทคโนโลยีด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดไว้อย่างละเอียดครบถ้วน เพื่อนำข้อมูลทั้งหมดจากงานวิจัยนี้ใช้เป็นฐานข้อมูลเพื่อดำเนินการจัดจำแนกชนิดของเปลือกไข่ไก่อ้วต่อไปและสามารถใช้ข้อมูลทางจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของเปลือกไข่นกในการเปรียบเทียบกับการจัดอนุกรมวิธานของนกที่เคยได้จัดไว้แล้ว ว่ามีความสัมพันธ์หรือสอดคล้องกันหรือไม่อย่างไร ข้อมูลของปริมาณและคุณภาพของธาตุต่างๆ ในเปลือกไข่นี้มีประโยชน์ในการใช้เปรียบเทียบเมื่อมีการปนเปื้อนของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมหรือเมื่อสัตว์ปีกที่เป็นโรคและมีการสร้างเปลือกไข่ที่ผิดปกติไป (Lundholm, 1995; Mora, 2003; Miguel, 2003)

เปลือกไข่นกที่พบตามธรรมชาตินี้เป็นหลักฐานที่มีคุณค่าสูงทางนิเวศวิทยาที่ธรรมชาติได้มอบไว้ให้เพราะทำให้นักวิจัยได้ทราบถึงความเป็นไปของจำนวนลูกนกที่เกิดขึ้นใหม่หรือจำนวนลูกนกที่ไม่ได้ฟักตัวตลอดจนใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีววิทยา (Biological indicator) ของสภาพสิ่งแวดล้อมว่ามีความผันแปรหรือไม่อย่างไร โดยต้องศึกษาถึงองค์ประกอบของธาตุและลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเปลือกไข่นก เช่น ความหนา (thickness) รูปร่างโครงสร้าง (form) ขนาดไข่ (egg size) องค์ประกอบธาตุ (elements) และลักษณะรูที่เปลือกไข่ (features of porous system) ว่ามีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร ในขณะที่เกิดความผันแปร

และมีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม เพราะองค์ประกอบของเปลือกไข่ทั้งหมด ความหนาบาง ตลอดจนสีของเปลือกไข่สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้สภาพสิ่งแวดล้อม (Environmental indicator) ณ บริเวณหรือสถานที่ที่นกอาศัยอยู่ได้เป็นอย่างดี (Nys และคณะ, 2004) ซึ่งสามารถใช้เป็นหลักฐานทางอนุกรมวิธาน (Taxonomy) ในการจำแนกชนิดของนกตามองค์ประกอบและข้อมูลของเปลือกไข่ได้ (Mikhailov, 1997; Palevol, และคณะ, 1999; Nys และคณะ, 2004) นอกจากนี้นักวิทยาศาสตร์ยังได้ศึกษาถึงความหนาของเปลือกไข่นก (thickness of bird eggshell) ที่สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ให้ทราบถึงอายุ (Cusack และคณะ, 2003) สุขภาพ และโรคที่เกิดกับแม่พันธุ์ เช่น การติดเชื้อของรังไข่และปีกมดลูก (Ridler, 2000) หลักฐานของเปลือกไข่ยังทำให้ทราบถึงโลหะหนักที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมได้ (Heavy metal contamination in environment) (Lundholm, 1995; Mora, 2003)

**คำสำคัญ (Keywords):** Pheasants Eggshells, Energy Dispersive X-ray Analysis (EDX), Morphology, Secondary Electron Imaging (SEI)

## เนื้อเรื่อง (Main Body)

### ทฤษฎี สมมติฐานและกรอบแนวความคิด (Conceptual Framework) ของโครงการวิจัย

ผู้วิจัยมีแนวคิดว่าเปลือกไข่นกน่าจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่ใช้ในการจัดอนุกรมวิธานของนกได้ และนอกเหนือจากนี้ ข้อมูลรายละเอียดของโครงสร้างของเปลือกไข่นกจึงอาจมีความสัมพันธ์บางอย่างกับการจัดอนุกรมวิธานของนกจากข้อมูลของ DNA

### การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง

เปลือกไข่นกเป็นสิ่งที่กั้นอยู่ระหว่างไข่ ที่อยู่ภายในกับสิ่งแวดล้อม (Hunton, 2005) เปลือกไข่มีความสำคัญสำหรับการสืบพันธุ์ของสัตว์ปีกทุกชนิด องค์ประกอบของโครงสร้างเปลือกและคุณสมบัติสะท้อนถึงการทำหน้าที่ในการสืบพันธุ์ โดยมีหน้าที่พื้นฐานคือ เพื่อป้องกันไข่ที่บรรจุอยู่ภายในจากจุลินทรีย์ ต่างๆ รวมถึงสภาพแวดล้อม เพื่อจะควบคุมการแลกเปลี่ยนน้ำและก๊าซผ่านทางช่องระหว่างการพัฒนาของตัวอ่อน และเป็นแหล่งแคลเซียมสำหรับการพัฒนาของตัวอ่อน ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เปลือกไข่ต้องมีลักษณะเป็นรูพรุน (Nys และคณะ, 2004) การแลกเปลี่ยนก๊าซของตัวอ่อนสัตว์ปีกนั้นจะถูกจำกัดหรือขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของการแพร่ของก๊าซผ่านทางเยื่อหุ้มไข่ขาว (shell membrane) และเปลือกไข่ (eggshell) (Wangensteen and

Rahn, 1970) การศึกษาเกี่ยวกับเปลือกไขในอดีตมีการวิเคราะห์ทางเคมีแสดงว่ามีแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบอยู่ 97 เปอร์เซ็นต์ (Burley และ Vadehra, 1989)

การศึกษาเกี่ยวกับเปลือกไขของสัตว์ ในอดีตมีการค้นพบฟอสซิล (fossil) ของเปลือกไขสัตว์ดึกดำบรรพ์ แล้วนำไปสู่การศึกษาเพื่อให้สามารถจำแนกชนิด หรือจัดกลุ่มของเปลือกไข โดยใช้ลักษณะโครงสร้างพื้นฐานของเปลือกและลักษณะรู (pore system) (Zelenitsky และคณะ, 1996) ต่อมา มีรายงานข้อมูลเกี่ยวกับเปลือกไขของสัตว์หลายชนิด เช่น การศึกษาในเปลือกไขสัตว์เลื้อยคลาน Mathies และ Andrews (2000) ศึกษาสัณฐานวิทยาของเปลือกไขของกิ้งก่าในรัฐเวอร์จิเนีย อริโซนาและนิวเม็กซิโกในช่วงปี 1993-1997 พบว่าโครงสร้างของเปลือกไขประกอบด้วย 3 ชั้นคือ ชั้นนอกสุดเป็นชั้น cuticle ชั้นที่สองคือชั้นที่เป็น crystalline layer ซึ่งมีการเรียงตัวที่แตกต่างกัน ทำให้ผิวเปลือกไขกิ้งก่าแต่ละชนิดแตกต่างกัน ชั้นในสุดเป็นชั้นเยื่อหุ้ม ซึ่งเป็นชั้นที่ไม่มีความแตกต่างกันเลยในกิ้งก่าแต่ละชนิด

สำหรับการศึกษาเปลือกไขสัตว์ของไทย พบเพียงการศึกษาในสัตว์เลื้อยคลานเช่น ไข่ของตะพาบน้ำมันลาย (Narrow-headed Soft-shell Turtle, *Chitra chitra* Nutphand) ที่ศึกษาโครงสร้างด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด การวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุทั้งทางด้านคุณภาพและปริมาณในแต่ละชั้นของเปลือกไขด้วย Energy dispersive X-ray analysis (EDX) และยังศึกษาถึงสัดส่วนขนาดของผงแป้ง (powder-size) ของเม็ดอนุภาค (particles) ด้วยการวิเคราะห์ด้วยวิธี X-ray diffraction analysis พบว่าเปลือกไขของตะพาบน้ำประกอบด้วย 3 ชั้น ด้านนอกเป็นเยื่อหุ้มที่มีแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบ (calcareous) ชั้นกลางเป็นชั้น crystalline ส่วนเยื่อหุ้มชั้นในเป็นชั้น fibrous ที่สานกันเป็นตาข่าย เปลือกไขประกอบด้วยธาตุออกซิเจน คาร์บอน แมกนีเซียม แคลเซียม ซิลิกา อลูมิเนียม โพแทสเซียมและโซเดียม ในส่วนประกอบ 53%, 35%, 5.55%, 5.4%, 2.9%, 2.3%, 0.17% และ 0.74% ตามลำดับ (Kitimasak และคณะ, 2003)

การศึกษาโครงสร้างอย่างละเอียดของเปลือกไขนกด้วยกล้องจุลทรรศน์ เริ่มจาก Simons ในปี ค.ศ. 1971 ทำให้ทราบว่าเปลือกไขมีโครงสร้างที่ซับซ้อนมากกว่าจะเป็นเพียงองค์ประกอบของแคลเซียมคาร์บอเนตเท่านั้น และโครงสร้างของเปลือกไขจะมีลักษณะเฉพาะของนกแต่ละชนิด สามารถใช้ประโยชน์ในการจำแนกกลุ่ม และศึกษาด้านวิวัฒนาการของนกด้วย ดังเช่น ในรายงานของ Zelenitsky และคณะ (2002) ศึกษาซากโบราณของไขไดโนเสาร์ในกลุ่ม Troodontid Theropod ซึ่งเชื่อว่าเป็นบรรพบุรุษของนกในปัจจุบัน พบว่ามีลักษณะโครงสร้างเปลือกไขที่คล้ายกับของนกในกลุ่มที่บินไม่ได้ ผลการทดลองยังชี้ให้เห็นว่าเปลือก

ไข่นกแต่ละชนิดมีส่วนส่วนของความหนาชั้น mammillary กับความหนาทั้งหมดของเปลือกไข่ที่แตกต่างกัน และไดโนเสาร์กลุ่ม Troodontid Theropod ก็มีสัดส่วนของความหนาชั้น mammillary กับความหนาทั้งหมดของเปลือกไข่ใกล้เคียงกับนกในกลุ่มที่บินไม่ได้ เป็นการยืนยันว่านกมีวิวัฒนาการมาจากไดโนเสาร์กลุ่มนี้

สำหรับการศึกษาเปลือกไข่นกของต่างประเทศหลายชิ้น เช่น Solomon (1991) และ Nys และคณะ (1999) ศึกษาพบว่าเปลือกไข่นกประกอบด้วยชั้นต่างๆ โดยชั้นนอกเป็นชั้นที่ไม่มีแคลเซียม ส่วนชั้นด้านในมีโครงสร้างเป็นรูปกรวย (cone) นอกจากนี้ในปี ค.ศ. 1990 Hirsch และ Quinn ศึกษาซากโบราณของเปลือกไข่ พบว่าเปลือกไข่ของนกในกลุ่ม Neognathae มีสัดส่วนของชั้น mammillary ต่อชั้นอื่นๆ อยู่ระหว่าง 1 ต่อ 6 ถึง 1 ต่อ 8 Dennis และคณะ (1996) ศึกษาองค์ประกอบของสารอินทรีย์ของเปลือกไข่ไก่พันธุ์ White Leghorn Chickens (*Gallus gallus*) โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดและกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงและวิเคราะห์ชั้นของแร่ธาตุ (mineral phase) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน X-ray compositional microanalysis และ Electron diffraction พบว่าเปลือกไข่ประกอบด้วยชั้นcuticle 2 ชั้น ชั้นในเป็นชั้นแร่ธาตุและชั้นนอกประกอบด้วยองค์ประกอบเป็นสารอินทรีย์ต่างๆ ชั้นต่อมาเป็นชั้นที่มีแคลเซียมสะสมซึ่งเป็นชั้นที่มีความหนามาก ชั้นในสุดเป็นชั้นของเยื่อหุ้ม นอกจากนี้ Chang และคณะ (2007) ได้ศึกษาและพบว่าองค์ประกอบธาตุของเปลือกของไก่ฟ้าในธรรมชาติและไก่ฟ้าเลี้ยงคล้ายกัน มีเพียงบางธาตุที่แตกต่างกันมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่น กำมะถัน ทองแดง เหล็ก อลูมิเนียม แมงกานีส ซิลิคอน ซีลีเนียมและโครเมียม ค่าองค์ประกอบธาตุในเปลือกไข่ของไก่ฟ้าเลี้ยง มีความแตกต่างจากไก่ฟ้าธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและรายงานว่าการที่ไก่ฟ้าได้รับเหล็ก แมงกานีส ซิลิคอนและซีลีเนียมปริมาณน้อยและได้รับกำมะถัน ทองแดง อลูมิเนียม โครเมียม ปริมาณที่มาก อาจส่งผลให้ไก่ฟ้าที่เลี้ยงมี การเจริญพันธุ์ลดลง

องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญในเปลือกไข่ นอกจากจะมีความสำคัญต่อการพัฒนาของตัวอ่อนแล้วยังสะท้อนให้เห็นถึงความสมบูรณ์ของโภชนาการของตัวแม่ (Chang และคณะ, 2007) เช่น Ridler (2000) ศึกษาโรคเปลือกไข่นิ่มในนกพิราบ พบว่ามีสาเหตุมาจากการสะสมแคลเซียมได้ไม่เพียงพอ และอาจเป็นผลมาจากการติดเชื้อแบคทีเรียในมดลูก นอกจากนี้องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญในเปลือกไข่และคุณภาพของไข่ เช่นความหนาของเปลือกไข่ซึ่งเป็นตัวชี้วัดถึงคุณภาพของที่อยู่อาศัยและผลกระทบของมลภาวะที่ปนเปื้อนในสภาพแวดล้อมที่มีต่อการสืบพันธุ์ของสัตว์ปีก ดังเช่น การพบโลหะหนักในเปลือกไข่สามารถสะท้อนให้เห็นถึงคุณภาพของที่อยู่ (habitat) ของนก (Changและคณะ, 2007; Castilla และคณะ, 2009) นอกจากนี้พบว่าการทดลองให้ไก่เลี้ยงกินปรอท (methyl mercury) ขนาด 5 มิลลิกรัม ทุกวันเป็นเวลา 6 วัน

ทำให้แมงกิ้งไม่สามารถผลิตไข่ได้อย่างสมบูรณ์เพราะเปลือกไข่นั้นบางมาก (Lundholm, 1995) ทั้งนี้ความหนาของเปลือกไข่เป็นสัญญาณอันดับแรกๆที่แสดงให้เห็นถึงผลกระทบของมลภาวะที่มีต่อการสืบพันธุ์ของนก (Ratcliffe, 1976) โดยเปลือกไข่ที่บางลงอาจจะลดความสำเร็จในการฟักไข่เนื่องจากไข่อาจจะแตกออกในระหว่างการฟัก หรือไข่อาจจะมีการระเหยมากเกินไปจนแห้ง (Drent and Woldendorp, 1989) และยังพบอีกว่าการได้รับโลหะหนักอาจจะมีอิทธิพลในทางลบกับขนาดของไข่นก ที่อาจจะมีผลกระทบต่อการเติบโตในช่วงแรกและการมีชีวิตอยู่ในรังของนก (Bize *et al.*, 2002) สอดคล้องกับการศึกษาของ Mora (2003) ที่ศึกษาเปลือกไข่นกธรรมชาติในรัฐอริโซนา ประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่ามีโลหะหนักตกค้างในเปลือกไข่หลายชนิด เช่น ธาตุสตรอนเตียม สารหนู แบเรียม ทองแดง และวาเนเดียม ซึ่งมีผลทำให้อัตราการฟักตัวของลูกนกลดลงอย่างมาก

การศึกษาของ Miguel (2003) พบปริมาณโลหะที่กระจายตัวในไข่และเปลือกไข่ของนกที่กำลังจะสูญพันธุ์คือ Southwestern Willow Flycatcher (*Empidonax trillii extimus*) จาก 4 บริเวณของรัฐอริโซนา พบธาตุ อลูมิเนียม แบเรียม ทองแดง แมงกานีส ซีรีเนียมและสังกะสี ในไข่และเปลือกไข่ ซึ่งมีผลต่อการฟักตัวของไข่ในบางพื้นที่ที่ศึกษา รวมถึงการศึกษาของ Swailch และ Sansur (2006) ที่แสดงถึงผลของโลหะหนักที่กระทบต่อนกกระจอกใหญ่ พบว่าการสะสมโลหะหนักในอวัยวะต่างๆ รวมถึงในไข่และเปลือกไข่นกด้วย โดยวัดความเข้มข้นของ ทองแดง แคดเมียม โปรทและสังกะสีในเนื้อเยื่อและอวัยวะต่างๆ ของนกกระจอกตัวผู้และตัวเมียที่ยังไม่เต็มวัย (อายุ 1-4 สัปดาห์) และตัวเต็มวัย พบว่าเนื้อเยื่อและอวัยวะที่พบโลหะหนักปริมาณมากไปน้อยตามลำดับ ได้แก่ ตับ กระเพาะ กระดูก ปอดและขนนก กล้ามเนื้อ ไข่และสมอง หัวใจ เปลือกไข่ นอกจากนี้พบว่านกตัวเต็มวัยที่เก็บจากชนบท พบปริมาณ ทองแดง โปรทและสังกะสี น้อยกว่านกในเมืองอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งยังพบว่าความเข้มข้นของโลหะมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับอายุของนก ซึ่งจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้เปลือกไข่เป็นตัวชี้วัด (indicator) แสดงถึงคุณภาพของสิ่งแวดล้อมและยังสามารถใช้นกกระจอกใหญ่ในการติดตาม (Biomonitor) ความเป็นพิษของโลหะในเมืองได้

การใช้เทคนิคต่างๆในการศึกษาพื้นผิวของเปลือกไข่ในต่างประเทศมีผู้ศึกษา โดยใช้หลายวิธีการศึกษาขนาดและการจัดเรียงตัวของ crystal สามารถใช้ optical microscopy ได้ โดยใช้ slide แต่ศึกษาได้เพียงภาพ 2 มิติ สำหรับการวิเคราะห์ X-ray technique ได้ภาพเป็น 3 มิติ ซึ่งทำให้ทราบถึงสภาพพื้นผิวและทราบถึงองค์ประกอบที่อยู่เปลือกไข่ด้วย นอกจากนี้ยังมีผู้ใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดและส่องผ่านเพื่อศึกษาโครงสร้างเนื้อเยื่อด้วย (Nys และคณะ, 2004)

Dennis และคณะ (1996) ศึกษาองค์ประกอบของสารอินทรีย์ของเปลือกไข่ไก่พันธุ์ white leghorn chickens (*Gallus gallus*) โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดและกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง และวิเคราะห์ mineral phase ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน X-ray compositional microanalysis และ Electron diffraction พบว่าเปลือกไข่ประกอบด้วยชั้น cuticle 2 ชั้น ชั้นในเป็นชั้นแร่ธาตุและชั้นนอกประกอบด้วยองค์ประกอบเป็นสารอินทรีย์ต่างๆ ชั้นต่อมาเป็นชั้นที่มีแคลเซียมสะสมซึ่งเป็นชั้นที่มีความหนาแน่นมาก ชั้นในสุดเป็นชั้นของ shell membrane

Lundholm (1995) ได้ทำการทดลองให้ไก่เลี้ยงกิน methyl mercury ขนาด 5 มิลลิกรัม ทุกวันเป็นเวลา 6 วัน พบว่าแม่ไก่ไม่สามารถผลิตไข่ได้อย่างสมบูรณ์เพราะเปลือกไข่นั้นบางมาก และ Mora (2003) ได้ศึกษาเปลือกไข่ในธรรมชาติในรัฐออริโซนา ประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่ามีโลหะหนักตกค้างในเปลือกไข่หลายชนิด เช่น ธาตุสตรอนเตียม สารหนู แบเลียม ทองแดง และวาเนเดียม ซึ่งมีผลทำให้อัตราการฟักตัวของไข่ลดลงอย่างมาก

Mathies และ Andrews (2000) ศึกษาสัณฐานวิทยาของเปลือกไข่ของสัตว์เลื้อยคลานคือกิ้งก่าในรัฐ Virginia, Arizona และ New Mexico ในช่วงปี ค.ศ. 1993-1997 พบว่าโครงสร้างของเปลือกไข่ประกอบด้วย 3 ชั้นคือ ชั้นนอกสุดเป็นชั้น cuticle ชั้นที่สองคือชั้น crystalline layer ซึ่งมีการเรียงตัวที่แตกต่างของ crystalline materials ทำให้ผิวเปลือกไข่กึ่งกึ่งแต่ละชนิดแตกต่างกัน ชั้นในสุดเป็นชั้น shell membrane ซึ่งเป็นชั้นที่ไม่มีความแตกต่างกันเลยในกิ้งก่าแต่ละชนิด

Chien และคณะ (2009) ศึกษาไก่ *Gallus gallus* พันธุ์สีขาว ซึ่งใช้เวลาในการกกไข่ 21 วัน หลังจากนั้นตัวอ่อนจะฟักตัวออกมา จึงนำเปลือกไข่เริ่มตั้งแต่ไข่ถูกวางจนถึงวันที่ฟักตัวมาศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าเปลือกไข่จะเริ่มบางลงอย่างรวดเร็วหลังจากวันที่ 11 ของการวางไข่ และบางลงเรื่อยๆจนถึงวันที่ฟักตัวเปลือกไข่จะบางที่สุด แสดงให้เห็นว่าตัวอ่อนได้มีการดึงแร่ธาตุและแคลเซียมในเปลือกไข่เพื่อไปใช้ในการเจริญเติบโต หลังจากที่ใช้สารอาหารจากไข่แดงหมดในวันที่ 11 ของการวางไข่

Luin และคณะ (2011) ศึกษาโครงสร้างเปลือกไข่ของนกโบราณและนกในปัจจุบันด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) พบว่า เปลือกไข่มีอยู่หลายชั้น เมื่อสังเกตจากชั้นในไปยังชั้นนอกของเปลือกไข่ จะเห็นเป็นรูปตัวยู (U) ของชั้น mamillary ที่ติดกับชั้นเยื่อหุ้มไข่ขาวถัดไปเป็นชั้น ที่มีรูพรุนและชั้นนอกสุดของเปลือกไข่ ที่ประกอบไปด้วย crystal กลมที่มาผลึกกันแน่นเป็นแผ่นที่เปลือกและดูเหมือนมีหลายแผ่นมาประกอบกันคล้ายๆกับกระดองเต่า นอกจากนั้นที่เปลือกไข่มีรู ซึ่งจะช่วยในการ

แลกเปลี่ยนก๊าซซึ่งจากภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของเปลือกไข่ในปัจจุบันและเปลือกไข่โบราณดูค่อนข้างคล้ายกันมากทั้งในเรื่องโครงสร้างและรูปร่าง

Wistedt และคณะ (2012) ศึกษาผลของการให้อาหารเสริม daidzein, phytoestrogen จากถั่วเหลือง ในอาหารของแม่ไก่ในช่วงวันสุดท้ายของการออกไข่ โดยใช้ไก่ Lohmann Selected Leghorn (LSL) และ Lohmann Brown (LB) แบ่งเป็นกลุ่มที่ควบคุมอาหารกับกลุ่มที่ให้อาหารเสริม พบว่าอาหารเสริมไม่มีผลต่อคุณภาพของเปลือก ซึ่งขัดแย้งกับการศึกษาของ Ni และคณะ (2007) รายงานว่าอาหารเสริมช่วยให้คุณภาพของเปลือกและการผลิตไข่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้พบจำนวนหลอดเลือดฝอยกับเอนไซม์ carbonic anhydrase (CA) เพิ่มขึ้นในไก่ LSL มากกว่าในไก่ LB และเมื่อเพิ่มอาหารเสริมเข้าไปอีกจะไม่ส่งผลกระทบในไก่ LSL แต่จำนวน CA ในหลอดเลือดฝอยจะเพิ่มมากขึ้นในไก่ LB แสดงให้เห็นว่าไก่ LB มีปฏิกิริยาที่ไวต่ออาหารเสริม daidzein ซึ่งจำนวนหลอดเลือดฝอยที่เพิ่มขึ้นนั้นแสดงให้เห็นถึงปริมาณของแคลเซียมและไฮโดรเจนคาร์บอเนตที่เพิ่มขึ้นในต่อมเปลือก (shell gland) สำหรับนำไปใช้ในการสร้างเปลือกไข่ ถ้า CA ถูกยับยั้งก็จะทำให้ไข่ไม่มีเปลือกหรือเปลือกไข่บางมาก

### วิธีการดำเนินการวิจัยและสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

#### 1. การเก็บตัวอย่างและการศึกษาโครงสร้างและรูปร่างภายนอกของเปลือกไข่ไก่ฟ้า

1.1 งานภาคสนามคือการออกเก็บตัวอย่างไข่ไก่ฟ้า ที่เก็บในจังหวัดภาคกลาง ภาคกลางตอนล่าง และภาคอื่นๆ ที่สามารถเก็บได้ เป็นนกที่อยู่ในอันดับ (Order) Galliformes (วงศ์) Family Phasianidae เช่น ไก่ฟ้า ไก่จุก ไก่แนว ไก่ป่า นกแว่น นกกระทา นกหว้า นกยูงไทยและนกคุ้มโดยอาจเก็บได้เป็นเปลือกไข่นกหรือเก็บไข่นกแล้วแต่กรณี (อย่างน้อยชนิดละ 3-6 ฟอง: N=3-6 หรือจำนวนที่เก็บได้ทั้งหมด) แล้วจำแนกชนิดของเปลือกไข่ ถ่ายภาพ และจดบันทึกรายละเอียดของสถานที่เก็บตัวอย่าง

1.2 นำไข่ไก่ฟ้ามาทำความสะอาดเพื่อล้างคราบฝุ่นหรือสิ่งปนเปื้อนออก วัดขนาดเปลือกไข่ ชั่งน้ำหนัก จดบันทึกสีและลวดลายของเปลือกไข่

#### 1.3 ศึกษาโครงสร้างและลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายในของเปลือกไข่ด้วยโดยนาโนเทคโนโลยี

1.3.1 ทำเปลือกไข่ไก่ฟ้าให้แตกแล้วนำสิ่งภายในออก จึงลอกเยื่อที่หุ้มไข่ขาว (Inner and outer shell membrane) ที่ยังคงติดกับเปลือกไข่ออก

1.3.2 ทำเปลือกไข่ให้ปราศจากความชื้น โดยเก็บเปลือกไข่ไว้ในที่ดูดความชื้นเป็นเวลานานประมาณ 48 ชั่วโมง

1.3.3 การเตรียมตัวอย่างเพื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดนั้นประยุกต์ตามวิธีของ Mathies และ Andrews (2000) โดยเริ่มจากการคงสภาพเปลือกไข่ด้วย 1.5%

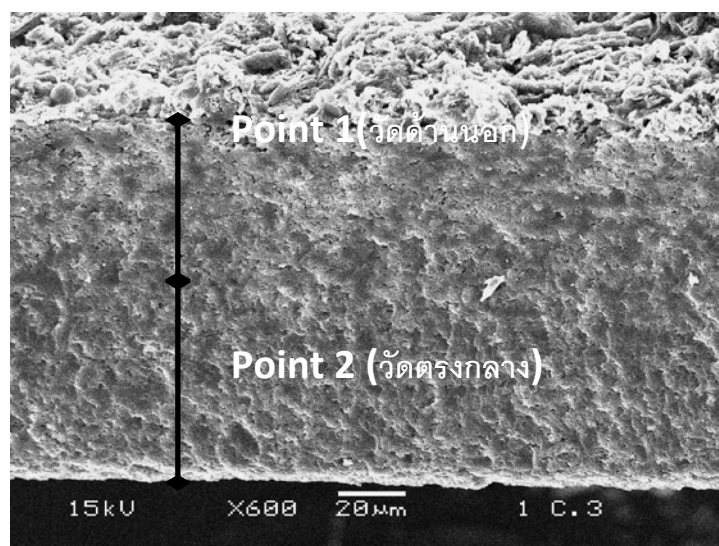
gluteraldehyde นาน 1 ชั่วโมง จากนั้นล้างตัวอย่างออกด้วย 0.1% phosphate buffer 2 ครั้ง แล้วนำชิ้นตัวอย่างจุ่มลงในไนโตรเจนเหลว เพื่อให้ตัวอย่างแข็ง

1.3.4 ติดตัวอย่างบนฐานรองตัวอย่างด้วยเทปคาร์บอน แล้วฉาบตัวอย่างด้วยผงทองด้วยเครื่องฉาบทอง (Ion sputter) ให้ได้ความหนา 20 นาโนเมตร นำตัวอย่างศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดด้วย Secondary electron imaging (SEI) ที่ 10-15 kV พร้อมบันทึกภาพ

1.3.5 ศึกษาและวิเคราะห์ธาตุในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณที่ประกอบในเปลือกไขไก่ฟ้าด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด โดยใช้ Energy Dispersive X-ray Analysis (EDX) เป็นตัวตรวจวัด

1.3.6 เตรียมตัวอย่างและกำหนดบริเวณเปลือกไขที่จะศึกษา แล้วติดตัวอย่างบนฐานรองตัวอย่างด้วยเทปคาร์บอน

1.3.7 นำตัวอย่างไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดโดยใช้ EDX หรือเรียกว่า EDS ในการวิเคราะห์ธาตุที่เป็นองค์ประกอบในเปลือกไขภายใต้ระบบสุญญากาศสูงที่กระแสไฟฟ้า 20 kV. ทำการวิเคราะห์ 3 ครั้ง โดยการวิเคราะห์แบบเฉพาะจุด (Point analysis) ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงตัวอย่างเปลือกไขเต่าตนุที่วิเคราะห์ธาตุแบบเฉพาะจุด(point analysis) 3 จุด

นำข้อมูลไปคำนวณผลทางสถิติโดยใช้ Variance (ANOVA) และวิเคราะห์หาค่าความแตกต่างและจํากลุ่มของข้อมูลด้วย Duncan test

นำข้อมูลพร้อมภาพจาก SEM มาประมวลเพื่อจัดทำเป็น model ของเปลือกไข่ไก่ฟ้าชนิดต่างๆ และศึกษาหาความสัมพันธ์ของเปลือกไข่ในทางอนุกรมวิธาน

รวบรวมข้อมูลของไก่ฟ้า เช่น รูปร่าง วงชีวิตของ รัง อาหารที่กิน การสร้างไข่ ลักษณะการวางไข่ (อยู่ในภาคผนวก)

สถานที่ทำวิจัย

-ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ จังหวัดนครปฐม 73000  
โทรศัพท์ 034-273 045-6 โทรสาร 034-255820

-ห้องปฏิบัติการปักษีวิทยา ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร  
พระราชวังสนามจันทร์ จังหวัดนครปฐม 73000

-ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร  
พระราชวังสนามจันทร์นครปฐม จังหวัดนครปฐม 73000

## ผลการวิจัยและวิจารณ์ (Results and Comment)

### 1. การเก็บตัวอย่างและการศึกษาโครงสร้างและรูปร่างภายนอกของเปลือกไข่ไก่ฟ้า

งานวิจัยในเวลา 2 ปี ได้เก็บตัวอย่างเปลือกไข่ของไก่ฟ้าจากจังหวัดในเขตภาคกลางในจังหวัด ฉะเชิงเทรา ประจวบคีรีขันธ์ นครปฐม รวม 20 ชนิด คือ ไก่ฟ้าพญาลอ (Simese Fireback, *Lophura diardi*) ไก่ฟ้าหลังขาว (Silver Pheasant, *Lophura nycthemera*) ไก่ฟ้าหลังเทา-แข้งแดง ไก่ฟ้าหลังเทา-แข้งเทา (Kalij Pheasant, *Lophura leucomelanos lineata*) ไก่ป่าตัมหูแดง (Red Junglefowl, *Gallus gallus spadiceus*) ไก่ฟ้าหน้าเขียว (ไทย) (Crested Fireback, *Lophura ignita rufa*) นกยูงไทย (Green Peafowl, *Pavo muticus*) นกยูงอินเดีย (Indian Peafowl, *Pavo cristatus*) นกแว่นสีเทา (Grey Peacock Pheasant, *Polyplectron bicalcaratum bicalcaratum*) ไก่ฟ้าหน้าเขียวบอร์เนียว (Lesser Bornean Fireback, *Lophura ignita ignita*) ไก่ป่าอินโด (Green Junglefowl, *Gallus varius*) ไก่ฟ้าหางลายขวาง (Hume's Pheasant, *Syrnaticus humiae humiae*) ไก่ฟ้าฮิมาลายันโมนาล (Himalayan Monal, *Lophophorus impejanus*) ไก่ฟ้าสีทอง (Golden Pheasant, *Chrysolophus pictus*) ไก่ฟ้าคอแหวน (Ring-Neck Pheasant, *Phasianus* sp.) ไก่ฟ้ารีฟ (Reeves's Pheasant, *Syrnaticus reevesi*) ไก่โปแลนด์ (Polish Chicken, *Gallus* sp.) ไก่บราห์มา (Brahma Chicken, *Gallus* sp.) ไก่ฟ้าเยลโล่ (Yellow Golden Pheasant, *Chrysolophus pictus luteus*) ไก่ฟ้าเลดี้ (Lady Amhersts Pheasant, *Chrysolophus amherstiae*) พร้อมศึกษาลักษณะภายนอกของเปลือกไข่ พบว่ารูปไข่มีรูปทรงเป็นรูปไข่ (oval shape) ลักษณะเหมือนรูปร่างไข่ของนกทั่วไป ซึ่งมีด้านหนึ่งมีความกลมกว่าอีกด้าน และไม่พบลวดลาย ยกเว้นไก่ฟ้าโมนาลเปลือก

ไข่มิจุดสีน้ำตาลทั่วๆ ฟอง เมื่อวัดน้ำหนักเฉลี่ยและความกว้าง ความยาว ของไขไก่ฟ้า พบว่านกยูงอินเดียมี น้ำหนักไขสูงที่สุดคือ  $108.03 \pm 1.65$  กรัม และความกว้าง ความยาวสูงที่สุด คือ  $53.58 \pm 1.34$  มิลลิเมตร และ  $70.85 \pm 1.45$  เซนติเมตร ส่วนไขของไก่ฟ้าเยลโลมีน้ำหนักน้อยที่สุดคือ 17.30 กรัม และความกว้าง ความยาวต่ำที่สุดคือ 29.19 มิลลิเมตร และ 42.14 มิลลิเมตร ดังตารางที่ 1-2 และภาพที่ 2

ตารางที่ 1 แสดงความกว้าง ความยาวและน้ำหนักเฉลี่ยของไขไก่ฟ้าที่เก็บตัวอย่าง 20 ชนิด

| ลำดับที่ | ชื่อสามัญและ<br>ชื่อวิทยาศาสตร์                                                               | จำนวน<br>(ฟอง) | แหล่งที่มา<br>จังหวัด | น้ำหนัก<br>(กรัม) | ความกว้าง<br>(มม.) | ความยาว<br>(มม.) |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------|-------------------|--------------------|------------------|
| 1        | ไก่ฟ้าพญาลอ (Simese Fireback,<br><i>Lophura diardi</i> )                                      | 5              | ฉะเชิงเทรา            | $32.39 \pm 7.04$  | $35.80 \pm 3.38$   | $47.96 \pm 3.42$ |
| 2        | ไก่ฟ้าหลังขาว<br>(Silver Pheasant, <i>Lophura<br/>nycthemera</i> )                            | 7              | ฉะเชิงเทรา            | $39.78 \pm 2.52$  | $38.66 \pm 0.68$   | $49.62 \pm 2.40$ |
| 3        | ไก่ฟ้าหลังเทา-แข้งแดง<br>(Kalij Pheasant, <i>Lophura<br/>leucomelanos crawfordii</i> )        | 4              | ฉะเชิงเทรา            | $30.20 \pm 4.60$  | $36.49 \pm 1.14$   | $48.33 \pm 0.59$ |
| 4        | ไก่ฟ้าหลังเทา-แข้งเทา<br>(Kalij Pheasant, <i>Lophura<br/>leucomelanos lineata</i> )           | 11             | ฉะเชิงเทรา            | $35.95 \pm 2.0$   | $37.83 \pm 0.86$   | $48.8 \pm 2.36$  |
| 5        | ไก่ป่าดุมหูแดง<br>(Red Junglefowl,<br><i>Gallus gallus spadiceus</i> )                        | 3              | ประจวบฯ               | $19.73 \pm 2.88$  | $33.37 \pm 0.44$   | $42.18 \pm 1.48$ |
| 6        | ไก่ฟ้าหน้าเขียว (ไทย)<br>(Crested Fireback, <i>Lophura ignita<br/>rufa</i> )                  | 3              | ฉะเชิงเทรา            | ND                | $39.37 \pm 0.8$    | $50.56 \pm 0.71$ |
| 7        | นกยูงไทย (Green Peafowl, <i>Pavo<br/>muticus</i> )                                            | 1              | ฉะเชิงเทรา            | 104.85            | 51.92              | 72.77            |
| 8        | นกยูงอินเดีย<br>(Indian Peafowl, <i>Pavo cristatus</i> )                                      | 4              | ฉะเชิงเทรา            | $108.03 \pm 1.65$ | $53.58 \pm 1.34$   | $70.85 \pm 1.45$ |
| 9        | นกแว่นสีเทา<br>(Grey Peacock Pheasant,<br><i>Polyplectron bicalcaratum<br/>bicalcaratum</i> ) | 4              | ฉะเชิงเทรา            | $20.61 \pm 1.67$  | $33.62 \pm 0.116$  | $46.49 \pm 1.41$ |
| 10       | ไก่ฟ้าหน้าเขียวบอร์เนียว<br>(Lesser Bornean Fireback,<br><i>Lophura ignita ignita</i> )       | 5              | กรุงเทพ               | ND                | $40.56 \pm 0.46$   | $55.26 \pm 1.30$ |
| 11       | ไก่ป่าอินโด<br>(Green Junglefowl,<br><i>Gallus varius</i> )                                   | 5              | ฉะเชิงเทรา            | $21.76 \pm 0.85$  | $47.54 \pm 0.33$   | $59.01 \pm 0.88$ |

| ลำดับที่ | ชื่อสามัญและ<br>ชื่อวิทยาศาสตร์                                          | จำนวน<br>(ฟอง) | แหล่งที่มา<br>จังหวัด | น้ำหนัก<br>(กรัม) | ความกว้าง<br>(มม.) | ความยาว<br>(มม.) |
|----------|--------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------|-------------------|--------------------|------------------|
| 12       | ไกฟ้าหางลายขวาง<br>(Hume's Pheasant, <i>Symaticus humiae humiae</i> )    | 4              | กรุงเทพ               | 27.83±0.80        | 34.21±0.36         | 46.48±1.41       |
| 13       | ไกฟ้าฮิมาลายันโมนาล (Himalayan Monal, <i>Lophophorus impejanus</i> )     | 6              | กรุงเทพ               | 54.71±1.89        | 66.16±4.87         | 42.89±0.57       |
| 14       | ไกฟ้าสีทอง<br>Golden Pheasant, <i>Chrysolophus pictus</i>                | 4              | ฉะเชิงเทรา            | 28.25±10.07       | 32.77±1.42         | 42.03±1.51       |
| 15       | ไกฟ้าคอแหวน<br>(Ring-Neck Pheasant, <i>Phasianus</i> sp.)                | 5              | ฉะเชิงเทรา            | 22.19±2.10        | 33.49±0.80         | 42.59±0.68       |
| 16       | ไกฟ้ารีฟ (Reeves's Pheasant, <i>Symaticus reevesi</i> )                  | 1              | ฉะเชิงเทรา            | 23.37             | 33.21              | 46.74            |
| 17       | ไกโปแลนด์ (Polish Chicken, <i>Gallus</i> sp.)                            | 3              | ฉะเชิงเทรา            | 35.42±1.50        | 47.30±8.78         | 58.24±9.23       |
| 18       | ไกบราม่า (Brahma Chicken, <i>Gallus</i> sp.)                             | 6              | ฉะเชิงเทรา            | 47.11±2.88        | 39.15±0.90         | 57.38±2.622      |
| 19       | ไกฟ้าเยลโล่ (Yellow Golden Pheasant, <i>Chrysolophus pictus luteus</i> ) | 1              | ฉะเชิงเทรา            | 17.30             | 29.19              | 42.14            |
| 20       | ไกฟ้าเลดี้<br>Lady Amhersts Pheasant, <i>Chrysolophus amherstiae</i>     | 1              | ฉะเชิงเทรา            | 25.16             | 32.81              | 44.77            |

ND คือไม่สามารถเก็บข้อมูลได้

จากน้ำหนักไขไกฟ้าสามารถแบ่งกลุ่มตามน้ำหนักไขไกฟ้าได้ 2 กลุ่ม

**กลุ่มที่ 1** มีน้ำหนักไขไกฟ้า 17.30-54.71 กรัม คือไกฟ้าพญาลอ ไกฟ้าหลังขาว ไกฟ้าหลังเทา-แข้งแดง

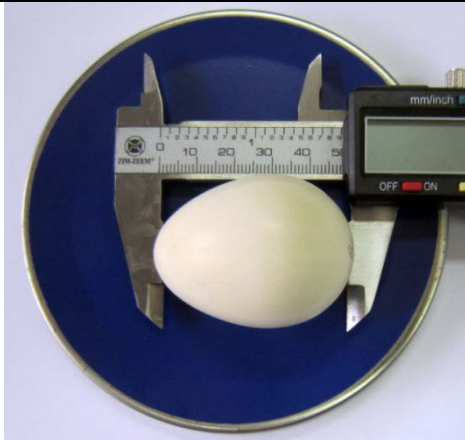
ไกฟ้าหลังเทา-แข้งเทา ไก่ป่าตุ้มหูแดง ไก่ฟ้าหน้าเขียว นกแว่นเทา ไก่ฟ้าหน้าเขียวบอร์เนียว ไก่ป่าอินโด ไก่ฟ้าหางลายขวาง (พม่า) ไก่ฟ้าโมนาล ไก่ฟ้าสีทอง ไก่ฟ้าคอแหวน ไก่โปแลนด์ ไก่บราม่า ไก่ฟ้ารีฟ ไก่ฟ้าเยลโล่และไก่ฟ้าเลดี้

**กลุ่มที่ 2** มีน้ำหนักไขไกฟ้า 104.85-108.03 กรัม คือ นกยูงไทยและนกยูงอินเดีย

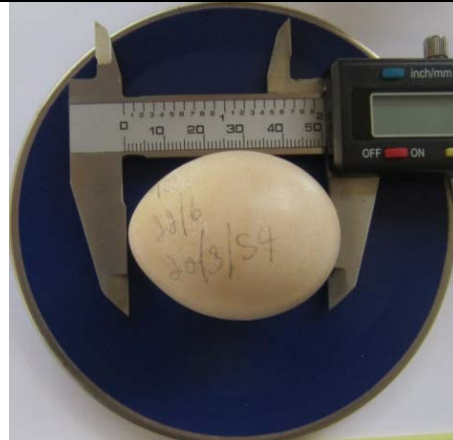
ตารางที่ 2 แสดงรูปร่าง สีและลวดลายของไข่ไก่ฟ้าทั้ง 20 ชนิด

| ลำดับ | ชื่อสามัญ                | รูปร่างไข่       | สีและลวดลาย                                                     |
|-------|--------------------------|------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 1     | ไข่ฟ้าพญาลอ              | รูปไข่           | สีไข่ไก่ซีดออกเหลือง ผิวเรียบ                                   |
| 2     | ไข่ฟ้าหลังขาว            | รูปไข่           | สีไข่ไก่อ่อนและแก่บางฟอง บางฟองมีจุดขาวเล็กๆ                    |
| 3     | ไข่ฟ้าหลังเทา-แข้งแดง    | รูปไข่           | สีไข่ไก่                                                        |
| 4     | ไข่ฟ้าหลังเทา-แข้งเทา    | รูปไข่           | สีไข่ไก่เรียบ สีเข้มกว่าไข่ฟ้าหลังเทาแข้งเทา                    |
| 5     | ไข่ป่าตุ้มหูแดง          | รูปไข่           | สีนวลเรียบ คล้ายไข่ไก่                                          |
| 6     | ไข่ฟ้าหน้าเขียว          | รูปไข่           | สีขาวนวลอ่อนกว่าไข่ไก่มาก                                       |
| 7     | นกยูงไทย                 | รูปไข่           | สีขาวขุ่น มีจุดเล็กสีน้ำตาลกระจายทั่วฟอง                        |
| 8     | นกยูงอินเดีย             | รูปไข่           | สีขาวขุ่น มีจุดเล็กสีน้ำตาลกระจายทั่วฟอง                        |
| 9     | นกแว่นสีเทา              | รูปไข่           | สีนวลคล้ายไข่ไก่ เข้มกว่าเล็กน้อย                               |
| 10    | ไข่ฟ้าหน้าเขียวบอร์เนียว | รูปไข่           | สีขาวนวลเข้มกว่าไข่ฟ้าหน้าเขียวไทยและมีจุดสีน้ำตาลเล็กๆ ทั่วฟอง |
| 11    | ไข่ป่าอินโด              | รูปไข่           | สีไข่ไก่ มีตัวอ่อน บางฟองสีเข้ม                                 |
| 12    | ไข่ฟ้าหางลายขวาง         | รูปไข่           | สีนวลออกเหลืองมากกว่าไข่ไก่                                     |
| 13    | ไข่ฟ้าโมนาล              | รูปไข่<br>ทรงยาว | สีน้ำตาลอ่อน มีจุดสีเข้มกระจายทั่วไป ด้านป้านมีจุดน้อยกว่า      |
| 14    | ไข่ฟ้าสีทอง              | รูปไข่           | สีนวลเรียบ คล้ายไข่ไก่ รูปร่างค่อนข้างไปทาง short oval          |

| ลำดับ | ชื่อสามัญ    | รูปร่างไข่ | สีและลวดลาย                       |
|-------|--------------|------------|-----------------------------------|
| 15    | ไก่ฟ้าคอแหวน | รูปไข่     | สีเขียวขี้ม้าอ่อน เรียบทั้งฟอง    |
| 16    | ไก่ฟ้ารีฟ    | รูปไข่     | สีไข่ไก่เรียบ แต่เข้มกว่า         |
| 17    | ไก่โปแลนด์   | รูปไข่     | สีขาวขุ่นอมน้ำตาล                 |
| 18    | ไก่บราม่า    | รูปไข่     | สีไข่ไก่เรียบ บางฟองมีจุดสีน้ำตาล |
| 19    | ไก่ฟ้าเอลโล่ | รูปไข่     | สีนวลเรียบ คล้ายไข่ไก่            |
| 20    | ไก่ฟ้าเลดี้  | รูปไข่     | สีนวลเรียบ คล้ายไข่ไก่            |



ไก่ฟ้าพญาลอ



ไก่ฟ้าหลังขาว



ไก่ฟ้าหลังเทา



ไก่ฟ้าหลังเทาเข้มแดง



ไข่ป่าตุมหุแดง



ไข่ฟ้าหน้าเขียว (ไทย)



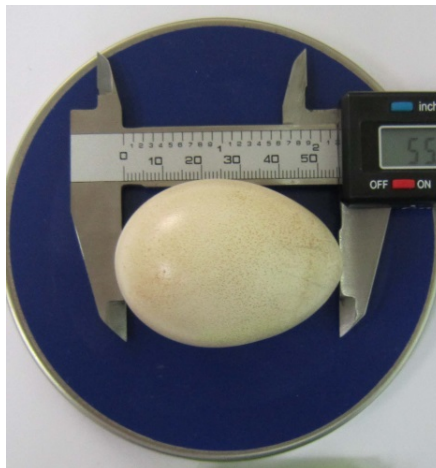
นกยูงไทย



นกยูงอินเดีย



ไข่ฟ้าแวนสีเทา



ไข่ฟ้าหน้าเขียวบอร์เนียว



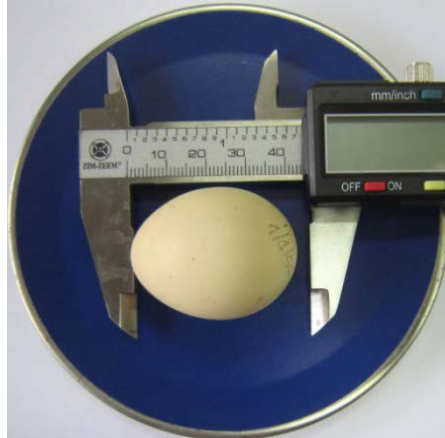
ไข่ปากอินโด



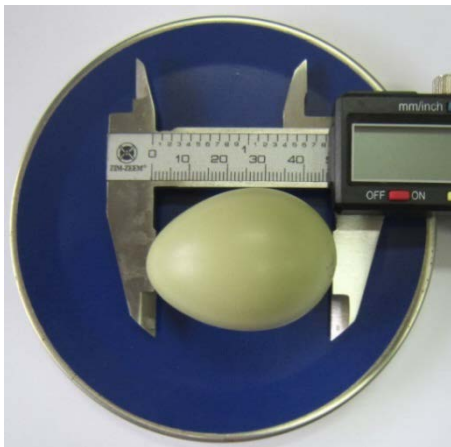
ไข่ฟ้าหางลายขวาง



ไข่ฟ้าโมนาค



ไข่ฟ้าสีทอง



ไข่ฟ้าคอแหวน



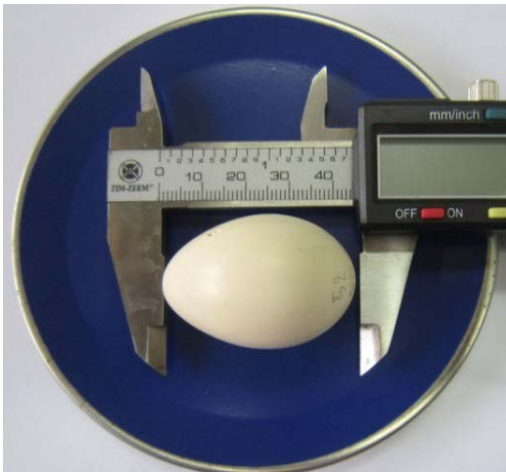
ไข่ฟ้ารีฟ



ไข่ฟ้าโปแลนด์



ไข่บรามา



ไข่ฟ้าเฮลโล่



ไข่ฟ้าเลดี้

ภาพที่ 2 แสดงสัญญาณวิทยุภายนอกไข่ไก่ฟ้า 20 ชนิด

## 2. การศึกษาโครงสร้างและลักษณะทางสัณฐานวิทยุภายในของเปลือกไข่ไก่ฟ้าด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope; SEM)

ผลการศึกษาโครงสร้างภาคตัดตามขวางของเปลือกไข่ไก่ฟ้า พบว่าเปลือกไข่ประกอบด้วย 3 ชั้น โครงสร้างเปลือกไข่ด้านนอกสุดคือ ชั้นผิวเปลือกนอก (cuticle) คลุมอยู่ เปลือกไข่ชั้นถัดเข้าไปเป็นชั้น palisade (หรือเรียก continuous layers ซึ่งประกอบด้วย external zone และ squamatic zone) และชั้นในคือ mammillary ชั้นนี้จะติดกับ basal plate groups ซึ่งต่อเนื่องกับ shell membrane ตามลำดับ ในการจัด

อนุกรมวิธานจะถือว่าชั้น mammillary ชั้น external zone และ squamatic zone (ในชั้น palisade) เป็นชั้นเปลือกไข่ที่แท้จริง (true eggshell) (Mikhailov, K.E. 1997) โดยแต่ละชั้นมีรายละเอียดดังนี้

1. ชั้นผิวเปลือกนอก (cuticle) เป็นชั้นนอกสุดของเปลือกไข่ มีความหนาน้อยที่สุด และเป็นชั้นตอนสุดท้ายของการสร้างฟองไข่ มีลักษณะเป็นของเหลวเหนียว ทำหน้าที่เป็นสิ่งหล่อลื่นในขณะที่กำลังวางไข่และจะแห้งทันที หลังจากนั้นจะหุ้มปิดรู (pore) ทัวเปลือกไข่ ช่วยป้องกันการระเหยของน้ำภายในไข่และทำหน้าที่ป้องกันเชื้อแบคทีเรียเข้าไปในไข่ (Mikhailov, K.E. 1997)
2. Palisade layer เป็นเปลือกไข่ชั้นที่มีความแข็งแรง ประกอบด้วยแคลเซียมคาร์บอเนต มีความหนาประมาณ สองในสามเท่าของเปลือกไข่ ชั้นนี้มีช่องว่างหรือรูพรุน (vesicular hole, vesicle) มากมาย ซึ่งทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนก๊าซและการระเหยออกจากฟองไข่ในขณะที่ฟักไข่ (Mikhailov, K.E. 1997)
3. Mammillary layer เป็นส่วนในสุดของเปลือกไข่ ส่วนปลายสุดของชั้นมีลักษณะจัดเรียงเป็นรูปตัววีหรือตัวยู มีสารต่างๆ สะสมไว้โดยเฉพาะแคลเซียม จึงเป็นแหล่งสารอาหารของตัวอ่อน

โดยลักษณะของชั้น palisade มีลักษณะเป็นรูพรุนที่เรียกว่า vesicular hole หรือ vesicle ซึ่งมีความแตกต่างกันในเปลือกไข่ไก่ฟ้าแต่ละชนิด ส่วนชั้น mammillary ซึ่งมีความอัดแน่นของเนื้อสารมากกว่า ซึ่งเป็นชั้นในสุดของเปลือกไข่ไก่ฟ้ามีสารต่างๆ สะสมอยู่ พบว่าเปลือกไข่ไก่ฟ้าที่ศึกษา mammillary มีรูปทรงวีหรือตัวยู หรือไม่ชัดเจน บางชนิดมีลักษณะเป็นกรวยฐานกว้าง คล้ายปุ่มยื่น (basal plate groups) ไปติดกับชั้นเยื่อเปลือกไข่ (shell membrane) ซึ่งมี 2 ชั้น โดยที่ชั้นนอกที่ติดเปลือกไข่เรียกว่าเยื่อเปลือกไข่ชั้นนอก (outer shell membrane) และชั้นในที่ติดกับไข่ขาวเรียกว่าเยื่อเปลือกไข่ชั้นใน (inner shell membrane) ซึ่งเยื่อเปลือกไข่ชั้นในและชั้นนอกจะชิดกันตลอด แต่แยกกันที่ด้านป้านของไข่ซึ่งมีโพรงอากาศ (air cell) (Parsons, 1982) โดยที่เยื่อเปลือกไข่ชั้นนอกมีความกว้างของเส้นใยมากกว่า และมีความแข็งแรงและทนต่อสภาวะต่างๆ ได้ดีกว่าเยื่อเปลือกไข่ชั้นใน

ผลการวัดความหนารวมของเปลือกไข่ไก่ฟ้า พบว่าความหนารวมของเปลือกไข่ที่มีความหนามากที่สุดคือเปลือกไข่นกยูงไทยหนา  $838.96 \pm 16.31$  ไมโครเมตร โดยมีชั้น cuticle หนา  $10.73 \pm 1.32$  ไมโครเมตร ชั้น palisade  $561.63 \pm 1.52$  ไมโครเมตร และชั้น mammillary  $278.84 \pm 7.12$  ไมโครเมตร ส่วนความหนารวมของเปลือกไข่ที่มีความหนาน้อยที่สุด เป็นของไก่ฟ้าเอลส์มีความหนาเท่ากับ  $190.28 \pm 5.94$  ไมโครเมตร ชั้น cuticle หนา  $2.27 \pm 0.32$  ไมโครเมตร palisade  $95.72 \pm 6.79$  ไมโครเมตร และชั้น mammillary  $92.39 \pm 3.67$

ไมโครเมตร สำหรับ ชั้น cuticle หนา  $2.27 \pm 0.32 - 10.73 \pm 1.32$  ไมโครเมตร ซึ่งใกล้เคียงกับเปลือกไขนก  
อื่นๆ และเมื่อวิเคราะห์ความหนาของเปลือกไขไก่ฟ้าทั้ง 20 ชนิด พบว่าเปลือกไขมีความหนารวมแบ่งได้  
ออกเป็น 2 กลุ่มอย่างชัดเจน คือ กลุ่มที่ 1 เปลือกไขที่มีความหนามากที่สุด คือเปลือกไขนกยูงไทยมีความ  
หนารวม  $838.96 \pm 16.31$  ไมโครเมตร และรองลงมาคือเปลือกไขนกยูงอินเดียมีความหนารวม  
 $654.05 \pm 130.33$  ไมโครเมตร ส่วนกลุ่มที่ 2 เปลือกไขไก่ฟ้าที่เหลือทั้งหมด 18 ชนิด มีความหนารวมน้อย  
กว่ามาก อยู่ในช่วง  $190.28 \pm 5.94 - 400.81 \pm 156.12$  ไมโครเมตร ดังตารางที่ 3

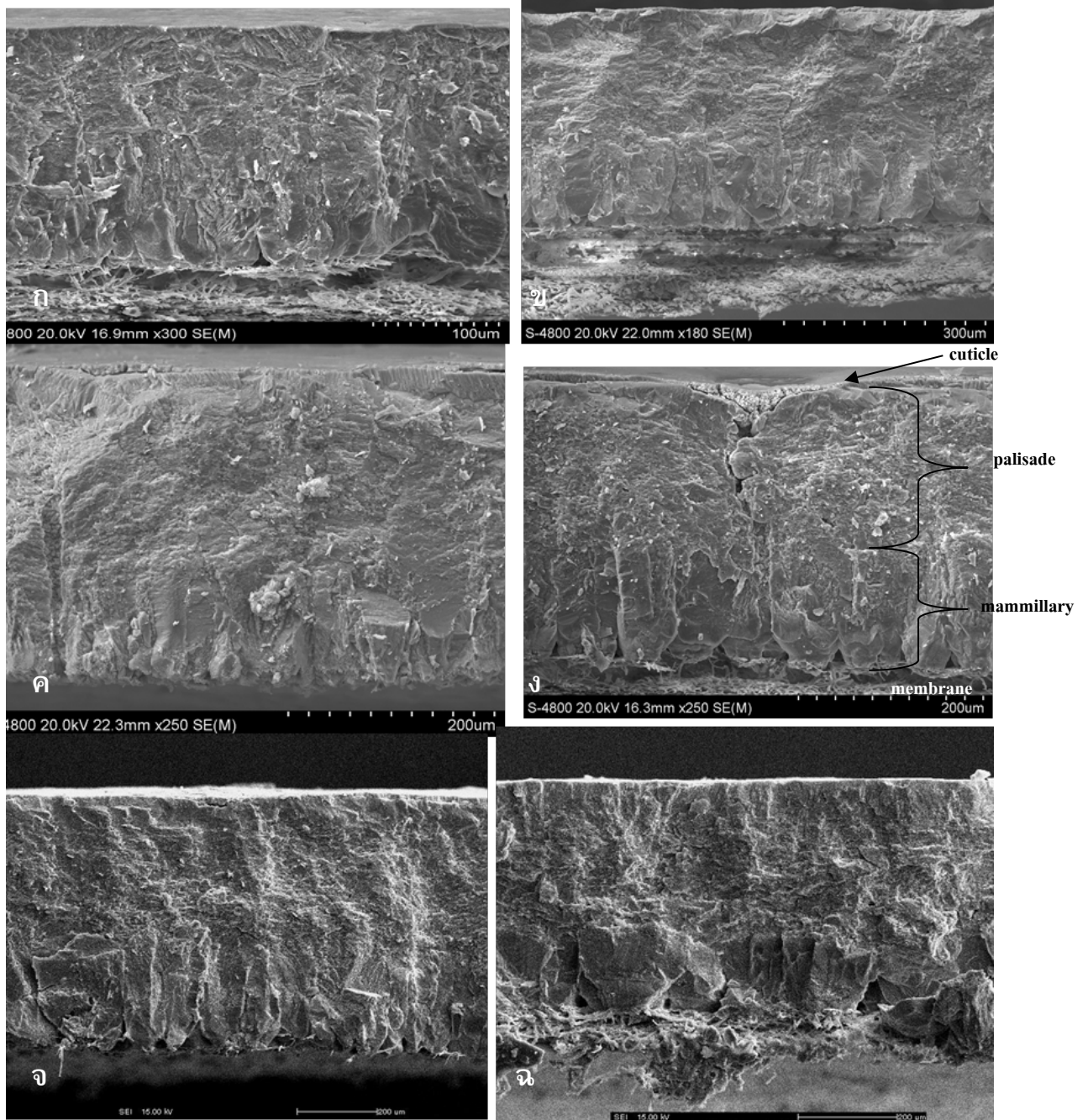
ตารางที่ 3 แสดงความหนาของเปลือกไขไก่ฟ้า 20 ชนิด

| ชื่อสามัญ                    | ความหนารวม<br>(ไมโครเมตร) | Cuticle<br>(ไมโครเมตร) | Palisade<br>(ไมโครเมตร) | Mammillary<br>(ไมโครเมตร) | อัตราส่วน<br>Palisade/Mamillary |
|------------------------------|---------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| ไก่ฟ้าพญาลอ                  | $243.66 \pm 21.45abc$     | $0.00 \pm 0.00a$       | $156.00 \pm 10.52cd$    | $88.58 \pm 29.03a$        | 1.77                            |
| ไก่ฟ้าหลังขาว                | $326.00 \pm 15.06efg$     | $5.11 \pm 1.83defg$    | $205.11 \pm 10.08gh$    | $115.78 \pm 7.53bcde$     | 1.77                            |
| ไก่ฟ้าหลังเทา-แข้ง<br>แดง    | $321.44 \pm 11.79defg$    | $3.22 \pm 2.68bcd$     | $198.44 \pm 8.79fgh$    | $119.78 \pm 6.74cde$      | 1.66                            |
| ไก่ฟ้าหลังเทา-แข้ง<br>เทา    | $304.28 \pm 26.44defg$    | $4.46 \pm 1.38cdef$    | $197.57 \pm 16.08efgh$  | $104.21 \pm 15.67abcd$    | 1.90                            |
| ไก่ฟ้าตุ้มหูแดง              | $310.13 \pm 13.04defg$    | $4.52 \pm 1.80cdef$    | $186.51 \pm 8.24defgh$  | $122.76 \pm 8.60de$       | 1.52                            |
| ไก่ฟ้าหน้าเขียว              | $359.91 \pm 68.54gh$      | $6.82 \pm 1.39g$       | $223.33 \pm 43.41hi$    | $131.02 \pm 32.72ef$      | 1.70                            |
| นกยูงไทย                     | $838.96 \pm 16.31j$       | $10.73 \pm 1.32h$      | $561.63 \pm 1.52k$      | $278.84 \pm 7.12i$        | 2.02                            |
| นกยูงอินเดีย                 | $654.05 \pm 130.33i$      | $6.39 \pm 4.89fg$      | $444.57 \pm 78.40j$     | $207.83 \pm 50.27h$       | 2.14                            |
| นกแว่นเทา                    | $211.94 \pm 28.66ab$      | $3.65 \pm 0.61bcde$    | $113.68 \pm 13.22ab$    | $95.39 \pm 17.38abc$      | 1.19                            |
| ไก่ฟ้าหน้าเขียว<br>บอร์เนียว | $346.65 \pm 22.86fg$      | $5.97 \pm 2.30fg$      | $211.83 \pm 13.78ghi$   | $128.72 \pm 14.00ef$      | 1.65                            |
| ไก่ป่าอินโด                  | $400.81 \pm 156.12h$      | $3.46 \pm 2.64bcde$    | $243.85 \pm 116.70i$    | $154.17 \pm 43.57g$       | 2.09                            |
| ไก่ฟ้าหางลายขวาง             | $214.68 \pm 4.19ab$       | $2.69 \pm 0.77bc$      | $117.38 \pm 3.82ab$     | $97.80 \pm 4.30abc$       | 1.20                            |
| ไก่ฟ้าโมนาค                  | $263.89 \pm 22.46bcd$     | $3.25 \pm 0.97bcd$     | $145.13 \pm 16.68bc$    | $116.99 \pm 9.01bcde$     | 1.24                            |
| ไก่ฟ้าสีทอง                  | $278.87 \pm 16.06cde$     | $3.49 \pm 0.93bccde$   | $158.85 \pm 6.20cde$    | $115.12 \pm 9.10bcde$     | 1.38                            |
| ไก่ฟ้าคอแหวน                 | $289.75 \pm 12.41cdef$    | $5.00 \pm 0.85defg$    | $186.52 \pm 14.60defgh$ | $101.44 \pm 15.69abcd$    | 1.84                            |
| ไกโปแลนด์                    | $306.40 \pm 7.81efg$      | $5.85 \pm 2.25fg$      | $176.73 \pm 31.44cdefg$ | $150.86 \pm 22.75fg$      | 1.17                            |

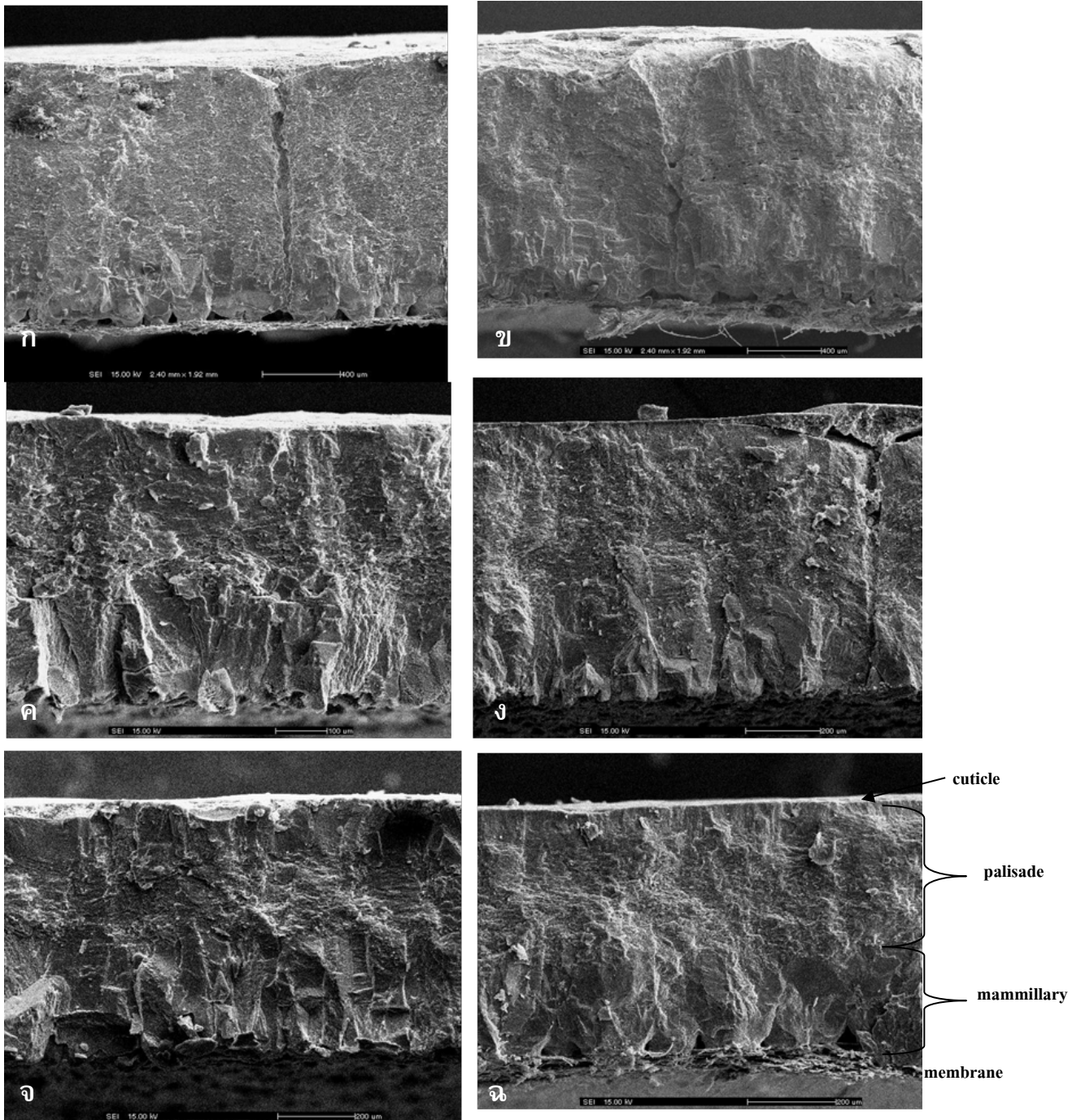
| ชื่อสามัญ     | ความหนาแน่น      | Cuticle<br>(ไมโครเมตร) | Palisade<br>(ไมโครเมตร) | Mamillary<br>(ไมโครเมตร) | อัตราส่วน<br>Palisade/Mamillary |
|---------------|------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| ไก่อบรามา     | 332.40±53.49defg | 5.37±1.74efg           | 165.05±11.58cdef        | 136.96±11.89efg          | 1.21                            |
| ไก่อฟ้ารีฟ    | 205.96±4.76a     | 2.28±0.40b             | 108.09±5.38ab           | 97.37±5.70abc            | 1.11                            |
| ไก่อฟ้าเยลโล่ | 190.28±5.94a     | 2.27±0.32b             | 95.72±6.79a             | 92.39±3.67ab             | 1.04                            |
| ไก่อฟ้าเลดี้  | 219.19±10.73ab   | 3.05±0.75bcd           | 119.37±6.25ab           | 97.28±10.06abc           | 1.23                            |

หมายเหตุ ทำการวัด ชนิดละ 3 ฟอง วัดซ้ำ 3 บริเวณต่อฟอง

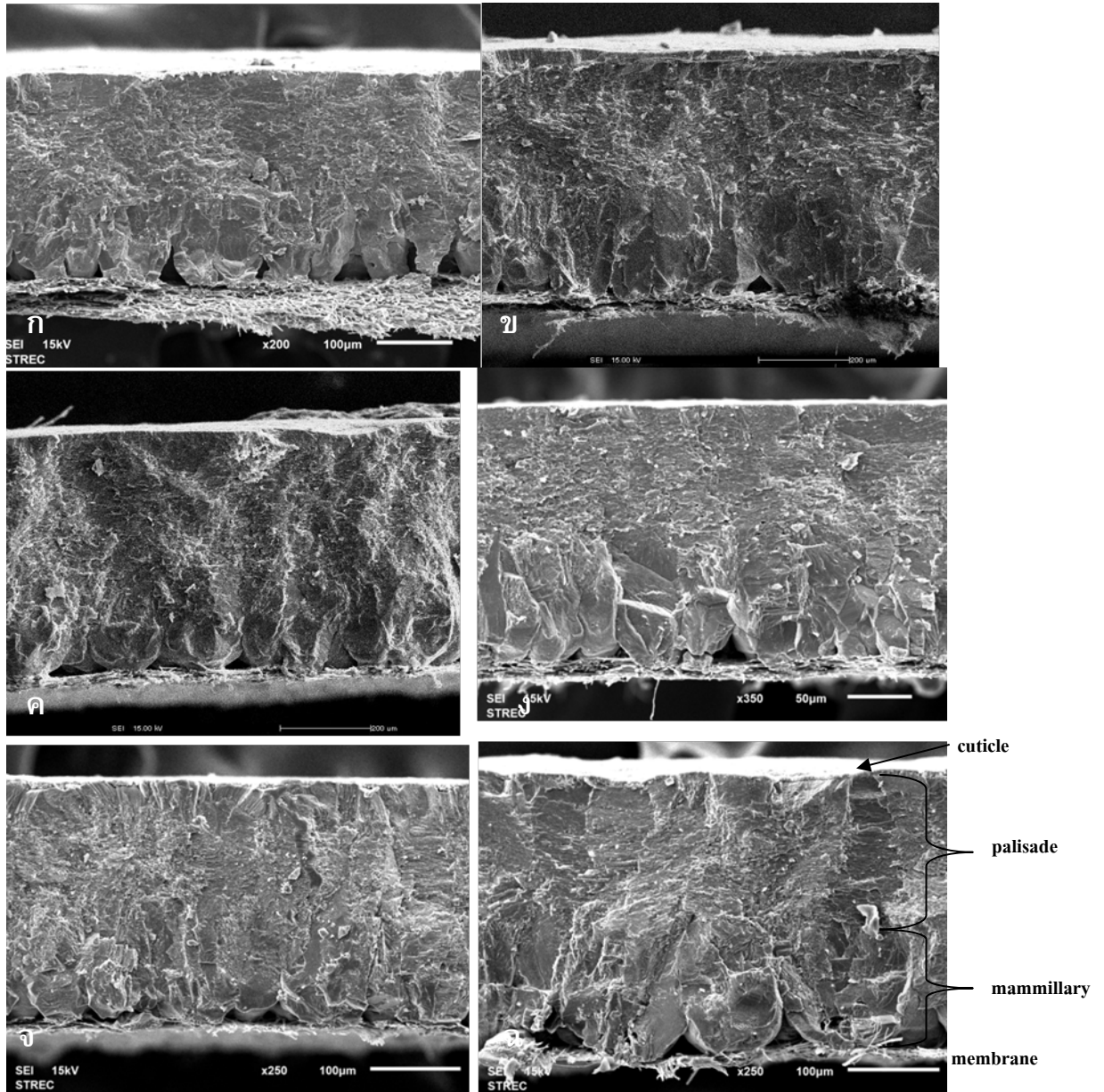
อัตราส่วน palisade/mamillary (ตามวิธีของMikhailov, K.E. 1997)



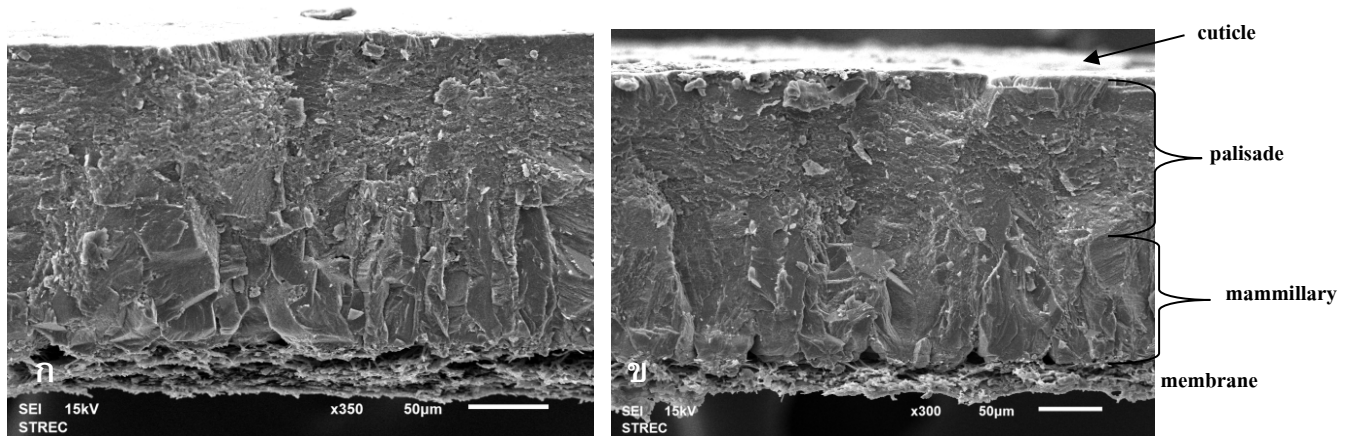
ภาพที่ 3 ภาพ SEM แสดงโครงสร้างเปลือกไข่ (ก) ไก่ฟ้าพญาลอ (ข) ไก่ฟ้าหลังขาว (ค) ไก่ฟ้าหลังเทา-เข้มแดง (ง) ไก่ฟ้าหลังเทา-เข้มเทา (จ) ไก่ป่าตุ้มหูแดง (ฉ) ไก่ฟ้าหน้าเขียว ที่กำลังขยาย 200-350 เท่า



ภาพที่ 4 ภาพ SEM แสดงโครงสร้างเปลือกไข่ (ก) นกยูงไทย (ข) นกยูงอินเดีย (ค) นกแวนส์เทา (ง) ไก่ฟ้าหน้าเขียวบอร์เนียว (จ) ไก่ป่าอินโด (ฉ) ไก่ฟ้าหางลายขวาง ที่กำลังขยาย 200-350 เท่า



ภาพที่ 5 ภาพ SEM แสดงโครงสร้างเปลือกไขใบ (ก) ใบฟ้าโมนาล (ข) ใบฟ้าสีทอง (ค) ใบฟ้าคอแหวน (ง) ใบโปแลนด์ (จ) ใบบลามา (ฉ) ใบฟ้ารีฟ ที่กำลังขยาย 200-350 เท่า



ภาพที่ 6 ภาพ SEM แสดงโครงสร้างเปลือกไข่ (ก) ไก่ฟ้าเยลโล่ (ข) ไก่ฟ้าเลดี้ที่กำลังขยาย 300-350 เท่า

โครงสร้างภาคตัดขวางของเปลือกไข่ด้านนอกมีชั้น cuticle คลุมอยู่ เปลือกไข่ชั้นถัดเข้าไปคือชั้น palisade ประกอบด้วยหินปูน ( $\text{CaCO}_3$ ) เป็นส่วนใหญ่ ทำให้เปลือกแข็ง เปลือกไข่ไก่ฟ้ามีลักษณะเป็นรูพรุนที่เรียกว่า vesicular holes (vesicle) มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น เห็นได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด อากาศและความชื้นสามารถแทรกผ่านรูเล็กๆ ได้เมื่อไข่ไก่ฟ้าออกมาใหม่ๆ จะมีเมือกเคลือบที่เปลือกไข่ด้านนอก เพื่อป้องกันไม่ให้อากาศและน้ำผ่านเข้าไปได้ หน้าที่หลักคือแลกเปลี่ยนแก๊สและน้ำ นอกจากนี้แร่ธาตุและแคลเซียมมีการลำเลียงจากเปลือกไข่ไปยังตัวอ่อน ในการพัฒนาตัวอ่อน อย่างเช่น กระดุก กล้ามเนื้อและสมอง (Tuan et al., 1991; Blom and Lilja, 2004) ซึ่งการพัฒนาของตัวอ่อนที่ใช้แคลเซียมจากเปลือกไข่จะทำให้เปลือกไข่บางลง (Vanderstoep and Richards, 1970; 1995; Castilla et al., 2007; Karlsson and Lilja, 2008).

ในงานวิจัยนี้พบว่า vesicular holes มีความแตกต่างกันพบว่าไก่ฟ้าคอแหวน มีรูที่กว้างที่สุดคือ  $0.44 \pm 0.11$  ไมโครเมตร และไก่ฟ้ารีฟและไก่ฟ้าหลังเทาเข้มเทามีค่าเฉลี่ยรูที่แคบที่สุดคือ  $0.23 \pm 0.05$  ไมโครเมตร มีค่าเฉลี่ยรูที่แคบที่สุดคือ  $0.23 \pm 0.06$  ไมโครเมตร ได้ทดลองวัดความหนาแน่นของรูพรุน ขนาด  $3 \times 3$  ตารางไมครอน 10 ซ้ำ ของไก่ฟ้าพญาลอมีความหนาแน่นของรูพรุน  $17.27 \pm 4.21$  มากกว่าความหนาแน่นของรูพรุนของไก่ฟ้าสีทองคือ  $11.03 \pm 5.36$  แสดงว่าขนาดรูและความหนาแน่นของรูในเปลือกไข่ไก่ฟ้ามีความสำคัญในการแลกเปลี่ยนแก๊สและน้ำ เพื่อการพัฒนาของตัวอ่อนที่แตกต่างกันในไก่ฟ้าแต่ละชนิด เมื่อคณะผู้วิจัย ได้ศึกษาเพิ่มเติมขนาดรูพรุนในชั้นกลางของเปลือกไข่แต่ละชนิด ยังคงไม่สามารถจัดกลุ่มได้ตามอนุกรมวิธานอยู่ดี เนื่องจากขนาดรูพรุนซ้อนกันในแต่ละกลุ่ม จึงทำได้เพียงสรุปเป็นช่วงของขนาดรูพรุนในแต่ละสกุลเท่านั้น โดยที่ สกุล *Lophora* (6 ชนิด) มีช่วงขนาด 0.23-0.42 ไมโครเมตร *Gallus* (4 ชนิด) มีช่วงขนาด 0.28-0.39 ไมโครเมตร *Pavo* (นกยูง 2 ชนิด) มีช่วงขนาด 0.32-0.37 ไมโครเมตร *Syrnaticus* (2 ชนิด) มีช่วงขนาด 0.23-0.28 ไมโครเมตร *Chrysolophus* (4 ชนิด) มีช่วงขนาด 0.32-0.41 ไมโครเมตร *Lophophorus* (1 ชนิด) มีขนาด  $0.25 \pm 0.11$  ไมโครเมตร *Polyplectron* (นกแว่นสี

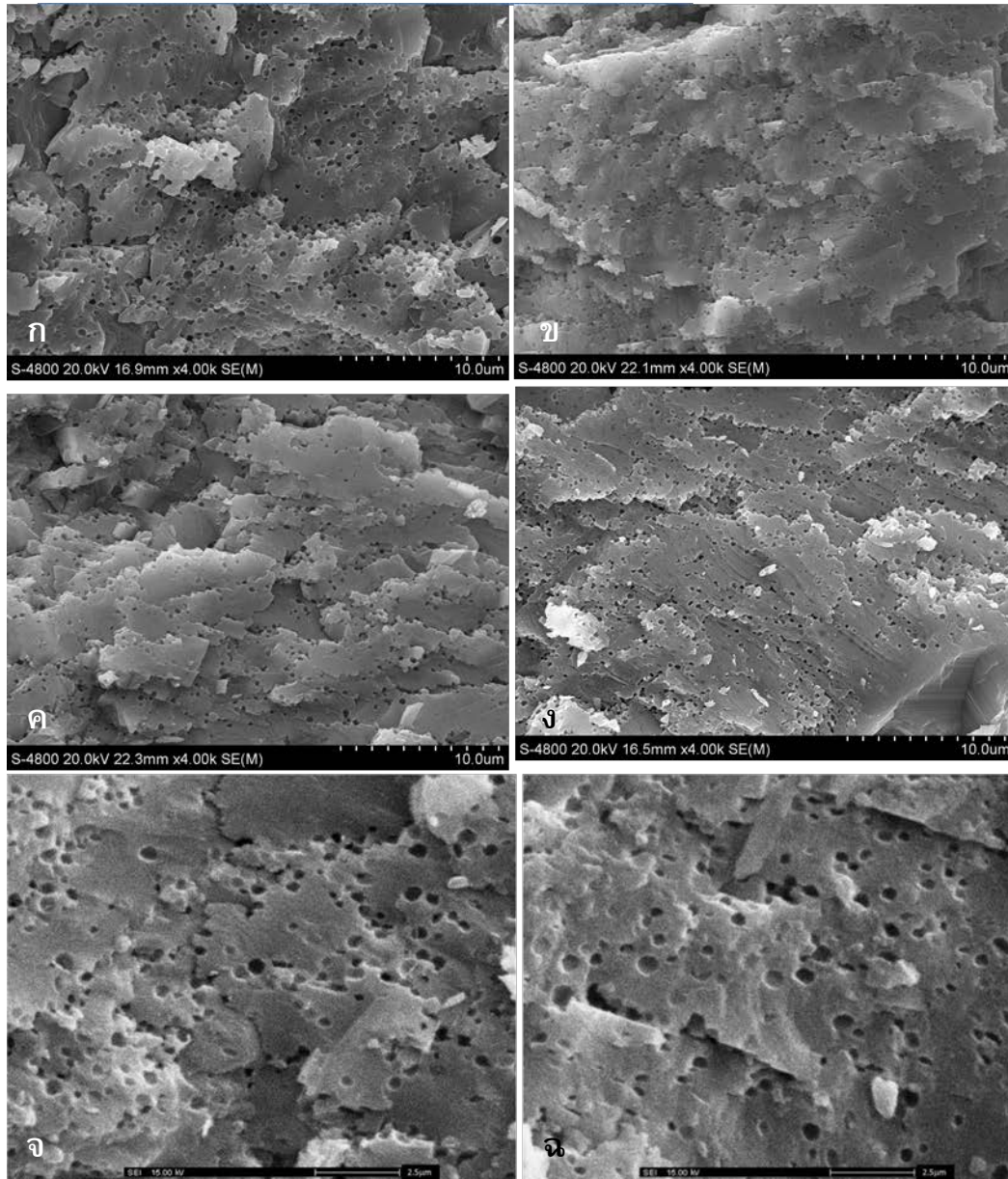
เทา 1 ชนิด) มีขนาด  $0.26 \pm 0.06$  ไมโครเมตร และ *Phasianus* (ไก่ฟ้าคอแหวน 1 ชนิด) มีขนาด  $0.44 \pm 0.11$  ไมโครเมตร ดังภาพที่ 7-10 และตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงขนาดรูพรุน (vasicula hole) ของเปลือกไข่ไก่ฟ้า 20 ชนิด

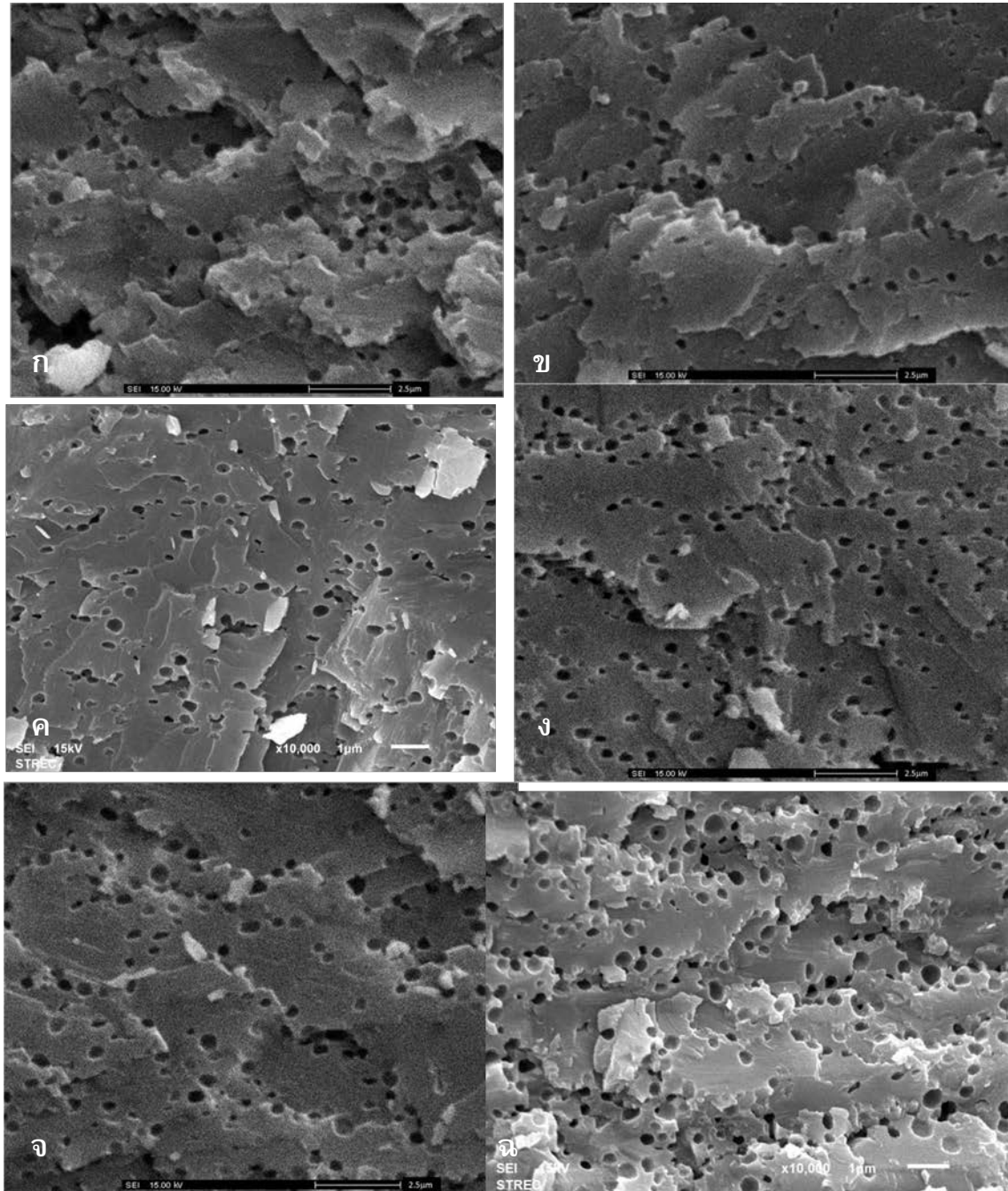
| ชื่อสามัญ                    | จำนวนตัวอย่าง | ค่าเฉลี่ยของขนาดรูพรุน (ไมโครเมตร) |
|------------------------------|---------------|------------------------------------|
| 1. ไก่ฟ้าพญาลอ               | 60            | $0.42 \pm 0.12ij$                  |
| 2. ไก่ฟ้าหลังขาว             | 60            | $0.35 \pm 0.12fg$                  |
| 3. ไก่ฟ้าหลังเทา-แข้งแดง     | 60            | $0.25 \pm 0.05ab$                  |
| 4. ไก่ฟ้าหลังเทา-แข้งเทา     | 60            | $0.23 \pm 0.06a$                   |
| 5. ไก่ป่าตุ้มหูแดง           | 60            | $0.39 \pm 0.09hi$                  |
| 6. ไก่ฟ้าหน้าเขียว           | 60            | $0.36 \pm 0.10gh$                  |
| 7. นกยูงไทย                  | 20            | $0.37 \pm 0.11gh$                  |
| 8. นกยูงอินเดีย              | 60            | $0.32 \pm 0.08def$                 |
| 9. นกแว่นเทา                 | 60            | $0.26 \pm 0.06abc$                 |
| 10. ไก่ฟ้าหน้าเขียวบอร์เนียว | 60            | $0.37 \pm 0.10gh$                  |
| 11. ไก่ป่าอินโด              | 60            | $0.34 \pm 0.09fg$                  |
| 12. ไก่ฟ้าหางลายขวาง(พม่า)   | 60            | $0.28 \pm 0.08cde$                 |
| 13. ไก่ฟ้าโมนาค              | 60            | $0.25 \pm 0.11abc$                 |
| 14. ไก่ฟ้าสีทอง              | 60            | $0.41 \pm 0.10ij$                  |
| 15. ไก่ฟ้าคอแหวน             | 60            | $0.44 \pm 0.11j$                   |
| 16. ไก่โปแลนด์               | 60            | $0.29 \pm 0.07de$                  |
| 17. ไก่บลามา                 | 60            | $0.28 \pm 0.08bcd$                 |
| 18. ไก่ฟ้ารีฟ                | 40            | $0.23 \pm 0.05a$                   |
| 19. ไก่ฟ้าเยลโล่             | 40            | $0.32 \pm 0.09ef$                  |
| 20. ไก่ฟ้าเลดี้              | 60            | $0.32 \pm 0.08def$                 |

\*a,b,...,k ค่าเฉลี่ยเรียงจากน้อยไปมากใช้ Duncan test ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05

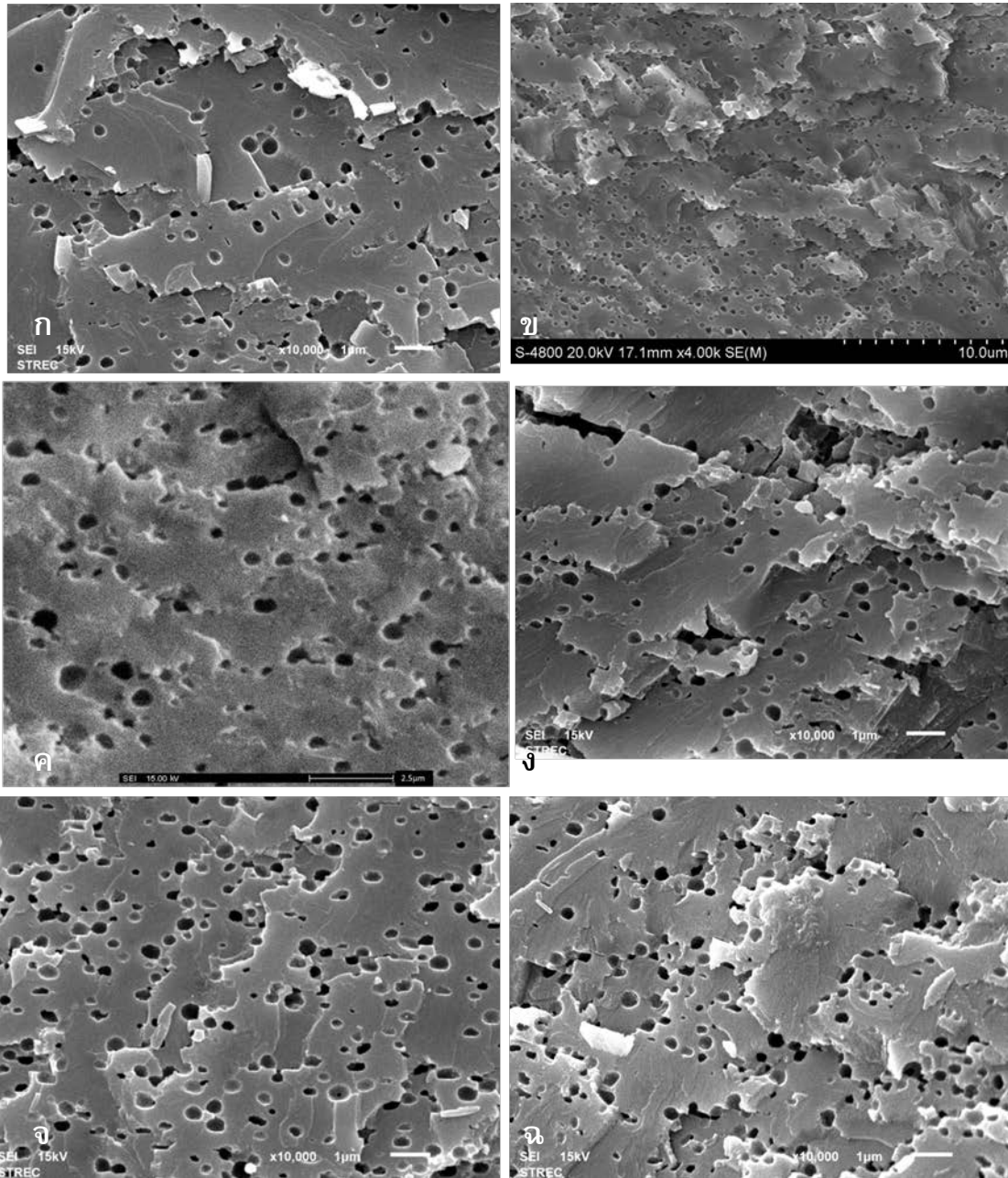
หมายเหตุได้ทดลองวัดความหนาแน่นของรูพรุน ขนาด 3x3 ตารางไมครอน 10 ซ้ำ ของไก่ฟ้าพญาลอมีความหนาแน่นของรูพรุน  $17.27 \pm 4.21$  มากกว่าความหนาแน่นของรูพรุนของไก่ฟ้าสีทองคือ  $11.03 \pm 5.36$



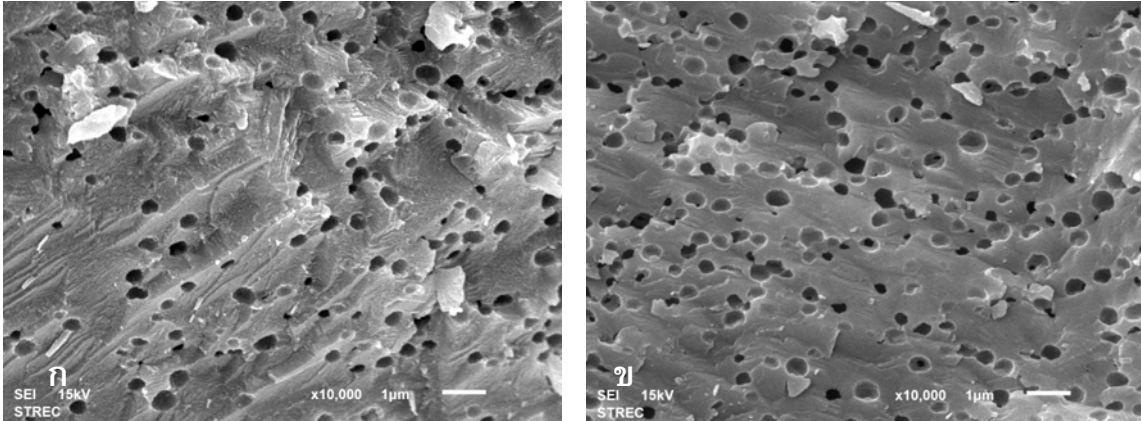
ภาพที่ 7 ภาพ SEM แสดงรู (vesicular holes or vesicle) ในชั้น palisade ของเปลือใบ (ก) กล้วยไม้ (ข) กล้วยไม้ (ค) กล้วยไม้-แข้งแดง (ง) กล้วยไม้-แข้งเทา (จ) กล้วยไม้-แข้งแดง (ฉ) กล้วยไม้หน้าเขียว (ภาพ จ และ ฉ ที่กำลังขยาย 10,000 เท่า)



ภาพที่ 8 ภาพ SEM แสดงรู (vesicular holes or vesicle) ในชั้น palisade ของเปลือกไข่ (ก) นกยูงไทย (ข) นกยูงอินเดีย (ค) นกยูงไทย (ง) ไก่ฟ้าหน้าเขียวบอร์เนียว (จ) ไก่ฟ้าอินโด (ฉ) ไก่ฟ้าหางลายขวาง ที่กำลังขยาย 10,000 เท่า



ภาพที่ 9 SEM แสดงรู (vesicular holes or vesicle) ในชั้น palisade ของเปลือไชนก (ก) ไก่ฟ้าโมนาล (ข) ไก่ฟ้าสีทอง (ค) ไก่ฟ้าคอแหวน (ง) ไก่โปแลนด์ (จ) ไก่บลามา (ฉ) ไก่ฟ้ารีฟ (ที่กำลังขยาย 10,000 เท่า ยกเว้นภาพ ข.)



ภาพที่ 10 SEM แสดงรูพรุน (vesicular holes or vesicle) ในชั้น palisade ของเปลือกไขนก (ก) ไก่ฟ้าเยลโล่ (ข) ไก่ฟ้าเลดี ที่กำลังขยาย 10,000 เท่า

สำหรับชั้น mammillary ซึ่งเป็นชั้นในสุดของเปลือกไข่ เปลือกไข่ไก่ฟ้าจำนวน 20 ชนิดที่ศึกษา มีการจัดเรียงตัวเป็นรูปตัวยู (U) เรียงต่อกันเป็นแนว มีเพียงบางชนิดเท่านั้นที่ไม่ค่อยชัดเจนทั้งนี้อาจเกิดจากการหักชั้นเปลือกไข่หรือสาเหตุอื่นๆ อย่างไรก็ตามลักษณะของรูปร่างการจัดเรียงคล้ายกับนกอีกหลายชนิดที่มีรายงานการศึกษาไว้ แต่ลักษณะจะแตกต่างจาก ไข่ของนกที่มีขนาดเล็กและความหนาเปลือกในช่วง 45-84 ไมครอน เช่น เปลือกไขนกกิ้งก่าเหลือง (Olive-backed Sunbird) นกกระजิบธรรมดา (Common Tailorbird) และนกกระจิบหญ้าสีเขียว (Plain Prinia) โครงสร้างตัวยูจะเด่นและไม่ชัดเจน และแตกต่างจาก ไข่ที่มีขนาด 128-162 ไมครอน ของนกตีนเทียน (Black-winged Stilt) นกยางกรอก (Pond Heron) และ นกกวัก (White-breasted Waterhen) ที่ชั้น mammillary มีลักษณะคล้ายตัวยูมากขึ้นและที่ฐานมีปุ่มยื่นไปสัมผัสกับเยื่อหุ้มไขขาว (กัลยา, 2552) รวมถึงมีความแตกต่างจากโครงสร้างของเปลือกไข่นกกระจอกเทศ (Ostrich) ที่ Karlsson และ Lilja (2008) รายงานไว้ว่าเปลือกไข่ชั้น mammillary ของนกกระจอกเทศ มีรูปร่างแผ่ออกคล้ายพัดหรือคล้ายตัววี (V)

**การจัดอนุกรมวิธานของไก่ฟ้าจากโครงสร้างของเปลือกไข่ศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดและการจัดรูปแบบ (model) ของเปลือกไข่ไก่ฟ้า 20 ชนิด**

จากข้อมูล Mikhailov (1997) เกี่ยวกับโครงสร้างของเปลือกไข่ใน Avian eggshell: An atlas of scanning electron microscope ซึ่งได้รายงานว่า เมื่อนำความหนาของชั้นต่างๆ และความหนารวมของเปลือกไข่นกใน พบว่านกหรือไก่ฟ้าที่อยู่ในวงศ์ Phasianidae จะมีความหนารวมของเปลือกอยู่ในช่วง 90-290 ไมครอน และมีอัตราส่วนความหนาของชั้น Palisade / Mamillary มีค่าอยู่ในช่วง 1.0-1.5 ดังตารางที่ 5 ตารางที่ 5 แสดงการจัดโครงสร้างเปลือกไข่ระดับ families/subfamilies ของ Order Galliformes

| Taxon         | ความหนา<br>(ไมโครเมตร) | อัตราส่วนของ<br>Palisade/Mamillary | สารที่เคลือบผิวไข่<br>(Traces of cover) |
|---------------|------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------|
| Tetraonidae   | 140-310                | 1-1.5                              | Not found                               |
| Phasianidae   | 90-290                 | 1-1.5                              | Not found                               |
| Meleagrididae | 320                    | 1.5                                | Not found                               |
| Numididae     | 380                    | 2.5                                | Present                                 |

ที่มา: Mikhailov, K.E. 1997

กรณีที่พิจารณาตาม Mikhailov (1997) จะพบว่าไก่ฟ้า 9 ชนิดเท่านั้นที่ศึกษาครั้งนี้ ถูกจัดอยู่ใน Order Galliformes ใน families/subfamilies Phasianidae คือไก่ฟ้าพญาลอ นกแว่นสีเทา ไก่ฟ้าหางลายขวาง ไก่ฟ้าโมนาค ไก่ฟ้าสีทอง ไก่ฟ้าคอแหวน ไก่ฟ้ารีฟ ไก่ฟ้าเยลโล่และไก่ฟ้าเลดี้ โดยมีความหนาอยู่ในช่วง 90-290 ไมโครเมตร และมีอัตราส่วน Palisade/Mamillary ระหว่าง 1.0-1.5 ยกเว้น 2 ชนิด ที่มีอัตราส่วนของชั้น Palisade/Mamillary เกิน 1.5 นั่นคือ ไก่ฟ้าพญาลอและไก่ฟ้าคอแหวน (1.77 และ 1.84 ตามลำดับ) (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 แสดงไก่ฟ้า 9 ชนิด ที่เทียบได้กับ Order Galliformes ใน families/subfamilies Phasianidae

| ชื่อสามัญ        | ความหนารวม<br>(ไมโครเมตร) | Cuticle<br>(ไมโครเมตร) | Palisade<br>(ไมโครเมตร) | Mamillary<br>(ไมโครเมตร) | อัตราส่วนของ<br>Palisade/Mamillary |
|------------------|---------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| ไก่ฟ้าพญาลอ      | 243.66±21.45abc           | 0.00±0.00a             | 156.00±10.52cd          | 88.58±29.03a             | 1.77                               |
| นกแว่นเทา        | 211.94±28.66ab            | 3.65±0.61bcde          | 113.68±13.22ab          | 95.39±17.38abc           | 1.19                               |
| ไก่ฟ้าหางลายขวาง | 214.68±4.19ab             | 2.69±0.77bc            | 117.38±3.82ab           | 97.80±4.30abc            | 1.20                               |
| ไก่ฟ้าโมนาค      | 263.89±22.46bcd           | 3.25±0.97bcd           | 145.13±16.68bc          | 116.99±9.01bcde          | 1.24                               |
| ไก่ฟ้าสีทอง      | 278.87±16.06cde           | 3.49±0.93bccde         | 158.85±6.20cde          | 115.12±9.10bcde          | 1.38                               |
| ไก่ฟ้าคอแหวน     | 289.75±12.41cdef          | 5.00±0.85defg          | 186.52±14.60defgh       | 101.44±15.69abcd         | 1.84                               |
| ไก่ฟ้ารีฟ        | 205.96±4.76a              | 2.28±0.40b             | 108.09±5.38ab           | 97.37±5.70abc            | 1.11                               |
| ไก่ฟ้าเยลโล่     | 190.28±5.94a              | 2.27±0.32b             | 95.72±6.79a             | 92.39±3.67ab             | 1.04                               |
| ไก่ฟ้าเลดี้      | 219.19±10.73ab            | 3.05±0.75bcd           | 119.37±6.25ab           | 97.28±10.06abc           | 1.23                               |

ส่วนอีก 11 ชนิดที่เหลือ บางชนิดถูกจัดไปอยู่ใน families/subfamilies อื่นๆ เช่น families/subfamilies Tetraonidae และ Numididae ซึ่งไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจน เนื่องจากการจัดกลุ่มยังมีช่วงความหนาของเปลือกที่ซ้อนทับกันอยู่มาก

การที่ไม่พบความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างลักษณะโครงสร้างและความหนาของเปลือกไขของไก่ฟ้ากับการจำแนกกลุ่มตามการจัดอนุกรมวิธานของนกแบบปัจจุบันนั้น เนื่องจากการจัดจากข้อมูลของ DNA นั้น โดยไม่ได้เกี่ยวข้องกับรายละเอียดในเรื่องของเปลือกไข แม้แต่การจัดอนุกรมวิธานในระบบเดิมที่จำแนกกลุ่มตามลักษณะหลายๆด้านประกอบกัน เช่น โครงสร้างภายนอกของนก พฤติกรรม ลักษณะลูกแรกเกิด เป็นต้น ก็ไม่ได้ลงรายละเอียดไปถึงไขและเปลือกไขแต่อย่างใด จากการจัดแบบใหม่ที่ใช้ DNA นั้นทำให้มีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างออกไปจากแบบเดิมบ้าง มีทั้งแบบที่รวมบางชนิดมาไว้ด้วยกันจากเดิมที่เคยแยกอันดับกันอยู่ หรือแบบที่ถูกจัดแยกเป็นอันดับจากเดิมที่เคยรวมกัน หรือในบางชนิดถูกจัดแยกออกไปเป็นอันดับใหม่

ในภาพรวมของไก่ฟ้าทั้งหมด 20 ชนิดในอันดับ Galliformes วงศ์ Phasianidae จำนวน 8 สกุล (genus) เมื่อจัดกลุ่มเพื่อดูความสัมพันธ์กันในอันดับและวงศ์ ด้วยข้อมูลความหนาของเปลือกไข ไม่ว่าจะเป็นความหนารวม ชั้น cuticle ชั้น palisade และชั้น mammillary พบว่าได้ข้อมูลการจัดกลุ่มที่มีการกระจายมาก เนื่องจากสมาชิกในวงศ์นี้มีขนาดตัวที่แตกต่างกันมาก เช่นกลุ่มนกยูง ซึ่งมีขนาดตัวใหญ่กว่ากลุ่มไก่ฟ้าหรือไก่ชนิดอื่นๆ จึงทำให้มีความแตกต่างกันในเรื่องความหนาของเปลือกไขด้วย (Christians, 2002) ซึ่งมีข้อมูลว่าสัดส่วนของน้ำหนักของไข ต่อ น้ำหนักตัวนกมีค่าแตกต่างกันไป เช่นในกลุ่มที่มีน้ำหนักตัว 2- 180 กรัม จะมีค่าสัดส่วนของน้ำหนักของไข ต่อ น้ำหนักตัวนก เท่ากับ  $1/9$  ซึ่งค่าสัดส่วนนี้จะมีแนวโน้มต่ำลงในกลุ่มนกที่มีน้ำหนักตัวมากขึ้น (Romanoff and Romanoff, 1949)

เมื่อคณะผู้วิจัยได้ศึกษาเพิ่มเติมขนาดรูพรุนในชั้นกลางของเปลือกไขแต่ละชนิด ยังคงไม่สามารถจัดกลุ่มได้ตามอนุกรมวิธาน เนื่องจากขนาดรูพรุนมีความซ้อนกันในแต่ละกลุ่ม จึงทำได้เพียงสรุปเป็นช่วงของขนาดรูพรุนในแต่ละสกุลเท่านั้น โดยที่สกุล *Lophora* (6 ชนิด) มีช่วงขนาด 0.23-0.42 ไมครอน *Gallus* (4 ชนิด) มีช่วงขนาด 0.28-0.39 ไมโครเมตร *Pavo* (นกยูง 2 ชนิด) มีช่วงขนาด 0.32-0.37 ไมครอน *Syrnaticus* (2 ชนิด) มีช่วงขนาด 0.23-0.28 ไมโครเมตร *Chrysolophus* (4 ชนิด) มีช่วงขนาด 0.32-0.41 ไมโครเมตร *Lophophorus* (1 ชนิด) มีขนาด  $0.25 \pm 0.11$  ไมโครเมตร *Polyplectron* (นกแว่นสีเทา 1 ชนิด) มีขนาด  $0.26 \pm 0.06$  ไมโครเมตร และ *Phasianus* (ไก่ฟ้าคอแหวน 1 ชนิด) มีขนาด  $0.44 \pm 0.11$  ไมโครเมตร อย่างไรก็ตามเคยมีรายงานเกี่ยวกับขนาดรูพรุนที่แตกต่างกันของนกบางชนิดไว้ เช่นเปลือกไขของนกปรอดสวน นกเอี้ยงต่าง และนกกาเบ็ญบ้าน มีความพรุนของชั้น palisade มากกว่านกอีแรดแถบอกดำ นกกวก นกตีนเทียน และนกพิราบป่าตามลำดับ (กัลยา 2552) นอกจากนี้ยังมีการศึกษา vesicular holes ของในชั้น palisade มีลักษณะกลมหรือรีจำนวนมาก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ  $0.32 \pm 0.08$  ไมโครเมตร (Chang และคณะ, 2007) และมีรายงานว่านกในเขตร้อนมีรูพรุนในชั้น palisade

ขนาดใหญ่กว่าและหนาแน่นมากกว่าในเขตหนาว แสดงว่าขนาดของรูปพรุนสัมพันธ์อย่างมากกับที่อยู่ของนก โดยขนาดของรูปพรุนจะเล็กลงเมื่อเส้นรุ้ง (Latitude) เพิ่มขึ้น (Becking, 1975)

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้ลองวิเคราะห์แยกเป็นกลุ่มของแต่ละสกุล (genus) โดยพิจารณาจากค่าสัดส่วนของความหนาของชั้น palisade ต่อความหนารวมของเปลือกไข่ (P/T) และ mammillary ต่อความหนารวมของเปลือกไข่ (M/T) เพื่อตัดปัจจัยของความแตกต่างของขนาดไข่ระหว่างชนิดหรือแม้แต่ในชนิดเดียวกันก็ตาม (Romanoff and Romanoff, 1949) ซึ่งพบว่าค่าสัดส่วนทั้งสองนี้สามารถสรุปการจัดกลุ่มได้ในระดับหนึ่ง (ตารางที่ 7) มากกว่าการพิจารณาจากความหนารวมและความหนาแต่ละชั้นของเปลือกไข่ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

**ตารางที่ 7** ค่าสัดส่วนความหนาของเปลือกไข่ไก่ฟ้าชั้น palisade/ความหนารวมและ ชั้น mammillary/ความหนารวม

| ชนิด                         | Total            | Palisade/total | Mammill/total |
|------------------------------|------------------|----------------|---------------|
| ไก่ฟ้าพญาลอ                  | 243.66±21.45abc  | 0.65±0.09bcd   | 0.36±0.09a    |
| ไก่ฟ้าหลังขาว                | 326.00±15.06efg  | 0.63±0.02abcd  | 0.35±0.02a    |
| ไก่ฟ้าหลังเทา-<br>แข้งแดง    | 321.44±11.79defg | 1.62±0.03f     | 2.69±0.09e    |
| ไก่ฟ้าหลังเทา-<br>แข้งเทา    | 304.28±26.44defg | 1.54±0.09e     | 2.96±0.28f    |
| ไก่ฟ้าหน้าเขียว              | 359.91±68.54gh   | 0.63±0.04abcd  | 0.36±0.04a    |
| ไก่ฟ้าหน้าเขียว<br>บอร์เนียว | 346.65±22.86fg   | 0.61±0.02abcd  | 0.37±0.03a    |
| ไก่ป่าตุ้มหูแดง              | 310.13±13.04defg | 0.60±0.01abc   | 0.40±0.03a    |
| ไก่ป่าอินโด                  | 400.81±156.12h   | 0.59±0.05ab    | 0.40±0.05a    |
| ไก่โปแลนด์                   | 306.40±7.81efg   | 1.89±0.06gh    | 2.20±0.05cd   |
| ไก่บราม่า                    | 332.40±53.49defg | 1.86±0.13gh    | 2.12±0.09d    |
| นกยูงไทย                     | 838.96±16.31j    | 0.67±0.01cd    | 0.33±0.01a    |
| นกยูงอินเดีย                 | 654.05±130.33i   | 0.68±0.02d     | 0.32±0.02a    |
| นกแว่นสีเทา                  | 211.94±28.66ab   | 1.86±0.08gh    | 2.24±0.17d    |
| ไก่ฟ้าโมนาค                  | 263.89±22.46bcd  | 1.82±0.07g     | 2.26±0.10d    |
| ไก่ฟ้าคอแหวน                 | 289.75±12.41cdef | 0.64±0.05abcd  | 0.35±0.05a    |

| ชนิด            | Total           | Palisade/total | Mammill/total |
|-----------------|-----------------|----------------|---------------|
| ไ้ฟ้าหางลายขวาง | 214.68±4.19ab   | 1.83±0.106g    | 2.20±0.07cd   |
| ไ้ฟ้ารีฟ        | 205.96±4.76a    | 1.91±0.10h     | 2.25±0.18bc   |
| ไ้ฟ้าเยลโล่     | 190.28±5.94a    | 1.99±0.11i     | 2.06±0.07b    |
| ไ้ฟ้าเลดี้      | 219.19±10.73ab  | 1.84±0.11gh    | 2.26±0.14d    |
| ไ้ฟ้าสีทอง      | 278.87±16.06cde | 0.57±0.03a     | 0.41±0.02a    |

สกุล *Lophora* ทั้งหมด 6 ชนิด ประกอบด้วย ไ้ฟ้าพญาลอ ไ้ฟ้าหลังขาว ไ้ฟ้าหลังเทา-แข่งแดง ไ้ฟ้าหลังเทา-แข่งเทา ไ้ฟ้าหน้าเขียวและไ้ฟ้าหน้าเขียวบอร์เนียว สามารถแยกได้เป็น 2 กลุ่มย่อย ตามค่าสัดส่วนของ (P/T) และ (M/T) คือ กลุ่มแรกคือ ไ้ฟ้าพญาลอ ไ้ฟ้าหลังขาว ไ้ฟ้าหน้าเขียวและไ้ฟ้าหน้าเขียวบอร์เนียว ซึ่งมีค่าทั้งสองค่านั้นจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน (P/T มีค่าอยู่ในช่วง 0.61-0.65 a และ M/T มีค่า 0.35-0.37 a) อีกกลุ่มคือ ไ้ฟ้าหลังเทา-แข่งแดงและไ้ฟ้าหลังเทา-แข่งเทา ซึ่งทั้งสองชนิดย่อยนี้เป็นชนิดเดียวกัน (P/T มีค่าอยู่ในช่วง 1.62f, 1.54 e และ M/T มีค่า 2.69 e, 2.96 f)

สกุล *Gallus* ทั้งหมด 4 ชนิด ประกอบไปด้วย ไ้ป่าตุ้มหูแดง ไ้ป่าอินโด ไ้โปแลนด์และไ้ปรัมมา สามารถแยกได้เป็น 2 กลุ่มย่อยเช่นกันตามค่าสัดส่วนของ (P/T) และ(M/T) คือ กลุ่มแรกคือ ไ้ป่าตุ้มหูแดงและไ้ป่าอินโด ซึ่งมีค่าทั้งสองค่านั้นใกล้เคียงกันมาก (P/T มีค่า 0.60, 0.59 และ M/T มีค่า 0.40, .40) อีกกลุ่มคือไ้โปแลนด์และไ้ปรัมมา (P/T มีค่า 1.89, 1.86 และ M/T มีค่า 2.20, 2.12) ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าทั้งไ้โปแลนด์และไ้ปรัมมา เป็นกลุ่มที่มีการปรับปรุงพันธุ์มาเป็นลำดับเพื่อให้ได้ลักษณะที่สวยงาม จนอาจทำให้เกิดความแตกต่างไปจากกลุ่มสายพันธุ์ธรรมชาติอย่างไ้ป่าตุ้มหูแดงและไ้ป่าอินโด

สกุล *Pavo* ทั้งหมด 2 ชนิด ซึ่งประกอบด้วย นกยูงไทยและนกยูงอินเดีย ที่แม้ว่าจะมีความหนาแน่นของเปลือกที่แตกต่างกันมาก (838.96 และ 654.05 ไมโครเมตร ตามลำดับ) แต่มีค่าสัดส่วนทั้งสองค่าจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน (P/T มีค่า 1.83 g, 1.91 h และ M/T มีค่า 0.33 a, 0.32 a)

สกุล *Syrmaticus* ทั้งหมด 2 ชนิด ประกอบไปด้วย ไ้ฟ้าหางลายขวางและไ้ฟ้ารีฟ มีค่าสัดส่วนทั้งสองค่าจัดอยู่ในกลุ่มใกล้เคียงกัน (P/T มีค่า 0.67cd, 0.68 d และ M/T มีค่า 2.20 cd, 2.25 bc) แต่ที่น่าสนใจก็คือ สองชนิดนี้มีค่าความหนาของชั้น palisade และmamillary จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันเลย (กลุ่ม ab และ abc ตามลำดับ)

สกุล *Phasianus* มี 1 ชนิด คือไ้ฟ้าคอแหวน พบว่ามีค่าสัดส่วน (P/T) และ M/T และข้อมูลความหนาแน่นความหนาของชั้นต่างๆของเปลือกใกล้เคียงกับสกุล *Lophora* มากที่สุด

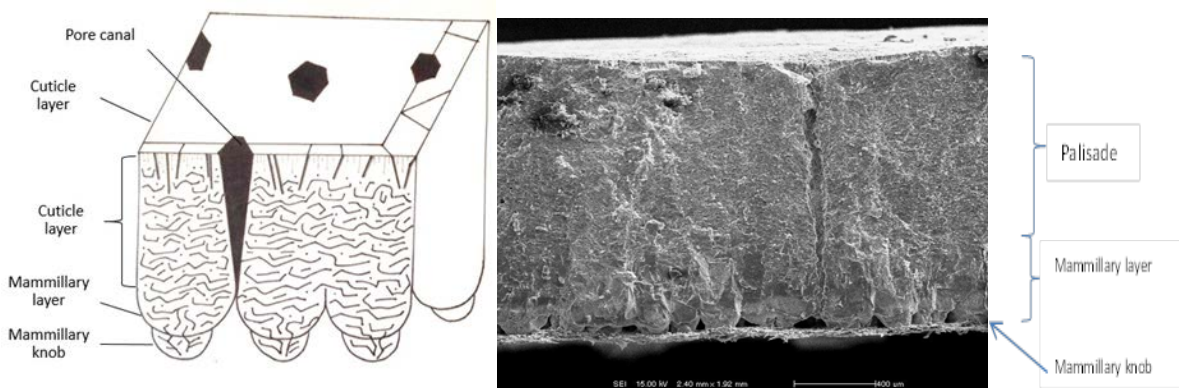
สกุล *Chrysolophus* ทั้งหมด 3 ชนิด ประกอบด้วยไ้ฟ้าสีทอง ไ้ฟ้าเยลโล่และไ้ฟ้าเลดี้ สามารถแยกได้เป็น 2 กลุ่มย่อยเช่นกัน ตามค่าสัดส่วนของ (P/T) และ (M/T) กลุ่มแรกคือไ้ฟ้าสีทอง ซึ่งมีค่าทั้งสองค่านี้แตกต่างจากอีก 2 ชนิด แต่ใกล้เคียงกับไ้ฟ้าอินโด (P/T มีค่า 0.57, 0.59 และ M/T มีค่า 0.41, 0.40) กลุ่มที่สองมี 2 ชนิด คือไ้ฟ้าเยลโล่และไ้ฟ้าเลดี้ ที่มีสัดส่วนทั้งสองค่าจัดอยู่ในกลุ่มใกล้เคียงกันมากกว่า (P/T มีค่า 1.99, 1.84 และ M/T มีค่า 2.06, 2.26 ตามลำดับ) ทั้งที่จากลักษณะภายนอกแล้ว ไ้ฟ้าสีทองและไ้ฟ้าเยลโล่ มีความคล้ายคลึงกันมากกว่า

สกุล *Polyplectron* มี 1 ชนิด คือ นกแว่นสีเทา พบว่ามีค่าสัดส่วน (P/T) และ M/T และข้อมูลความหนาแน่น ความหนาของชั้นต่างๆ ของเปลือกใกล้เคียงกับสกุล *Chrysolophus* มากที่สุด โดยเฉพาะไ้ฟ้าเลดี้

สกุล *Lophophorus* มี 1 ชนิด คือไ้ฟ้าโมนาล พบว่ามีค่าสัดส่วน (P/T) และ M/T ของเปลือกใกล้เคียงกับไ้ฟ้าเลดี้ ในสกุล *Chrysolophus* และนกแว่นเทา สกุล *Polyplectron*

### รูปแบบ (model) ของเปลือกไขไ้ฟ้า

จากการศึกษาโครงสร้างอย่างละเอียดของเปลือกไขไ้ฟ้าจำนวน 20 ชนิด ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าเปลือกไขไ้ฟ้าที่โครงสร้างพื้นฐานที่คล้ายกัน โดยสร้างรูปแบบ (model) ของเปลือกไขไ้ฟ้ากลุ่มนี้ ได้ดังภาพที่ 11 โครงสร้างชั้นผิวเปลือกนอก อาจมองเห็นไม่ชัดเจน ชั้นกลาง palisade (หรือ cuticle layer) เป็นชั้นที่มีความพรุนจากรูพรุนจำนวนมากที่เรียกว่า vesicular holes ส่วนชั้นในสุด mammillary มีการจัดตัวเป็นลักษณะรูปตัวยู (U) เชื่อมกับ mammillary knob ซึ่งติดกับชั้นเยื่อหุ้มไขขาว shell membrane โดยในบางภาพจะเห็นรู (pore) เป็นรูเดี่ยวไม่มีการแตกแขนงที่เชื่อมยาวจากชั้นผิว นอก ผ่านชั้น palisade ไปจนถึงชั้น mammillary บริเวณปากรูที่ผิวมีลักษณะคล้ายปากแตร มีความกว้างมากกว่าส่วนอื่น



ภาพที่ 11 แสดงโครงสร้างรูปแบบ (model) ของเปลือกไขไ้ฟ้า

ปัญหาอย่างหนึ่งที่พบในการศึกษาค้างนี้ก็คือทางคณะผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมอายุของไขหลังจากแม่ไก่วางแล้วได้เท่ากันอย่างสมบูรณ์ แต่พยายามเลือกศึกษาเฉพาะไขที่เพิ่งเริ่มวาง ที่ยังไม่มีการพัฒนาของตัวอ่อนภายใน ซึ่งอย่างไรก็ตามอาจมีคลาดเคลื่อนกันบ้าง และอาจส่งผลต่อความหนาของเปลือกไข่ ซึ่งตามรายงานการศึกษาพบว่า เมื่อตัวอ่อนเริ่มพัฒนาโครงสร้างและอวัยวะของตัวอ่อนภายในไขจะทำความหนาเปลือกไข่ลดลงตามลำดับ ตั้งแต่เริ่มวางไขจนกระทั่งตัวอ่อนฟักออกจากไข ดังข้อมูลที่ศึกษาเหยี่ยวทั้ง 6 สายพันธุ์ (Peregrine Falcon, Shaheen Falcon, Peregrine×Red Shaheen, Saker Falcon, Gyr Falcon และ Saker×Gyr) พบว่าเปลือกไข่ของไขที่ไม่มีเชื้อจะมีความหนามากกว่า เปลือกไข่ที่ตัวอ่อนฟักออกจากไขแล้ว เช่นในเหยี่ยว Peregrine Falcon พบว่าความหนาของเปลือกไข่ในไขที่ไม่มีการพัฒนาของตัวอ่อน มีความหนากว่าไขที่ฟักออกเป็นตัวแล้ว (0.2840 และ 0.2704 มิลลิเมตร ตามลำดับ) (Castilla และคณะ, 2010) และ Kreitzer (1972) ที่รายงานว่าเปลือกไข่นกกระทา *Coturnix quail* (*Coturnix japonica*) ที่ไม่มีการพัฒนาของตัวอ่อน (0.193 มิลลิเมตร) มีความหนามากกว่าไขที่ฟักแล้ว (0.179 มิลลิเมตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) เช่นเดียวกับรายงานนกกระทาชาสีแดง (*Alectoris rufa*) มีเปลือกไข่ระยะใกล้ฟักบางกว่าและทนแรงกดได้ น้อยกว่าระยะที่ยังไม่ฟัก (18 นิวตัน และ 23 นิวตัน ตามลำดับ) (Castilla และคณะ, 2007) ซึ่งเป็นการสนับสนุนที่ว่ามีการดูดซึมแคลเซียมจากเปลือกไข่ไปยังตัวอ่อนที่ทำให้เปลือกไข่บางลง ทำให้เปลือกไข่บางลง โดยพบว่าด้านปลายหรือฐานที่เป็นรูปตัวยูของเปลือกชั้นในมีการเปลี่ยนโครงสร้างโดยยุบหรือสลายตัวไปจากเดิม (Blom and Lilja, 2004; Abdel-Salam และคณะ, 2006, Chien และคณะ, 2009)

นอกจากนี้อายุของแม่ไก่ยังมีความสำคัญเช่นกัน ตามรายงานการศึกษาคุณภาพของไขไก่พบว่า น้ำหนักเปลือกไข่ลดลงตามอายุของแม่ไก่ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อไก่มีอายุเพิ่มขึ้นเปลือกไข่ก็จะบางลง ทำให้น้ำหนักเปลือกไข่ลดลงด้วย (Zita และคณะ, 2012) ส่วนในนกบางชนิดพบว่านกที่มีอายุน้อยจะมีขนาดของไข่เล็ก แต่เมื่ออายุเพิ่มมากขึ้นขนาดของไข่ก็ใหญ่ขึ้นด้วย (Sydeman and Emslie, 1992; Weimerskirch, 1992) ดังนั้น ต่อไปควรมีการศึกษาเพิ่มเติมข้อมูลประกอบอีกหลายๆ เรื่องที่อาจช่วยให้สามารถจัดกลุ่มหรือเห็นความแตกต่างของรายละเอียดเปลือกไข่ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น เช่น นอกจากศึกษาขนาดของรูพรุน (vesicular holes) ในชั้น palisade แล้ว ยังควรศึกษาต่อไปถึงความหนาแน่น หรือจำนวนรูต่อพื้นที่ ใช้เป็นข้อมูลเสริมจะช่วยให้เห็นภาพรวมของความพรุนของเปลือกหรือคำนวณเป็นปริมาตรของรูพรุนทั้งฟองไข่และจึงนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างที่ได้ Becking (1975) พบว่าขนาดของ vesicular hole ของนกในเขตร้อนมีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่างช่วง 0.6-1.2 ไมโครเมตร ซึ่งคิดเป็นพื้นที่ได้ 0.28-1.13 ตารางไมโครเมตร

ส่วนเปลือกไข่ไก่ฟาร์ฟ ที่ศึกษาในประเทศจีน รายงานว่า vesicular holes มีลักษณะกลมหรือรีจำนวนมาก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ  $0.32 \pm 0.08$  ไมโครเมตร (Chang et al., 2007)

ข้อมูลเสริมเพิ่มเติมเกี่ยวกับลักษณะหรือรูปร่างละเอียดของรูที่ผิวเปลือก (pore) และความหนาแน่นของรูต่อหน่วยพื้นที่เปลือก โดยการวัดขนาดของรูแต่ละส่วนที่มีความยาวจากผิวเปลือกนอกจนผ่านถึงฐานของชั้น mammillary เช่นลักษณะรูเป็นรูเดี่ยวไม่มีการแตกแขนง ขนาดกว้างของรูส่วนผิวนอก ส่วนกลาง และส่วนล่างสุดที่ฐานของของชั้น mammillary เช่นมีรายงานพบจำนวนรูที่ผิวของไข่ไก่ 10,000 รูต่อฟอง (Okubo และคณะ, 1997) ข้อมูลอื่นๆ ที่น่าสนใจเพิ่มเติมเพื่อประกอบรายละเอียดของเปลือกไข่คือ การศึกษาขนาดของเยื่อหุ้มไข่ขาวด้านนอก-ด้านใน (outer and inner shell membrane) ที่อยู่ถัดจากเปลือกไข่ชั้น mammillary ซึ่งอาจมีความแตกต่างกันในแต่ละชนิดหรือแต่ละสกุล เช่น ไก่ฟาร์ฟ ในประเทศจีน เยื่อเปลือกไข่ ชั้นนอกมีความกว้าง  $1.69 \pm 0.48$  ไมโครเมตร ซึ่งมีขนาดใหญ่มากกว่าเยื่อเปลือกไข่ชั้นในเท่ากับ  $1.18 \pm 0.23$  ไมโครเมตร (Chang และคณะ, 2007) เช่นเดียวกับที่มีรายงานว่า ไก่เบตง มีเยื่อเปลือกไข่ ชั้นนอกมีขนาด  $2.56 \pm 0.84$  ไมโครเมตร ใหญ่กว่าเยื่อชั้นใน  $1.56 \pm 0.40$  ไมโครเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (พรทิพา, 2555)

### 3. ศึกษาและวิเคราะห์ธาตุในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณที่ในชั้นของเปลือกไข่ไก่ฟ้า

จากการศึกษาองค์ประกอบของธาตุในเปลือกไข่นกโดยใช้หัตถตรวจวัด Energy Dispersive X-ray Analysis พบว่าธาตุหลักที่พบในเปลือกไข่ไก่ฟ้าทั้ง 20 ชนิด คือ คาร์บอน (C) ออกซิเจน (O) แคลเซียม (Ca) ฟอสฟอรัส (P) ซัลเฟอร์ (S) แมกนีเซียม (Mg) ซิลิคอน (Si) อะลูมิเนียม (Al) และโลหะหนัก ทองแดง (Cu) โดยคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ ของธาตุในเปลือกไข่ไก่ฟ้าทั้งหมด 20 ชนิด พบว่าธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลักในเปลือกไข่ไก่ฟ้าคือ คาร์บอน ออกซิเจน แคลเซียม ( $\text{CaCO}_3$ ) ไม่ต่ำกว่า 97% ของธาตุทั้งหมดที่อยู่ในเปลือกไข่ มีค่าใกล้เคียงกับในนกชนิดอื่นๆ ที่เคยทำวิจัยมาก่อน เช่นในนกกระจอกบ้าน นกกระติ๊ดขี้หมู นกกระติ๊ดตะโพกขาว นกเขาขาวและนกเขาไฟ พบปริมาณธาตุใกล้เคียงกัน (มยุรา และกัลยา, 2548) และที่มีรายงานการศึกษาในต่างประเทศ เช่น นกนางนวลหางดำ (Black-tailed Gull, *Larus crassirostris*) และนก Great Bustard (Chiba, 2004, Xiuhua et al., 1998) อย่างไรก็ตาม มีข้อสังเกตที่สำคัญคือมีการปนเปื้อนของทองแดง (Cu) คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อธาตุรวมทั้งหมด โดยมีค่าสูงที่สุดในไก่ฟ้าสีทอง  $2.67 \pm 0.16$  รองลงมาคือนกยูงอินเดียเท่ากับ  $2.61 \pm 0.13$  นกยูงไทย  $1.97 \pm 0.74$  และเปลือกไข่ของไก่ฟ้าหลังขาว  $1.73 \pm 0.11$  ซึ่งแสดงถึงว่ามีการปนเปื้อนของโลหะหนักในแหล่งอาหารที่ไก่ฟ้าอาศัยอยู่หรือเลี้ยงอยู่ในกรง ที่เก็บตัวอย่างมาจากจังหวัดฉะเชิงเทรา หรืออาจปนเปื้อนในอาหารที่ไก่ฟ้ากิน อย่างไรก็ตามเปอร์เซ็นต์ธาตุต่างๆ ทั้ง 9 ชนิด ที่เป็นองค์ประกอบในเปลือกไข่ไก่ฟ้า 20 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ดังแสดงในตารางที่ 8

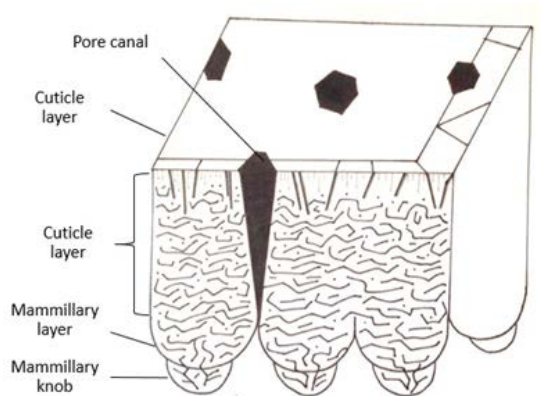
ตารางที่ 8 แสดงเปอร์เซ็นต์ของธาตุที่เป็นองค์ประกอบในเปลือกไข่ไก่ฟ้า 20 ชนิด

| ชื่อสามัญ                    | ธาตุองค์ประกอบของเปอร์เซ็นต์ในเปลือกไข่ (Mean±S.D.)<br>(คิดเป็นเปอร์เซ็นต์) |                |                |             |               |               |             |              |            |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|-------------|---------------|---------------|-------------|--------------|------------|
|                              | C                                                                           | O              | Ca             | P           | S             | Mg            | Si          | Al           | Cu         |
| ไก่ฟ้าพญาลอ                  | 21.80±2.49def                                                               | 58.98±1.14i    | 18.84±3.00abcd | -           | -             | 0.38±0.01cdef | -           | -            | -          |
| ไก่ฟ้าหลังขาว                | 14.76±4.11bc                                                                | 48.68±8.17d    | 33.98±4.16fg   | -           | -             | 0.25±0.02abc  | -           | -            | 1.73±0.11a |
| ไก่ฟ้าหลังเทา-<br>แข้งแดง    | 28.90±13.06g                                                                | 51.48±11.67de  | 18.91±1.87abcd | -           | -             | 0.44±0.07def  | -           | -            | -          |
| ไก่ฟ้าหลังเทา-<br>แข้งเทา    | 11.36±1.23ab                                                                | 35.79±2.82b    | 52.15±4.32hi   | -           | --            | 0.50±0.16f    | -           | -            | -          |
| ไก่ป่าตุ้มหูแดง              | 14.85±1.41bc                                                                | 52.62±2.47def  | 32.16±3.74fg   | 0.16±0.16ab | 0.07±0.03cd   | 0.27±0.09abc  | -           | -            | -          |
| ไก่ฟ้าหน้า<br>เขียว          | 15.73±0.96bc                                                                | 54.22±1.61efgh | 29.40±2.55ef   | 0.12±0.60ab | 0.08±0.02cd   | 0.46±0.11ef   | -           | -            | -          |
| นกยูงไทย                     | 8.76±0.43a                                                                  | 27.61±10.42a   | 55.30±7.74i    | 1.97±0.83c  | -             | -             | -           | -            | 1.97±0.74a |
| นกยูงอินเดีย                 | 8.33±0.92a                                                                  | 42.21±2.98c    | 46.79±3.92h    | -           | -             | 0.16±0.03a    | -           | -            | 2.61±0.13b |
| นกแว่นเทา                    | 24.38±4.79efg                                                               | 60.64±2.33i    | 14.49±6.39a    | 0.26±0.20b  | 0.04±0.02abc  | 0.30±0.06bc   | 0.05±0.03ab | 0.03±0.02abc | -          |
| ไก่ฟ้าหน้า<br>เขียวบอร์เนียว | 15.07±1.73bc                                                                | 52.00±1.20de   | 32.42±2.66fg   | 0.16±0.05ab | 0.07±0.03bcd  | 0.29±0.06abc  | -           | -            | -          |
| ไก่ป่าอินโด                  | 16.50±2.53bcd                                                               | 53.76±2.47efg  | 29.23±3.65ef   | 0.07±0.04a  | 0.07±0.04bcd  | 0.32±0.08bcd  | 0.30±0.06c  | -            | -          |
| ไก่ฟ้าหางลาย<br>ขวาง         | 19.77±2.62cde                                                               | 58.03±3.05ghi  | 21.69±5.66bcd  | 0.13±0.06ab | 0.03±0.03ab   | 0.27±0.10abc  | 0.05±0.05ab | 0.03±0.02abc | -          |
| ไก่ฟ้าโมนาล                  | 25.64±7.96fg                                                                | 58.59±3.03hi   | 15.30±8.58ab   | 0.03±0.02a  | 0.06±0.04abcd | 0.23±0.09ab   | 0.12±0.10b  | 0.06±0.04c   | -          |
| ไก่ฟ้าสีทอง                  | 11.25±2.62ab                                                                | 48.71±3.70d    | 37.01±6.43g    |             |               | 0.30±0.10bc   | -           | -            | 2.67±0.16b |
| ไก่ฟ้าคอหวาน                 | 14.42±1.36bc                                                                | 51.65±1.99de   | 33.37±3.35fg   | 0.10±0.05ab | 0.08±0.03d    | 0.37±0.08cdef | -           | -            | -          |
| ไก่โปแลนด์                   | 24.20±7.34efg                                                               | 58.04±2.00ghi  | 17.34±7.09abc  | 0.05±0.05a  | 0.08±0.10d    | 0.26±0.08abc  | 0.05±0.02ab | 0.02±0.01ab  | -          |
| ไก่บลามา                     | 19.94±1.38cde                                                               | 57.73±1.34ghi  | 21.88±2.44bcd  | 0.05±0.02a  | 0.05±0.02abcd | 0.31±0.11bcd  | 0.05±0.04ab | 0.02±0.01ab  | -          |
| ไก่ฟ้ารีฟ                    | 17.91±1.52cd                                                                | 56.66±1.92fghi | 24.93±3.41de   | 0.11±0.02ab | 0.03±0.02ab   | 0.33±0.03bcde | 0.04±0.02a  | 0.02±0.02a   | -          |
| ไก่ฟ้าเอลโล่                 | 18.86±0.99cde                                                               | 57.87±1.01ghi  | 22.76±1.82cd   | 0.08±0.04ab | 0.03±0.01a    | 0.30±0.17bc   | 0.06±0.07ab | 0.05±0.03bc  | -          |
| ไก่ฟ้าเลดี้                  | 16.44±2.29bcd                                                               | 52.57±2.30def  | 30.56±3.21efg  | 0.15±0.08ab | 0.08±0.02d    | 0.26±0.06abc  | -           | -            | -          |

หมายเหตุ: - หมายถึงไม่พบ \*a, b,..., i ค่าเฉลี่ย เรียงจากน้อยไปมากใช้ Duncan test ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. น้ำหนักไขของไก่อ้ว 20 ชนิด แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 มีน้ำหนักไขในช่วง 17.30-54.71 กรัม ได้แก่ ไก่อ้วพญาลอ ไก่อ้วหลังขาว ไก่อ้วหลังเทา-แข้งแดง ไก่อ้วหลังเทา-แข้งเทา ไก่อ้วตุ้มหูแดง ไก่อ้วหน้าเขียว นกแว่นสีเทา ไก่อ้วหน้าเขียวบอร์เนียว ไก่อ้วอินโด ไก่อ้วหางลายขวาง ไก่อ้วโมนาล ไก่อ้วสีทอง ไก่อ้วคอแหวน ไก่อ้วแลนด์ ไก่อ้วราม่า ไก่อ้วรีฟ ไก่อ้วเยลโล่และไก่อ้วเลดี้ ส่วนกลุ่มที่ 2 มีน้ำหนักไขไก่อ้ว 104.85-108.03 กรัม คือ นกยูงไทยและนกยูงอินเดีย
2. โครงสร้างเปลือกไข่ที่ศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า เปลือกไข่ประกอบด้วย 3 ชั้น ได้แก่ ชั้น cuticle ที่เป็นผิวเปลือกนอกสุดของเปลือกไข่ ถัดไปเป็นชั้น palisade layer เป็นชั้นที่มีความแข็งแรง ประกอบด้วยแคลเซียมคาร์บอเนต มีความหนาประมาณ สองในสามเท่าของเปลือกไข่ ชั้นนี้มีรูพรุน (vesicular hole, vesicle) จำนวนมาก และชั้นในสุดของเปลือกไข่ เป็นชั้น mammillary layer ซึ่งจัดเรียงตัวเป็นรูปตัวยู
3. รูปแบบ (model) โครงสร้างอย่างละเอียดของเปลือกไข่ไก่อ้วจำนวน 20 ชนิด ที่ศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เป็นดังภาพนี้



4. ความหนาของเปลือกไข่นกจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด จากตัวอย่างจำนวน 20 ชนิดใน Order Galliformes พบว่าจำนวน 18 ชนิด มีความหนาของเปลือกไข่นกอยู่ในช่วง 190.28-400.81 ไมโครเมตร ส่วนอีก 2 ชนิดคือนกยูงไทยและนกยูงอินเดีย ที่มีความหนาของเปลือกไข่นกอยู่ในช่วง  $838.96 \pm 16.31$ - $654.05 \pm 130.33$  ไมโครเมตร
5. โครงสร้างเปลือกไข่ที่ศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า เปลือกไข่ประกอบด้วย 3 ชั้น ได้แก่ ชั้น cuticle ที่เป็นผิวเปลือกนอกสุดของเปลือกไข่ ถัดไปเป็นชั้น palisade layer เป็นชั้นที่มีความแข็งแรง ประกอบด้วยแคลเซียมคาร์บอเนต มีความหนาประมาณ สองในสามเท่าของเปลือกไข่ ชั้นนี้มีรูพรุน (vesicular hole, vesicle) จำนวนมาก

และชั้นในสุดของเปลือกไข่ เป็นชั้น *mammillary layer* ซึ่งจัดเรียงตัวเป็นรูปตัวยู (U) ซึ่งจะไปติดกับเยื่อหุ้มไข่ขาว (*shell membrane*)

6. ความหนาของเปลือกไข่ทั้ง 20 ชนิด ชั้น *cuticle* มีความหนาในช่วง  $0.00-10.73 \pm 1.32$  ไมโครเมตร ชั้น *palisade layer* มีความหนาในช่วง  $95.72 \pm 5.38-561.63 \pm 1.52$  ไมโครเมตร และชั้น *mammillary layer* มีความหนาในช่วง  $88.58 \pm 29.03-278.84 \pm 7.12$  ไมโครเมตร
7. จากรายงานของ Mikhailov (1997) ที่ระบุว่า นกใน *Phasianidae* จะมีค่าสัดส่วนความหนาของชั้น *Palisade/Mamillary* เท่ากับ 1.0-1.5 มีไก่ฟ้า 9 ชนิดที่ศึกษาครั้งนี้ ถูกจัดอยู่ใน Order *Galliformes* ใน *families/subfamilies Phasianidae* คือไก่ฟ้าพญาลอ นกแว่นสีเทา ไก่ฟ้าหางลายขวาง ไก่ฟ้าโมนาล ไก่ฟ้าสีทอง ไก่ฟ้าคอแหวน ไก่ฟ้ารีฟ ไก่ฟ้าเยลโล่และไก่ฟ้าเลดี้ ส่วนอีก 11 ชนิด ไม่เข้ากลุ่มใน Order *Galliformes* ซึ่งแสดงว่าข้อมูลความหนาของเปลือกไข่ไก่ฟ้าไม่สอดคล้องกับอนุกรมวิธานที่จัดด้วยข้อมูลทางพันธุกรรมได้ทั้งหมด
8. กรณีที่แยกเป็นกลุ่มของแต่ละสกุล (*genus*) โดยพิจารณาจากค่าสัดส่วนของความหนาของชั้น *palisade* ต่อความหนารวมของเปลือกไข่ (P/T) และ *mammillary* ต่อ ความหนารวมของเปลือกไข่ (M/T) พบว่าค่าสัดส่วนทั้งสองนี้สามารถสรุปการจัดกลุ่มได้ในระดับหนึ่ง มากกว่าการพิจารณาจากความหนารวมและความหนาแต่ละชั้นของเปลือกไข่ โดยพบว่าค่าสัดส่วนดังกล่าวของนกในแต่ละสกุลมีค่าจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันหรือแตกต่างกันเล็กน้อย จำนวนทั้งหมด 8 สกุล

สกุล *Lophora* ทั้งหมด 6 ชนิด ประกอบไปด้วย ไก่ฟ้าพญาลอ ไก่ฟ้าหลังขาว ไก่ฟ้าหลังเทา-แข้งแดง ไก่ฟ้าหลังเทา-แข้งเทา ไก่ฟ้าหน้าเขียวและไก่ฟ้าหน้าเขียวบอร์เนียว

สกุล *Gallus* ทั้งหมด 4 ชนิด ประกอบไปด้วย ไก่ป่าดุ่มหูแดง ไก่ป่าอินโด ไก่โปแลนด์ และไก่บรามา

สกุล *Pavo* ทั้งหมด 2 ชนิด ประกอบไปด้วย นกยูงไทยและนกยูงอินเดีย

สกุล *Syrnaticus* ทั้งหมด 2 ชนิด ประกอบไปด้วย ไก่ฟ้าหางลายขวางและไก่ฟ้ารีฟ

สกุล *Phasianus* มี 1 ชนิด คือ ไก่ฟ้าคอแหวน มีค่าสัดส่วนทั้งสอง ใกล้เคียงกับสกุล

*Lophora* มากที่สุด

สกุล *Chrysolophus* ทั้งหมด 3 ชนิด ประกอบไปด้วย ไก่ฟ้าสีทอง ไก่ฟ้าเยลโล่และไก่ฟ้าเลดี้

สกุล *Polyplectron* มี 1 ชนิด คือ นกแว่นสีเทา มีค่าสัดส่วน ใกล้เคียงกับสกุล *Chrysolophus* มากที่สุด โดยเฉพาะไก่ฟ้าเลดี้

สกุล *Lophophorus* มี 1 ชนิด คือ ไก่ฟ้าโมนาล มีค่าสัดส่วน ใกล้เคียงกับไก่ฟ้าเลดี้ ในสกุล *Chrysolophus* และนกแว่นเทา สกุล *Polyplectron*

9. ขนาดรูพรุนในชั้นกลางของเปลือกไข่แต่ละชนิด ยังคงไม่สามารถจัดกลุ่มได้ตามอนุกรมวิธาน เนื่องจากขนาดรูพรุนมีความซ้อนกันในแต่ละกลุ่ม โดยที่ไก่ฟ้าคอแหวน มีขนาดรูพรุนที่กว้างที่สุดคือ  $0.44 \pm 0.11$  ไมโครเมตร และไก่ฟ้ารีฟมีค่าเฉลี่ยรูที่แคบที่สุดคือ  $0.23 \pm 0.05$  ไมโครเมตร และใกล้เคียงกับไก่ฟ้าหลังเทา-แข่งเทา มีค่าเฉลี่ยรูที่แคบที่สุดคือ  $0.23 \pm 0.06$  ไมโครเมตร
10. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมข้อมูลด้านอื่นๆประกอบอีกมากซึ่งอาจช่วยให้สามารถจัดกลุ่มหรือเห็นความแตกต่างของรายละเอียดเปลือกไข่ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น เช่น ขนาดและความหนาแน่นของรูพรุน (vesicular holes) ในชั้น palisade รายละเอียดของรูปร่าง ขนาดและความหนาแน่นของรู (pore) ที่ผิวของเปลือกไข่ นอกจากนี้ขนาดของเส้นใยในชั้นเยื่อหุ้มไข่ขาว ก็น่าจะเป็นข้อมูลประกอบ อาจจะช่วยให้เห็นภาพรวมของความแตกต่างแต่ละชนิดได้ดียิ่งขึ้น
11. อย่างไรก็ตาม กรณีที่เป็นไปได้ สิ่งที่สำคัญมากที่ควรพิจารณาและจัดการให้ตัวอย่างทั้งหมดมีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมากที่สุด ก็คือการกำหนด อายุของแม่ไก่ และอายุของไข่หลังฟัก รวมถึงไข่ตัวอย่างนั้น เป็นไข่ที่ได้รับการผสมหรือไม่ ซึ่งปัจจัยทั้งหมดที่กล่าวมาส่งผลต่อโครงสร้างและคุณภาพของเปลือกไข่ทั้งสิ้น
12. นอกจากนี้ แหล่งเก็บตัวอย่างไข่ที่แตกต่างกัน ไม่ว่าจะเป็นระหว่างในฟาร์มเลี้ยงต่างๆ ซึ่งจะมีโรงเรือนหรือสถานที่เลี้ยงและสูตรอาหารที่แตกต่างกัน หรือความแตกต่างระหว่างตัวอย่างไข่ที่เก็บได้ในสภาพพื้นที่ธรรมชาติและในฟาร์มเลี้ยง สิ่งเหล่านี้ต่างส่งผลถึงโครงสร้างและคุณภาพของเปลือกไข่ด้วยเช่นกัน
13. องค์ประกอบของธาตุในเปลือกไข่นกโดยใช้หัตถตรวจวัด Energy Dispersive X-ray Analysis พบว่าธาตุหลักที่พบในเปลือกไข่ไก่ฟ้าทั้ง 20 ชนิด คือคาร์บอน (C) ออกซิเจน (O) แคลเซียม (Ca) ฟอสฟอรัส (P) ซัลเฟอร์ (S) แมกนีเซียม (Mg) ซิลิคอน (Si) อะลูมิเนียม (Al) และโลหะหนัก ทองแดง (Cu) โดยคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ ของธาตุในเปลือกไข่ไก่ฟ้าทั้งหมด 20 ชนิด พบว่าธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลักในเปลือกไข่ไก่ฟ้าคือ คาร์บอน ออกซิเจน แคลเซียม ( $\text{CaCO}_3$ ) ไม่ต่ำกว่า 97% ของธาตุทั้งหมดที่ในเปลือกไข่
14. มีการปนเปื้อนของทองแดง (Cu) คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อธาตุรวมทั้งหมด โดยมีค่าสูงที่สุดในไก่ฟ้าสีทอง  $2.67 \pm 0.16$  รองมาคือนกยูงอินเดียเท่ากับ  $2.61 \pm 0.13$  นกยูงไทย  $1.97 \pm 0.74$  และเปลือกไข่ของไก่ฟ้าหลังขาว  $1.73 \pm 0.11$  ซึ่งอาจได้รับจากพื้นดินในที่เลี้ยงหรือจากอาหารที่เลี้ยง

### บรรณานุกรม (bibliography)

- กัลยา ศรีพุทธชาติ. 2550. พฤติกรรมการสร้างรังของนก วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร ปีที่ 27 ฉบับที่ 1 หน้า 66-88.
- กัลยา ศรีพุทธชาติ. 2552. เปลือกไข่และรังนก: ศึกษาธาตุประกอบและโครงสร้างของเปลือกไข่และลักษณะของรังนก. รายงานฉบับสมบูรณ์ทุนอุดหนุนการวิจัยสำหรับคณาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์.
- มยุรา อารีกิจเสรี และ กัลยา ศรีพุทธชาติ. 2548. การศึกษาโครงสร้าง สัณฐานวิทยาและการวิเคราะห์ธาตุเชิงคุณภาพในเปลือกไข่ นก ด้วย Energy Dispersive X-ray Analysis (EDX) Secondary Electron Imaging (SEI). รายงานฉบับสมบูรณ์ทุนอุดหนุนการวิจัยสำหรับคณาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์ .
- โอภาส ขอบเขตต์. 2541. หนังสือชุด นกในเมืองไทย เล่ม 1. สำนักพิมพ์สารคดี กรุงเทพฯ.
- อรรถกร เอ็งสุโสภณ. 2548. การศึกษาโครงสร้างและองค์ประกอบธาตุในเปลือกไข่บางชนิดภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด รายงานวิชาการศึกษารายบุคคล ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม
- Abdel-Salam ZA, Abdou AM and harith MA. Elementary and ultrastructural analysis of the eggshell:Ca, Mg and Na distribution during embryonic development via LIBS and SEM techniques. *International Journal of Poultry Science* 2006, 5 (1): 35-42.
- Hunton, P. Research on eggshell structure and quality: An historical overview. *Brazilian J. of Poultry Science* 2005, 7(2):67-71.
- Becking JH. The Ultrastructure of the avian eggshell. *Ibis* 1975, 117(2):143-151.
- Bize P, Roulin A, Richner H. Covariation between egg size and rearing condition determines offspring quality: an experiment with the alpine swift. *Oecologia* 2002, 132 (2), 231–234.
- Blom and Lilja. A comparative study of growth, skeletal development and eggshell composition in some species of birds. *J.of Zoology* 2004, 262: 361-369.
- Broad G and Scott VD. Porosity of the avian eggshell. *American Zoologists* 1980, 20(2): 339-349.
- Brooke, M and Birkhead T. 1991. The Cambridge Encyclopedia of Ornithology. Cambridge University Press, Cambridge.
- Burley RW and Vedehra DV. 1989. The avian egg; chemistry and biology. John Wiley and Son. New York.
- Castilla AM, Martinez Juan de A, Herrel A and Møller S. Eggshell Thickness Variation in Red-legged Partridge (*Alectoris rufa*) from Spain. *The Wilson Journal of Ornithology* 200, 121(1):167–170.

- Chang C, Zhengwang Z, Chen X, Jinying J and Sun Q. Ultrastructure and elemental composition of the eggshell of Reeve's Pheasant (*Syrnaticus reevesii*). *Front. Biol. China* 2007, 2(3):340-344.
- Christians KJ. 2002. Avian egg size: variation within species and in exibility within individuals. *Biol. Rev.* 2007, 77: 1-26.
- Chiba A. Microscopic structure and distribution of various elements in the eggshell of the Black-tailed Gull, *Larus crassirostris*, as revealed by scanning and transmission electron microscopy and X-ray compositional microanalysis. *Ornithol.Sci.* 2004, 3:125-132.
- Chien YC, Hincke MT, and McKee MD. 2009. Ultrastructure of avian eggshell during resumption following egg fertilization. *Biology*: 527-538.
- Cusack M, Fraser AC and Stachel T. Magnesium and phosphorus distribution in the avian eggshell. *Comp. Biochem. Physiol. Part B.* 2003, 134: 63-69.
- Dennis JE, Xino SO, Agaral M, Fink DJ, HeuerAH and CaplanAI. Microstructure of matrix and mineral components of eggshells from leghorn chicken (*Gallus gallus*). *Journal of Morphology* 1996, 228 (3): 287-306.
- Dial KP. 2006. Patterns among avian flight style, nesting biology, development, body size, and locomotor modularity. *Acta Zoologica Sinica*, 52 (supplement): 502-504.
- Drent PJ and Woldendorp JW. Acid rain and eggshells. *Nature* 1989, 339 (6224), 431.
- Gill FB. 2007. Ornithology, 3<sup>rd</sup> ed. W.H. Freeman and Company, New York.
- Hansell M. 2000. Bird Nests and Constructio Behaviour. Cambridge University Press, Cambridge.
- Hirsch KF and Quinn B. Eggs and eggshell fragments from the upper cretaceous two medicine formation of Montana. *Journal of Vertebrate Paleontology* 1990,10: 491-511.
- Karlsson O and LilJa C. Eggshell structure, mode of development and growth rate in birds. *Zoology* 2008, 111:494-502.
- Kitimasak W, Thairakhupt K and Mell DL. Eggshell structure of the Siamese narrow-headed solfshell Turtle *Chitra chitra* nutphand, 1986. (Testudines: Trionychidae). *Science Asia* 2003, 29: 95-98.
- Lamprecht I and Schmolz E. Thermal investigations of some bird nests. *Thermochimica Acta* 2004, 415: 141-148.
- Lekagul B and Round PD.1991. A Guide to the Birds of Thailand. Saha Karn Bhaet, Bangkok.

- Lundholm CE. Effects of methyl mercury at different dose regimes on eggshell formation and some biochemical characteristics of the eggshell gland mucosa of the domestic fowl. *Comp. Biochem. Physiol.* 1995, Part C. 110: 23-28.
- Mathies T and Andrews RM. Does reduction of the eggshell occur concurrently with or subsequent to the evolution of viviparity in phrynosomatid lizard?. *Biological Journal of the Linnean Society* 2000, 71: 719-736.
- Miguel A. Heavy metals and metalloids in egg contents and eggshells of passerine birds from Arizona. *Environmental Pollution* 2003, 125 (3): 393-400.
- Mikhailov KE. 1997. Avian eggshells: an Atlas of scanning electron micrographs. British Ornithologists' Club Occasional Publications no 3. 88p.
- Mora MA. Heavy metals and metalloids in egg contents and eggshells of passerine bird from Arizona. *Environmental Pollution* 2003, 125 (3): 393-400.
- Mountjoy DJ and Robertson RJ. Nest-construction tactics in the cedar waxwing. *Wilson Bull.* 1988, 100 (1): 128-130.
- Nalwanga D, Lloyd P, Plessis MA and Martin TE. The influence of nest-site characteristics on the nesting success of the Karoo Prinia (*Prinia maculosa*). *Ostrich* 2004, 75 (4): 269-274.
- Nys Y, Gautron J, Gracia-Ruiz JM. and Hincke MT. Avian eggshell mineralization: biochemical and functional characterization of matrix protein. *Science Direct-Comptes. C. R. Palevol* 2004, 3 : 549-562.
- Palevol R, Panhe'leux M, Bain M, Fernandez MS, Morales I, Gautron J and Arias JL. Organic matrix composition and ultrastructure of eggshell: a comparative study, *Br. Poult. Sci.* 1999, 40: 240-252.
- Peterson RT. 1978. The Birds. Time-Life Books, Inc., Hong Kong. 192 p.
- Quader S. Elaborate nest in a weaverbird: a role for female choice ? . *Ethology* 2005, 111: 1073-1088.
- Ratcliffe DA. Decrease in Eggshell Weight in Certain Birds of Prey. *Nature* 1967, 215: 208-210.
- Restall R. 1996. Munias and mannikins. East Sussex: Pica Press.
- Ridler M. 2000. Peggion eggs. Reprint from CedarValley Lofts Newsletter.
- Romanoff AL and Romanoff AJ. 1949. The Avian Egg. John Wiley & Sons, INC., New York.
- Sandercock BK. Egg-capping and eggshell removal by western and semipalmated sandpipers. *The Condor* 1996, 98: 431-433.
- Solomon SE. 1991. Egg and eggshell quality. (Wolfe Polishing London).

- Sordahl TA. Eggshell removal behavior of American avocets and black-necked stilts. *J. Field Ornithol.* 1994,. 65(4):461-465.
- Snodderly D and Max Jr. Eggshell removal by the laughing gull (*Larus atricilla*): Normative data and visual preference behaviour. *Animal Behaviour* 1978, 26:487-506.
- Swaileh KM and Sansur R. Monitoring urban heavy metal pollution using the House Sparrow (*Passer domesticus*). *Journal of Environmental Monitoring* 2006, 8:209-213.
- Sydeman WJ & Emslie SD. (1992). Effects of parental age on hatching asynchrony, egg size and third-chick disadvantage in Western Gulls. *Auk* 109, 242-248.
- Tiwari JK and Anupama. Nest structure variation in Common Tailorbird *Orthotomus sutorius* in Kutch, Gujarat. *Indian Birds* 2006,2 (1):15.
- Tuan RS, OnoT, Akins RE, Koide M. 1991. Experimental studies on cultured, shell-less fowl embryos: calcium transport, skeletal development, and cardio-vascular functions. In: Deeming, D.C., Ferguson, M.W.J.(Eds.), *Egg Incubation: Its Effect on Embryonic Development in Birds and Reptiles*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 419-433.
- Wangkulangkul S, Thirakhupt K, Chantapornsyl S. (2000) Comparative Study of Eggshell Morphology in Wild and Captive Olive Ridley Turtles *Lepidochelys olivacea* at Phuket, Thailand. In: Pilcher N, Ismail G (eds) *Sea Turtles of the Indo-Pacific Research Management & Conservation*. ASEAN Academic Press, Sarawak, Malaysia, pp 208-217.
- Wangensteen OD, Wilson D and Rahn H. Diffusion of gases across the shell of the hen's egg. *Respiration Physiology* 1970, 11: 16-30.
- Weimerskirch H. Reproductive effort in long-lived birds: age-specific patterns of condition, reproduction and survival in the Wandering Albatross. *Oikos* 1992, 64:464-473.
- Welty JC and Baptista LF. 1988. *The Life of Birds*, 4<sup>th</sup> Edition, Saunders college Publishing, Philadelphia.
- Wistedt A, Ridderstrale Y, Wall H, and Holm L. 2012. Effects of phytoestrogen supplementation in the feed on the shell gland of laying hens at the end of the laying period. *Animal Reproduction Science* 133: 205-213.
- Wheelwright NT, Lawler JJ and Weinstein JH. Nest-siteselection in Savannah Sparrows: using gulls as scarecrows? *Animal Behaviour* 1997, 53: 197-208.
- Williams TD. Growth and survival in macaroni penguin, *Eudyptes chrysolophus*, A- and B-chicks: do females maximize investment in the large B-egg? *Oikos* 1990, 59: 349-354.
- Zelenitsky DK, Modesto SP and Philip JC. Bird-like characteristics of troodontid theropod

- eggshell. *Cretaceous Research* 2002, 23: 297-305.
- Zhang Jian-zhong , Wang Jiu-gen and Ma Jia-ju . Porous structures of natural materials and bionic design. *J. Zhejiang University-Science A* 2005, 6(10): 1095-1099.
- Zimmermann Kand Mark J. Egg size, eggshell porosity, and incubation period in the marine bird family Alcidae. *The Auk* 2007, 124(1): 307-315.

## ภาคผนวก (Appendix)

### ผลสำเร็จที่ได้รับ

1. การผลิตนักศึกษาที่จบการศึกษาจากโครงการ: นางสาวสุพรรณษา สุพรรณโรจน์ ปริญญาตรี รหัสประจำตัวนักศึกษา 07540148

2. เผยแพร่ผลงานและความรู้เรื่องเปลือกไข่ไก่ฟ้าไทยและจีน ให้กับเยาวชนและผู้สนใจในงานงานสัปดาห์วิทยาศาสตร์ ของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร 29-31 สิงหาคม 2559



3. เตรียมผลงานลงบทความ 4 บทความในข่าวคณะวิทยาศาสตร์ และวารสารคณะวิทยาศาสตร์ ฉบับครบรอบ 45 ปี มหาวิทยาลัยศิลปากร โดย ผ.ศ. กัลยา ศรีพุทธชาติ และ รศ. ดร. มยุรา ยงทรัพย์อนันต์ (อารี กิจเสรี)

4. เตรียมผลงานบทคัดย่อเพื่อร่วมประชุมระดับนานาชาติ 1 เรื่อง

บทความที่ลงในคณะวิทยาศาสตร์ ฉบับครบรอบ 45 ปี มหาวิทยาลัยศิลปากร จำนวน 4 เรื่อง

1. ฉันทิโกฟ้าพญาลล 2. เปรียบเทียบโครงสร้างเปลือกไขโกฟ้าคอแหวนระยะไม่มีเชื้อและหลังจากการฟักไขแล้ว 3. เรื่องของนกยูง

บทความเรื่องทีลงในข่าวคณะวิทยาศาสตร์

1. โกฟ้า



กัลยา ศรีพุทธชาติ

คำว่า “โกฟ้า” ทำให้นึกถึงภาพโกฟ้าที่มีความสวยงามแตกต่างไปจากโกฟ้าทั่วไปที่เรารู้จัก ผู้ที่ตั้งชื่อก็คงคิดอย่างนี้จะมัง สมัยก่อนมีคำเรียกโกฟ้า โดยยกย่องกันว่า.... นกเทวดา หรือนกชั้นสูง กันเลยทีเดียว

โกฟ้า (Pheasant) เป็นนกชนิดหนึ่งในวงศ์โกฟ้า (Phasianidae) ที่ประกอบไปด้วย โกฟ้าชนิดต่างๆ โกฟ้า นกยูง นกกระทา นกแว่น และนกหว่า ซึ่งเป็นสัตว์ปีกกลุ่มหนึ่งที่มีสีสันสวยงามมาก พุดกันง่าย ๆ ก็คือ พวกนกยูง โกฟ้า นกกระทา นกแว่นและนกหว่าก็เป็นโกฟ้าเช่นกัน ที่มาของคำว่า “โกฟ้า” อาจเนื่องมาจากมีรูปร่างเหมือนโก และบินได้ มีสีสันสวยงาม มาก เช่น โกฟ้าสีทอง (Golden pheasant) ที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศจีน (รูปที่ 1) มีสีสันสด สะดุดตาเหมือนเป็นของปลอม หรือเป็นนกตุ๊กตาที่มีคนมาทาสีไว้ นอกจากนี้ โกฟ้ายังมีความปราดเปรียว สง่างาม โดยเฉพาะ ในฤดูผสมพันธุ์ ซึ่งโกฟ้าเพศผู้จะมีสีสันสดเด่นสะดุดตาเป็นพิเศษ เพื่อให้เด่นเหนือกว่าตัวอื่น ๆ และดึงดูดเพศเมีย โกฟ้าที่ผู้คนรู้จักกันดีคือ “นกยูง” ที่พวกเราจะตื่นตันทันทีทุกครั้งทีเห็นเพศผู้สุดหล่อแพนหางหันซ้าย-ขวาเพื่อโชว์สาว ๆ ในการเกี้ยว อย่างไม่รู้จักเหน็ดเหนื่อย (รูปที่ 2)



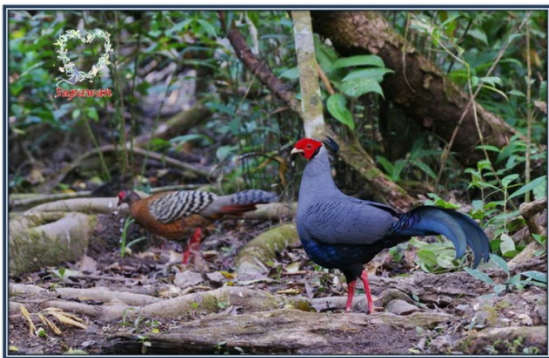
1



2

ข้อมูลที่น่าสนใจก็คือ ไก่ฟ้าในโลกนี้มีเกือบทั้งหมดนั้น มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชียของเรา ยกเว้นนกยูงทองโกเท่านั้น ที่มีถิ่นกำเนิดในทวีปแอฟริกา เฉพาะไก่ฟ้าพันธุ์ไทยมีมากถึง 10 ชนิด โดยเฉพาะ “ไก่ฟ้าพญาลอ” ที่มีชื่อในภาษาอังกฤษว่า Siamese Fireback (*Lophura diardi*) (รูปที่ 3) เป็นไก่ฟ้าชนิดเดียวที่พบเฉพาะในประเทศไทย ได้รับเกียรติให้นำชื่อประเทศ (Siamese) มาเรียกเป็นชื่อ และ ยังได้รับการเสนอชื่อให้เป็นนกประจำชาติของประเทศไทยเรามาตั้งแต่ปี 2528 เป็นต้นมา จากรูปคงสามารถเดาจากความสวยงามกันได้ว่าตัวไหนเป็นเพศผู้ และเพศเมีย

ปัจจุบันไก่ฟ้าหลายชนิดจัดให้เป็นสัตว์ป่าคุ้มครองชนิดที่อนุญาตให้มีการเพาะพันธุ์ได้ ตามกฎกระทรวง พ.ศ. 2546 ซึ่งได้มีการปรับปรุงกำหนดสัตว์ป่าคุ้มครองบางชนิดเป็นสัตว์ป่าคุ้มครองที่สามารถเพาะพันธุ์ได้ ที่ควรได้รับการส่งเสริมให้มีการเพาะพันธุ์เพิ่มเติม เพื่อป้องกันมิให้สูญพันธุ์ และเพื่ออนุญาตให้บุคคลมีไว้ในครอบครอง ค่า และเพาะพันธุ์ได้โดยชอบด้วยกฎหมาย เช่น ไก่ฟ้าหน้าเขียว ไก่ฟ้าพญาลอ ไก่ฟ้าหางลายขวาง (รูปที่ 4)



3



4



ฟาร์มไก่ฟ้า ที่บ้านสวนทวีพิบูล ฉะเชิงเทรา

ไก่ฟ้า เป็นไก่ที่ได้รับความนิยมเลี้ยงไว้เพื่อความเพลิดเพลิน พักผ่อนหย่อนใจ ก็จริง แต่ผู้ที่คิดจะผลิตเพลินจากการเลี้ยงไก่ฟ้าไว้ที่บ้าน ก็ควรพิจารณาหลายๆด้าน ไม่ว่าจะเป็น สถานที่ ความรักที่จะดูแลเขาอย่างต่อเนื่อง และที่สำคัญที่ลืมไม่ได้เลย ก็คือ ค่าใช้จ่ายที่ตามมา เพื่อให้ท่านเกิดความสุข สบายใจอย่างแท้จริง

ที่มาของข้อมูลและภาพประกอบ

<http://www.oknation.net/blog/supawan/2012/11/20/entry-1> , <http://www.kaifathai.com/rujukkaifa.php>  
<http://zoowildlifevet.com/?p=812> , <http://board.postjung.com/679299.html>  
 , <http://tpgardenhome.com/images/012.jpg>  
[http://www.oknation.net/blog/home/user\\_data/file\\_data/201211/20/867351c9.jpg](http://www.oknation.net/blog/home/user_data/file_data/201211/20/867351c9.jpg)  
<http://www.bloggang.com/data/f/fasaiwonmai/picture/1327905584.jpg>, <http://thumbs.dreamstime.com/z/pheasant-cartoon-illustration-33284566.jpg> , <http://sv5.postjung.com/imgcache/data/679/679296-img-1369094305-1.jpg>

ประวัติและผลงานวิจัยที่สำคัญของนักวิจัย และคณะทุกคน พร้อมหน่วยงาน  
สังกัด รายละเอียดสถานที่ติดต่อ และเบอร์โทรศัพท์/โทรสาร e-mail

ประวัติคณะวิจัย

ส่วนที่ 3 : ประวัติหัวหน้าโครงการวิจัย/ผู้ร่วมวิจัย

ตอนที่ 1 ประวัติหัวหน้าโครงการ

ประวัติหัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์กัลยา ศรีพุทธชาติ

อาจารย์ที่ปรึกษาชมรมคนรักนก คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

1.ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 8

หมายเลขประจำตัวประชาชน 3120100504594

เงินเดือน 60,490 บาท

2.หน้าที่รับผิดชอบในโครงการ: บริหารโครงการในทุกด้าน 50 เปอร์เซ็นต์ และทำการวิจัยและประมวลผล  
ในทุกการทดลอง การเขียนรายงานและการเงิน การเตรียม manuscript เพื่อตีพิมพ์ในวารสารระดับ  
นานาชาติและการส่งผลงานและนำเสนอผลงาน

เวลาที่ใช้ ทำวิจัย 20 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

3. วัน เดือน ปีเกิด 8 เมษายน พ.ศ. 2499

4. การศึกษา

| คุณวุฒิ                | ปี พ.ศ.ที่จบชื่อสถานศึกษาและประเทศ |                                  |
|------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| วท.บ. (ชีววิทยาทั่วไป) | 2521                               | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประเทศไทย |
| วท.ม. (วนศาสตร์)       | 2525                               | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประเทศไทย |

หัวข้อวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโทเรื่อง: Feeding Habits of Captive Common Barking Deer

(*Muntiacus muntjak*) (ปีที่ดำเนินการ พ.ศ. 2524-2525)

5. สังกัดภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร พระราชวังสนามจันทร์

จังหวัดนครปฐม รหัส 73000 โทรศัพท์ 034-243429, 034-273045 ภายใน 28214 โทรสาร 034-273046

e-mail: ksribuddhachart@hotmail.com

6. สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ

-ปักษีวิทยา

-นิเวศวิทยา

## 7. ผลงานวิจัย

Areekijserree M, Nuamsukon, Chuen-Im T, **Sribuddhachart K**. Water exchange structure of marine turtle eggshell species; Green Turtle (*Chelonia mydas*), Hawksbillsea (*Eretmochelys imbricata*) and Leatherback (*Dermochelys coriacea*). Abstract of the ICABBBE 2013: International Conference on Agricultural, Biotechnology, Biological and Biosystems Engineerin. Istanbul, Turkey, 20-21 June, 2013.

Areekijserree M, Nuamsukon s, Chuen-Im T, Thepsithar C, **Sribuddhachart K**. 2012

Chockpisit Energy dispersive X-ray spectroscopy (EDX) analysis for mass and elementary mapping of elements in marine turtle eggshells from Thailand. Abstract of TheInternational Conference on Nanoscience and Technology, 27-23July 2012, Paris, France 2012.

**Sribuddhachart K**, Areekijserree. M. 2010. Determination on ultra-morphology, elemental characterization and elemental location using SEI/BEI/EDX with smiling program X-ray images of Rock pigeon eggshells. Abstract of The 6<sup>th</sup> International Conference On Biological Sciences Global Climate Change and Biohazards. 10-11 November 2010, Tanta University, Tanta, Egypt.

Areekijserree M. **Sribuddhachart K**. 2010. Observation on quantitative and qualitative microanalysis of elemental composition of wild and captive avian eggshells from the central part of Thailand. Abstract of The 6<sup>th</sup> International Conference On Biological Sciences. Global Climate Change and Biohazards. 10-11 November 2010, Tanta University, Tanta, Egypt.

**Sribuddhachart K**. Engsusophon A. Areekijserree M. 2008. Elemental and ultrastructural analysis of the avian eggshells:Secondary electron imaging detector (SEI) and energy dispersive x-ray analysis (EDX) techniques. In The 9th International Congress on Cell Biology, 7-10 October, 2008. Seoul, Korea.

Muangphra P, Pongsawat W, **Sribuddhachart K**. Poster Presentations: Factors Affecting Cadmium Adsorption of *Kirchneriella lunaris*, The 22<sup>nd</sup> Biennial Conference of the AABE, 21-24 November 2008, ANA Gate Tower Hotel, Osaka, Japan.

Muangphra P, **Sribuddhachart K**, Supanyarak T, Khwaiphan W. Diversity of phytoplankton on mudflat, Tambhon Bang Kunsai, Amphor Bann Laen, Petchburi. Abstract of the Second National Conference on Algae and Plankton. 23-25 March 2005. Holiday Garden Hotel. Chiang Mai. OP2-02 (Oral presentation).

Muangphra P, Noophan P, **Sribuddhachart K**. A Comparison of Species Growth Rate and Orthophosphate Removal Efficiencies of *Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus armatus* to be Modified in the Stabilization Pond. In Proceedings of the International Symposium on Lowland Technology 2004 (September 1-3, 2004) Bangkok, Thailand.

Prommi T, **Sribuddhachart K**, Lookson P, Rattanasatien S. 2001. Species diversity of adult Caddisflies (Trichoptera) in Huai Mae Prachan Stream at Cha-Ierm Prakiat Thai Prachan Park Ratchaburi Province. Proceedings, Symposium on Aquatic Resources and Environment and Utilization, Chiang Mai, Thailand: pp 30-38.

Kositanon C, Muangphra P, **Sribuddhachart K**, Sripongphan K. Survey of some Changing Conditions of Water System in Silpakorn University, Sanam Charn Palace Campu. *Bullitin of the Research of Silpakorn University* 1995; 5:4-6.

Vejaratpimol R, Sribuddhachart K, Sripongphan K, Pewnim T. Effects of Gonadotropins on Ovulation and Survival rate of *Clarias macrocephalus*, Gunther. *Silpakorn University Journal* 1992; 13 (1):103-118.

Vejaratpimol R, Pewnim T, **Sribuddhachart K**, Sripongphan K. Triploidy induction in *Clarias macrocephalus*, Gunther. *Bulletin of the Research of Silpakorn University* 1987. 4:21-39.

#### บทความวิชาการ

กัลยา ศรีพุทธชาติ 2547 นักแสดง..นกที่นำกลัว หรือ แสนดี วารสารวิทยาศาสตร์ศึกษาปีที่ 1 ฉบับที่ 1 หน้า 51-52

กัลยา ศรีพุทธชาติ 2547 กว่าจะบินได้ วารสารวิทยาศาสตร์ศึกษาปีที่ 1 ฉบับที่ 2 หน้า 33-36

กัลยา ศรีพุทธชาติ 2550 พฤติกรรมการสร้างรังของนก วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร ปีที่ 27 ฉบับที่ 1 หน้า 66-88

#### ผลงานอื่นๆ

#### เอกสารประกอบการสอน

กัลยา ศรีพุทธชาติ 2555 เอกสารประกอบการสอนวิชา นิเวศวิทยาภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ นครปฐม 175 หน้า

กัลยา ศรีพุทธชาติ 2555 เอกสารประกอบการสอนวิชา ปฏิบัติการนิเวศวิทยาภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ นครปฐม 105 หน้า

กัลยา ศรีพุทธชาติ 2555 เอกสารประกอบการสอนวิชา ปักษีวิทยาภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัย

ศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ นครปฐม 127 หน้า

### ประวัติผู้ร่วมวิจัยคนที่ 1

นาง มยุว ยงทรัพย์อ่อนันต์ Mrs. Mayuva Youngsabanant

เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 37109 00040 899

ตำแหน่งทางวิชาการปัจจุบัน รองศาสตราจารย์

เงินเดือน 48,820 บาท บาท เวลาที่ใช้ทำวิจัย 18 ชั่วโมง-สัปดาห์

ตำแหน่งทางวิชาการปัจจุบัน รองศาสตราจารย์

สถานที่ทำงาน ภาควิชา ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์

จังหวัดนครปฐม 73000 E-mail: maijackee@yahoo.com

ที่อยู่ปัจจุบัน 83/18 หมู่บ้านราชวดี ซอยพุทธบูชา 36 ถนนพุทธบูชา ตำบลบางมด อำเภอทุ่งครุ จังหวัด

กรุงเทพมหานคร 10140 โทรศัพท์ 081-4937640

ประวัติการศึกษา

- ปริญญาตรีสาขาวิชาชีววิทยา สถาบัน มหาวิทยาลัยศิลปากร ปีที่สำเร็จ พ.ศ. 2526
- ปริญญาโท สาขาวิชากายวิภาคศาสตร์ สถาบัน มหาวิทยาลัยมหิดล ปีที่สำเร็จ พ.ศ. 2537
- ปริญญาเอกสาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ สถาบัน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีที่สำเร็จ พ.ศ. 2546

\*แหล่งทุนที่ได้รับในขณะศึกษาระดับปริญญาเอก: ทุนพัฒนาอาจารย์สาขาขาดแคลน ศึกษาภายในประเทศ (รุ่นที่3) และทุนจากทบวงมหาวิทยาลัยผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษา

วิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษา (ชื่อเรื่อง/ปีที่ดำเนินการ ทั้งระดับปริญญาโทและปริญญาเอก)

-ระดับปริญญาโท

หัวข้อวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท เรื่อง: Sex Determination on Bovine Embryo Using H-Y Antibody (ปีที่ดำเนินการ พ.ศ. 2536-2537)

-ระดับปริญญาเอก

หัวข้อวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอก เรื่อง: Culture and Enzymatic Digestive Activities of Freshwater Pearl Mussel Hyriopsis (Hyriopsis) bialatus Simpson, 1900 (ปีที่ดำเนินการ พ.ศ. 2544-2546)

1. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ สาขาเกษตรศาสตร์และชีววิทยา

รางวัลที่ได้รับจากงานวิจัย

-รางวัลผลงานวิจัยระดับดีสาขาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากรประจำปี 2553 เรื่อง “การศึกษาอาการท้องแดงและโรคไขติดยึดเชื้อราในปูทะเลไทย (*Scylla serrata* Forskal 1775): ปัจจัยทางกายภาพ ชีวภาพและพยาธิชีววิทยา” โดยสถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

สาขาวิชาที่ได้รับรางวัล: วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์

-รางวัลผลงานวิจัยระดับดีสาขาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากรประจำปี 2549 เรื่อง “ศึกษาเทคนิคการเพาะเลี้ยง สันฐานวิทยา และลักษณะโปรตีนที่หลังจากเซลล์บุท่อนำไข่และเซลล์ล้อมรอบเซลล์ไข่สุกร” โดยสถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

สาขาวิชาที่ได้รับรางวัล: วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์

-รางวัลที่ 3 ในการนำเสนอภาพถ่ายทางจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน

ชื่อภาพ “Giant Mitochondria” โดยสมาคมจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแห่งประเทศไทย (Narkkong N and Areekijseeree M) ประจำปี 2553 โดยสมาคมกล้องจุลทรรศน์แห่งประเทศไทย

สาขาวิชาที่ได้รับรางวัล: ชีววิทยา

-รางวัลที่ 3 ในการนำเสนอผลงานวิจัย (Poster presentation) โดยสมาคมจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแห่งประเทศไทย เรื่อง “Effect of fulvic acid on the cadmium bioavailability of treated primary cell culture”

(Areekijseeree M, Sanmanee N.) ประจำปี 2550 โดยสมาคมกล้องจุลทรรศน์แห่งประเทศไทย สาขาวิชาที่ได้รับรางวัล: ชีววิทยา

- รางวัลที่ 2 ในการนำเสนอผลงานวิจัย (Poster presentation) เรื่อง Soil management effect on organic matter content; case study from Thailand. (Swangiang K. Sanmanee N. Panishkan K. Areekijseeree M.) ในการจัดการประชุมประจำปี 2550 “The international symposium on forest soils and ecosystem Health” จัดโดย Center of Forestry and Horticulture Research Griffith University. Brisbane, Queensland, Australia. สาขาวิชาที่ได้รับรางวัล: วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

รางวัลที่ได้รับจากงานวิจัยเมื่อเป็นนักศึกษา

-รางวัลผลงานวิจัยยอดเยี่ยมของภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดลประจำปี 2537 Robert C. Holland Award: The best M.S. thesis in 1994, Anatomy Department, Faculty of science, Mahidol University

-รางวัลผลงานวิทยานิพนธ์ระดับชมเชย สำหรับนักศึกษาปริญญาเอก สาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปี 2546

งานวิจัย/ผลงานสร้างสรรค์ทางด้านศิลปะและการออกแบบที่ดำเนินการเสร็จแล้ว

**ชื่อเรื่อง:** การศึกษาสารหลังจากฟอลลิคูล่าเซลล์สุกรในการยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งและการใช้ฟอลลิคูล่าเซลล์ในการประเมินความเป็นพิษของโลหะหนัก

|                |                                    |
|----------------|------------------------------------|
| ลักษณะโครงการ  | โครงการเดี่ยว (ทุนงบประมาณแผ่นดิน) |
| ทำหน้าที่      | หัวหน้าโครงการ                     |
| สาขาวิชา       | วิจัยประยุกต์                      |
| จำนวนงบประมาณ  | 1,059,000 บาท                      |
| ปีที่ดำเนินการ | 2553-2554                          |

**ชื่อเรื่อง:** สันฐานวิทยา การวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณของเปลือกไขนกไทยโดยนาโนเทคโนโลยี

|                |                                    |
|----------------|------------------------------------|
| ลักษณะโครงการ  | โครงการเดี่ยว (ทุนงบประมาณแผ่นดิน) |
| ทำหน้าที่      | ผู้ร่วมโครงการ                     |
| สาขาวิชา       | วิจัยประยุกต์                      |
| จำนวนงบประมาณ  | 1,041,000 บาท                      |
| ปีที่ดำเนินการ | 2553-2554                          |

**ชื่อเรื่อง:** ศึกษาทางชีววิทยาของลูกเต่าและไข่เต่าทะเลเพื่อการเพาะเลี้ยงเชิงอนุรักษ์: มิถุนวิทยาและพยาธิสภาพเนื้อเยื่อและระบบสืบพันธุ์ของลูกเต่าทะเล และโครงสร้าง วิเคราะห์ธาตุ การกระจายตัวของธาตุ และการพิสูจน์รูปผลึกสารอินทรีย์ในเปลือกไข่เต่าทะเล

|                |                                    |
|----------------|------------------------------------|
| ลักษณะโครงการ  | โครงการเดี่ยว (ทุนงบประมาณแผ่นดิน) |
| ทำหน้าที่      | หัวหน้าโครงการ                     |
| สาขาวิชา       | วิจัยประยุกต์                      |
| จำนวนงบประมาณ  | 1,806,600 บาท                      |
| ปีที่ดำเนินการ | 2555-2556                          |

**ชื่อเรื่อง:** บทบาทของกรดฮิวมิกและกรดฟัลลิกในดินของพื้นที่เกษตรกรรมต่อการดูดซับธาตุอาหารในดินและโลหะที่เป็นพิษ: กรณีศึกษาภูมิภาคตะวันตกของประเทศไทย

|                |                                    |
|----------------|------------------------------------|
| ลักษณะโครงการ  | โครงการเดี่ยว (ทุนงบประมาณแผ่นดิน) |
| ทำหน้าที่      | ผู้ร่วมโครงการ                     |
| สาขาวิชา       | วิจัยประยุกต์                      |
| จำนวนงบประมาณ  | 2,000,000 บาท                      |
| ปีที่ดำเนินการ | 2549-2550                          |

**ชื่อเรื่อง:** ลักษณะทางสันฐานวิทยาและองค์ประกอบของธาตุในเปลือกไข่เต่าทะเลไทยด้วย

Energy Dispersive X-ray Analysis (EDX) และ Secondary Electron Imaging (SEI)

|               |                                            |
|---------------|--------------------------------------------|
| ลักษณะโครงการ | โครงการเดี่ยว (ทุน ดร. วิโรจน์ ตันตราภรณ์) |
| ทำหน้าที่     | หัวหน้าโครงการ                             |

|                |            |
|----------------|------------|
| สาขาวิชา       | ชีววิทยา   |
| จำนวนงบประมาณ  | 50,000 บาท |
| ปีที่ดำเนินการ | 2548       |

**ชื่อเรื่อง** การพัฒนาเทคนิคการใช้เซลล์เพาะเลี้ยงสำหรับศึกษารูปแบบความเป็นพิษของโลหะหนัก  
(Development of *in vitro* cytotoxicity method for the assessment of heavy metal for the prevention and control of industrially related pollutions) (ทุน สกอ.)

|                |                             |
|----------------|-----------------------------|
| ลักษณะโครงการ  | คณะบุคคล                    |
| ทำหน้าที่      | ผู้ร่วมวิจัย                |
| ปีที่ดำเนินการ | ตุลาคม 2546-30 กันยายน 2547 |

**ชื่อเรื่อง** ศึกษาเทคนิคการเพาะเลี้ยง สัตว์ฐานวิทยาและลักษณะโปรตีนที่หลังจากเซลล์บุท่อไข่และ เซลล์ล้อมรอบเซลล์ไข่สุกร (Study on *in vitro* culture technique, morphology and characterization of secretory protein from porcine oviductal epithelial and cumulus cells)

|                |                                  |
|----------------|----------------------------------|
| ลักษณะโครงการ  | โครงการเดี่ยว (สกว.)             |
| ทำหน้าที่      | หัวหน้าโครงการ                   |
| สาขาวิชา       | ชีววิทยา                         |
| จำนวนงบประมาณ  | 480,000 บาท                      |
| ปีที่ดำเนินการ | 1 กรกฎาคม 2547- 30 มิถุนายน 2549 |

**ชื่อเรื่อง** การศึกษาอาการท้องแดงและโรคไข้ติดเชื้อราในปูทะเลไทย (*Scylla serrata* Forskal 1775): ปัจจัยทางกายภาพ ชีวภาพ และพยาธิชีววิทยา

|               |                      |
|---------------|----------------------|
| ลักษณะโครงการ | โครงการเดี่ยว (สกว.) |
| ทำหน้าที่     | หัวหน้าโครงการ       |
| สาขาวิชา      | ชีววิทยา             |
| จำนวนงบประมาณ | 480,000 บาท          |

**ชื่อเรื่อง** ต้นแบบแปรรูปไข่เต่าทะเลไทย : วิเคราะห์โครงสร้างสัณฐานวิทยาและองค์ประกอบธาตุเพื่อการอนุรักษ์

|                |                              |
|----------------|------------------------------|
| ลักษณะโครงการ  | โครงการเดี่ยว (สกว., TRFMAC) |
| ทำหน้าที่      | หัวหน้าโครงการ               |
| สาขาวิชา       | ชีววิทยา                     |
| จำนวนงบประมาณ  | 300,000 บาท                  |
| ปีที่ดำเนินการ | 2550-2552                    |

การเผยแพร่ผลงานวิจัย/ผลงานสร้างสรรค์

ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ

**Areekijserree M**, Pongsawat W, Pumipaiboon M, Thepsithar C, Sengsai S, Chuen-Im T. 2015.

Morphological interaction of porcine oocyte and cumulus cells study on in vitro oocyte maturation using electron microscopy. World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Biological, Food, Veterinary and Agricultural Engineering 9 (4) 350-353.

Pongsawat W, **Areekijserree M**. 2014. Biotechnology application of ovary from slaughterhouse: In vitro assessment on the toxicity of cadmium and copper on primary porcine cumulus oocyte complexes (pCOCs) culture. The International Symposium on Engineering and Natural Sciences (ISEANS 2014). Beijing, Republic of China, 22-24 May 2014.

**M. Areekijserree**, M. Pumipaiboon, S. Nuamsukon, K. Kittiwattanawong, C. Thongchai, S. Sikiwat, and T. Chuen-Im. 2013. Leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*) after incubation eggshell study in Andaman Sea, Thailand: Microanalysis on ultrastructure and elemental composition, World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Biological, Life Science and Engineering. Vol: 7 No: 8, 2013, 428-431.

Saowaluk Sikiwat, Mayuree Pumipaiboon, Sutee Kaewsangiem, and **Mayuva Areekijserree**. Histological study of postmortem juvenile green turtles (*Chelonia mydas*) from Royal Thai Navy Sea Turtle Nursery, Phang-nga, Thailand. 2013. World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Biological, Life Science and Engineering. pp 961-965. Vol: 7 No:8 , 2013, 428-431.

**Areekijserree M**, Chuen-Im T. 2012. Effects of porcine follicle stimulating hormone, luteinizing hormone and estradiol supplementation in culture medium on ultrastructures of porcine cumulus oocyte complexes (pCOCs). Micron, 43(2-3): 251-257. **มี impact factor 1.649**

**Areekijserree M**, Chuen-Im T, Panyarachun B. 2010. Characterization of red sternum syndrome in mud crab farms from Thailand. Biologia 65/1: 150-156. DOI 102478/s11756-009-0228-y **มี impact factor 0.617** (ปี 2009).

Chuen-Im T, **Areekijserree M**, Chongthammakun S, Sheila G. 2010. Aerobic Bacterial Infections in Captive Juvenile Green Turtles (*Chelonia mydas*) and Hawksbill Turtles (*Eretmochelys imbricata*) from Thailand. *Chelonian Conservation and Biology* 9 (1) 135-142. DOI: 10.2744/CCB-0808.1. **มี impact factor 1.294** (ปี 2008)

Sanmanee N, **Areekijserree M**. 2010. The effects of fulvic acid on copper bioavailability to porcine oviductal epithelial cells. *Biol.Trace. Res.* 135: 162-173. DOI 10.1007/s12011-009-8508-5. **มี impact factor 1.013** (ปี 2008)

Sanmanee N, **Areekijserree M**. 2009. *In vitro* toxicology assessment of cadmium bioavailability on primary porcine oviductal epithelial cells. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* **มี impact factor 1.281** (ปี 2007).

**Areekijserree M**, Veerapraditsin T. 2008. Characterization of porcine oviductal epithelial cells, cumulus cells and granulosa cells-conditioned medium and their ability to acrosome reaction on frozen bovine spermatozoa. *Micron* 39: 160-167. **มี impact factor 1.46** (ปี 2004).

**Areekijserree M**, Vejaratpimol R. 2006. *In vivo* and *in vitro* porcine oviductal epithelial cells, cumulus cell complexes and cumulus cells study: A scanning electron microscopy and inverted microscopy study. *Micron* 37 (8): 707-716. **มี impact factor 1.46** (ปี 2004).

**Areekijserree M**, Thongpan A, Vejaratpimol R. 2005. Morphological study of porcine oviductal epithelial cells and cumulus-oocyte complex. *Kasetsart Journal (Nat. Sci.)* 39 (1) P. 136-144. **มี impact factor 0.060** (ปี 2004).

#### **ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติ**

**Areekijserree M**, Nuamsukon S, Chuen-Im T, Narkkong N, 2010. Microanalysis on Ultrastructure and Elemental Composition of Green turtles (*Chelonia mydas*) Eggshells. *Journal of the Microscopy Society of Thailand* 24 (2), 78-82.

Nuamsukon S., T. Chuen-Im, S. Rattanayuvakorn, K. Panishkan, N.A. Narkkong and **M. Areekijserree**. M. 2009. Thai Marine Turtle Eggshell: Morphology, Ultrastructure and Composition. Journal of Microscopy Society of Thailand 23; 1: 52-56.

**Areekijserree M.**, Panishkan K., Sanmanee N. and Swangjang K. 2009. Microanalysis by SEM-EDX on Structure and Elemental Composition of Soils from Different Agriculture Areas in the Western Region of Thailand. Journal of Microscopy Society of Thailand 2009, 23(1): 152-156.

Panishkan K., **Areekijserree M.**, Sanmanee N. and Swangjang K. 2010. Soil Classification based on their Chemical Composition using Principal Component Analysis. *Environment Asia*. Vol. 3 Number 1, 47-52.

### ผลงานวิจัยอื่น ๆ

#### ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์และการนำเสนอผลงานในระดับนานาชาติ

**Areekijserree M.**, Pumipai boon M, Nuamsukon S, Kittiwattanawong K, Thongchai C, Sikiwat S, Chuen-Im T. 2013. Leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*) after incubation eggshell in Andaman Sea, Thailand study: Microanalysis on ultrastructure and elemental composition. The proceeding of the ICEBESE 2013: International Conference on Environmental, Biological, Ecological Sciences, and Engineering. Venice Italy, 15-16 August 2013.

Sikiwat S, Pumipai boon M, Kaewsangiem S, **Areekijserree M.** 2013. Histological Study of Postmortem Juvenile Green Sea Turtle (*Chelonia mydas*) from Royal Thai Navy Sea Turtle Nursery, Phang-nga, Thailand. The proceeding of the ICEBESE 2013: International Conference on Environmental, Biological, Ecological Sciences, and Engineering. Venice Italy, 15-16 August 2013.

**Areekijserree M.**, Nuamsukon s, Chuen-Im T, Thepsithar C, Sribuddhachart K. 2012 Chockpisit Energy dispersive X-ray spectroscopy (EDX) analysis for mass and elementary mapping of elements in marine turtle eggshells from Thailand. Abstract of The International Conference on Nanoscience and Technology, 27-23 July 2012, Paris, France.

**Areekijserree M.**, Nuamsukon s, Chuen-Im T. 2012. Classification on microstructure of sea turtle eggshells: green turtle (*Chelonia mydas*), hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*), and leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*) by SEM/SEI. Abstract of The

International Conference on Nanoscience and Technology, 23-27 July 2012, Paris, France.

**Areekijserree M**, Thepsithar C. 2011. Possibility to use porcine cumulus oocyte complexes (COCs) as *in vitro* toxicology assessment of heavy metal environmental pollutant bioavailability. Abstract of The SETAC Europe 21<sup>st</sup> Annual Meeting, 15-21 May 2011, Milan, Italy

Pongsawat V, **Areekijserree M**, 2012. Effects of Cadmium and Copper on Porcine Oocyte-cumulus Cell Complexes (pCOCs), Abstract of The 29<sup>th</sup> Microscopy Society of Thailand, January, 30th - February, 1st, 2012. at Holiday Inn Resort, Regent Beach, Cha-am, Petchburi, Thailand.

**Areekijserree M**, Thepsithar C, Metasart W. 2010 Recovery of cumulus-oocyte complexes (COCs) and investigation on oviductal epithelial cells, protein secretions from oviduct and ovary on porcine estrous cycle. Abstract of The 1<sup>st</sup> International Congress on Controversies in Cryopreservation of Stem Cells, Reproductive Cells, Tissue and Organs (CRYO). 27-30 May 2010, Valencia, Spain.

**Areekijserree M**, Thepsithar C, Metasart W, Narkkong N. 2010. Cumulus cells expansion and oocyte disconnection in intact- and multi-cumulus cell layers of porcine cumulus cell complexes (pCOCs) during *in vitro* culture. Abstract of The 1<sup>st</sup> International Congress on Controversies in Cryopreservation of Stem Cells, Reproductive Cells, Tissue and Organs (CRYO). 27-30 May 2010, Valencia, Spain.

Namchot S, Pongsawat V, **Areekijserree M**, Secretion proteins of prepubertal and reproductive porcine oviduct and ovary observation. Abstract of The 7<sup>th</sup> Annual Conference of the Asian Reproductive Biology Society, Kua Lamper, Malaysia, 8-12 December, 2010.

Sribuddhachart K, **Areekijserree M**. 2010. Determination on ultra-morphology, elemental characterization and elemental location using SEI/BEI/EDX with smiling program X-ray images of Rock pigeon eggshells. Abstract of The 6<sup>th</sup> International Conference On Biological Sciences Global Climate Change and Biohazards. 10-11 November 2010, Tanta University, Tanta, Egypt.

**Areekijserree M**. Sribuddhachart K. 2010. Observation on quantitative and qualitative microanalysis of elemental composition of wild and captive avian eggshells from the central part of

Thailand. Abstract of The 6<sup>th</sup> International Conference On Biological Sciences. Global Climate Change and Biohazards. 10-11 November 2010, Tanta University, Tanta, Egypt.

**Areekijserree M**, Nuamsukon S, Chuen-Im T, Narkkong N, 2010. Microanalysis on Ultrastructure and Elemental Composition of Green turtles (*Chelonia mydas*) Eggshells. Proceedings of the 27<sup>th</sup> MST Annual Conference, 20-22 January 2010, Samui, Thailand.

**Areekijserree M**, Thepsithar C, Chuen-Im T, Narkkong N, Namchote S. Study on red sternum character in mud crabs *Scylla serrata* (Forskål, 1755) Thailand. Proceedings of the 27<sup>th</sup> MST Annual Conference, 20-22 January 2010, Samui, Thailand.

Narkkong N, **Areekijserree M**, 2010. Apatitic granules in chitinophosphatic shell of Lingulid Brachiopods. Proceedings of the 27<sup>th</sup> MST Annual Conference, 20-22 January 2010, Samui, Thailand.

Chuen-Im T, **Areekijserree M**, Chongthammakun S, Sheila G. 2010. Bacterial-associated diseases in juvenile *Chelonia mydas* and *Eretmochelys imbricata* from the Sea Turtle Conservation Centre, Thailand. Proceedings of the 27<sup>th</sup> MST Annual Conference, 20-22 January 2010, Samui, Thailand.

**Areekijserree M**, Thepsithar C, Thongpukdee A, Somkanae U. 2009. Thin cell layer somatic hybridization between *Caladium humboldtii* Schott 'Phraya Savet' and *C. bicolor* (Ait.) Vent. 'Suvarnabhum'. Abstract of 23<sup>th</sup> International Eucarpia Symposium, Section Ornamentals "Colourful Breeding and Genetics", 31 August -4 September 2009, Leiden, The Netherland.

**Areekijserree M**, Panishkan K, Sanmanee N, Swangjang K. 2009. Elemental characterization of agricultural soil in Western region of Thailand. Proceeding of the International Soil and Water Assessment Tool-Southeast Asia (SWAT-SEA) Conference, 5-8 January, 2009. Chiang Mai, Thailand.

Panishkan K., **Areekijserree M**, Sanmanee N, Swangjang K. 2009. Multivariate analysis of soil chemical composition on clustering patterns: A case study from Western part of Thailand. Proceeding of the International Soil and Water Assessment Tool-Southeast Asia (SWAT-SEA) Conference, 5-8 January, 2009. Chiang Mai, Thailand.

**Areekijserree M.** Sanmanee N. Panishkan K. Swangjan, K. 2008. Nanotechnology investigation on characterization of humic substance in organic fertilizers. In The 9th International Congress on Cell Biology, 7-10 October, 2008. Seoul, Korea.

Nuamsukon S. Chuen-Im T. Peng-Pan P. Rattanayuvakorn S. **Areekijserree M.** Juvenile sea turtles conservation: Analysis of structure, element of eggshell, microbiological, histological investigation. In The 9th International Congress on Cell Biology, 7-10 October, 2008. Seoul, Korea.

Sribuddhachart K. Engsusophon A. **Areekijserree M.** 2008. Elemental and ultrastructural analysis of the avian eggshells: Secondary electron imaging detector (SEI) and energy dispersive x-ray analysis (EDX) techniques. In The 9th International Congress on Cell Biology, 7-10 October, 2008. Seoul, Korea.

**Areekijserree M.** Cheum-Im T. Mettasart W. Narkkong N. 2008. Proceeding of the 25<sup>th</sup> EMST Annual Conference Microscopy Society of Thailand. 9-11 January 2008. Phisanulok, Thailand. P84-85.

**Areekijserree M.**, Sanmanee N. 2007. Effect of fulvic acid on the cadmium bioavailability of treated primary cell culture. Abstract of the 2<sup>4th</sup> EMST Annual Conference Microscopy Society of Thailand. 14-16 February 2007 at Kasetsart University, Thailand.

Swangiang K. Sanmanee N. Panishkan K. **Areekijserree M.** 2007. Relationship between humic acid quantity and some properties of agricultural soils in the western part of Thailand. Abstract of Functioning of NOM in Environment 11 Nordic- Baltic Symposium 10<sup>th</sup> -13<sup>th</sup> June 2007. Joensuu, Finland. P. 49.

## ประวัติผู้ร่วมวิจัยคนที่ 2

ชื่อ – นามสกุล นางมยุรี ภูมิไพบูลย์

เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3102102051289

ตำแหน่ง นักวิชาการการเงินและบัญชีชำนาญการระดับ 6

เงินเดือน 38,410 เวลาที่ใช้ทำวิจัย

วัน เดือน ปีเกิด 18 เมษายน พ.ศ. 2502

การศึกษา –Master of Business Administration (บธ.ม.)

บธ.บ. (สาขาการจัดการ) 2548 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลบพิตรพิจักรวรรดิ ประเทศไทย

บธ.ม. (สาขาการจัดการทั่วไป) 2553 มหาวิทยาลัยรามคำแหง ประเทศไทย

สังกัด คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยรามคำแหง แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10150 โทรศัพท์  
ที่ทำงาน 02-3108226 ต่อ 2209 โทรศัพท์มือถือ 081-9496547 E-mail: Mayuree.Pumi@hotmail.com

### สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ

- การจัดการ (Management) การจัดเก็บข้อมูลและการจัดการไฟล์ข้อมูล (Data collection and data file management)

### หน้าที่ที่ได้รับมอบหมายในการผลิตมหานิเทศ

1. ผู้ประสานงานการศึกษาดูงานนักศึกษาในระดับปริญญาโทฝ่ายหลักสูตรโครงการพิเศษ
2. เจ้าหน้าที่ผู้ช่วยสอนการศึกษาดูงานนักศึกษาปริญญาโทฝ่ายหลักสูตรโครงการพิเศษ

### งานวิจัย

ชื่อเรื่องการศึกษาทางชีววิทยาของลูกเต่าและไข่เต่าทะเลเพื่อการเพาะเลี้ยงเชิงอนุรักษ์: ศึกษาทางเนื้อเยื่อวิทยาและจุลพยาธิสภาพเนื้อเยื่อและระบบสืบพันธุ์ของลูกเต่าทะเล และโครงสร้าง วิเคราะห์ธาตุ การกระจายตัวของธาตุและการพิสูจน์รูปผลึกสารอินทรีย์ในเปลือกไข่เต่าทะเล

ลักษณะโครงการโครงการเดียว (รับทุนแผ่นดินประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556)

ทำหน้าที่ผู้ร่วมวิจัย หน้าที่ การจัดการ (Management) การจัดเก็บข้อมูลและการจัดการไฟล์ข้อมูล (Data collection and data file management)

### ผลงานทางวิชาการ

Areekijserree M, Pongsawat W, **Pumipaiboon M**, Thepsithar C, Sengsai S, Chuen-Im T. 2015.

Morphological interaction of porcine oocyte and cumulus cells study on in vitro oocyte maturation using electron microscopy. World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Biological, Food, Veterinary and Agricultural Engineering 9 (4) 350-353.

Sikiwat S, Sribuddhachart K, Kittiwattanawong K, Thongchai C, **Pumipaiboon M**, Areekijserree M. 2014. Sea turtle eggshell from Gulf of Thailand and Andaman Sea investigation for conservation: Analysis of ultrastructure, morphology and elements using scanning electron microscopy. The International Symposium on Engineering and Natural Sciences (ISEANS 2014). Beijing, Republic of China, 22-24 May 2014.

Areekijserree M, **Pumipaiboon M**, Nuamsukon S, Kittiwattanawong K, Thongchai C, Sikiwat S, Chuen-Im T. 2013. Leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*) after incubation eggshell in

Andaman Sea, Thailand study: Microanalysis on ultrastructure and elemental composition. The proceeding of the ICEBESE 2013: International Conference on Environmental, Biological, Ecological Sciences, and Engineering. Venice Italy, 15-16 August 2013.

Sikiwat S, **Pumipai boon M**, Kaewsangiem S, Areekijserree M. 2013. Histological Study of Postmortem Juvenile Green Sea Turtle (*Chelonia mydas*) from Royal Thai Navy Sea Turtle Nursery, Phang-nga, Thailand. The proceeding of the ICEBESE 2013: International Conference on Environmental, Biological, Ecological Sciences, and Engineering. Venice Italy, 15-16 August 2013.

### ร่วมประชุมระดับนานาชาติและเสนอผลงานทางวิชาการ

Areekijserree M, **Pumipai boon M**, Nuamsukon S, Kittiwattanawong K, Thongchai C, Sikiwat S, Chuen-Im T. 2013. The ICEBESE 2013: International Conference on Environmental, Biological, Ecological Sciences, and Engineering. Venice Italy, 15-16 August 2013.

Areekijserree M, Pongsawat W, **Pumipai boon M**, Thepsithar C, Sengsai S, Chuen-Im T. 2015. Morphological interaction of porcine oocyte and cumulus cells study on in vitro oocyte maturation using electron microscopy. International Conference on Biological, Ecological and Environmental Sciences, and Engineering, Boston, USA. 20-21 April 2015.

### ประสบการณ์การทำงาน

อบรมและศึกษาดูงานในต่างประเทศ

การศึกษาดูงานด้านการบริหารทรัพยากรบุคคล การบริหารจัดการองค์การ การบริหารช่องทางการจัดจำหน่าย หรือปริมาณการผลิต การพัฒนาบริษัท

ปี 2554

- |                           |                        |                |
|---------------------------|------------------------|----------------|
| 1. 13-17 กุมภาพันธ์ 2554  | บริษัท HONDA           | ประเทศเวียดนาม |
| 2. 20- 21 กุมภาพันธ์ 2554 | บริษัท BIA VINAKEN LTD | ประเทศเวียดนาม |
| 3. 5-8 พฤศจิกายน 2554     | บริษัท NEwater Visitor | ประเทศสิงคโปร์ |

ปี 2555

- |                     |                           |                |
|---------------------|---------------------------|----------------|
| 1. 6-14 มกราคม 2555 | บริษัท HEINKEN            | ประเทศเวียดนาม |
|                     | บริษัท TAN THUAN INSTRIAL |                |
|                     | ZONE                      | ประเทศเวียดนาม |

2. 9-27 กุมภาพันธ์ 2555 บริษัท HYUNDAI ASAN ประเทศเกาหลีใต้  
บริษัท KIA MOTOR COOPAERATION (HWASUNG PLANT)ประเทศเกาหลีใต้
3. 11- 29 มีนาคม 2555 CP Factory Kunming สาธารณประชาชนจีน  
1 เมษายน 2555 มณฑลคุนหมิง
4. 12-14 พฤศจิกายน 2555 CP Vietnam Livestock Corporation ประเทศเวียดนาม

#### อบรมและศึกษาดูงานภายในประเทศ ปี 2553

- |    |                    |                                                                                  |                                                                               |
|----|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | 30 สิงหาคม 2553    | บริษัทไทยยูเนียน<br>บริษัทพันท้ายนรสิงห์<br>บริษัทหยั่นห่อหยุ่น<br>บริษัทมโนราห์ | จังหวัด สมุทรสาคร<br>จังหวัดสมุทรสาคร<br>จังหวัดสมุทรสาคร<br>จังหวัดสมุทรสาคร |
| 2. | 2-4 กันยายน 2553   | โรงงานศิลาตล                                                                     | จังหวัดเชียงใหม่                                                              |
| 3. | 8-10 กันยายน 2553  | โรงงานเผาขยะ                                                                     | จังหวัดภูเก็ต                                                                 |
| 4. | 1 พฤศจิกายน 2553   | บริษัทสยามไวน์ คูเลอร์                                                           | จังหวัดสมุทรสาคร                                                              |
| 5. | 17-19 ธันวาคม 2553 | บริษัทดอยคำ จำกัด                                                                | จังหวัดเชียงราย                                                               |

#### ปี 2554

- |    |                     |                       |                    |
|----|---------------------|-----------------------|--------------------|
| 1. | 21 มกราคม 2554      | บริษัท โอเชียนกลาส    | จังหวัดสมุทรปราการ |
| 2. | 23-24 มกราคม 2544   | บริษัทริบโก้          | จังหวัดประจวบฯ     |
| 3. | 28-29 มกราคม 2544   | บริษัทกรีนไพน         | จังหวัดประจวบฯ     |
| 4. | 30-31 มกราคม 2554   | บริษัทแปรรูปผลิตภัณฑ์ | จังหวัดประจวบฯ     |
| 5. | 2-3 กุมภาพันธ์ 2554 | บริษัทไฟฟ้าแก่งคอย    | จังหวัดสระบุรี     |
1. อบรมการพิมพ์หนังสือราชการภาษาไทยด้วยโปรแกรมการพิมพ์ในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ถูกต้อง

#### 30 พฤศจิกายน 2553 สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยรามคำแหง

2. อบรมหลักคุณธรรมและจริยธรรมในการบริหาร วันที่ 6-7 กันยายน 2554 ห้องประชุม ศ.ไพบูลย์ สุวรรณโพธิศรี มหาวิทยาลัยรามคำแหง และ จังหวัดอยุธยา
3. อบรมการจัดทำแผนบริหารความเสี่ยงและควบคุมภายในวันที่ 30 กันยายน 2554 หอประชุมพ่อขุนรามคำแหงมหาราช มหาวิทยาลัยรามคำแหง
4. อบรมการบริหารความเสี่ยง วันที่ 22 พฤศจิกายน 2554 กองคลังสำนักงานอธิการบดี ร่วมกับ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ณ หอประชุมพ่อขุนรามคำแหงมหาราช มหาวิทยาลัยรามคำแหง