

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีงบประมาณ 2555-2556

เรื่อง: ศึกษาทางชีววิทยาของลูกเต่าและไข่เต่าทะเลเพื่อการเพาะเลี้ยงเชิงอนุรักษ์: มิณชวิทยาและพยาธิสภาพเนื้อเยื่อและระบบสืบพันธุ์ของลูกเต่าทะเล และโครงสร้าง วิเคราะห์ธาตุ การกระจายตัวของธาตุและการพิสูจน์รูปผลึกสารอินทรีย์ในเปลือกไข่เต่าทะเล

คณะผู้วิจัย รองศาสตราจารย์ ดร. มยุภา อารีกิจเสรี¹

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนาพร ชื่นอิม²

ผู้ช่วยศาสตราจารย์กัลยา ศรีพุทธชาติ¹

นางมยุรี ภูมิไพบูลย์³

¹ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม

²ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม

³หน่วยงานการเงินและบัญชี คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

บทคัดย่อ

การศึกษาโครงสร้างและวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุของเปลือกไข่เต่าตนุ เต่ามะเฟืองและเต่ากระด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด โดยใช้หัวตรวจวัด secondary electron imaging (SEI), backscattered electron imaging (BEI) และ energy dispersive X-ray analysis (EDX) พบว่าเปลือกไข่เต่าทะเลแบ่งออกเป็น 3 ชั้นคือชั้นนอก (outer cuticle layer หรือ calcareous layer) ชั้นกลาง (middle layer หรือ middle multistrata layer) และชั้นใน (inner fibrous layer) โดยเปลือกไข่ชั้นนอกมีลักษณะแตกต่างกันในเต่าทะเลแต่ละชนิด เต่าตนุและเต่ามะเฟืองมีลักษณะเป็นผลึกหนามแหลมรวมตัวกันเป็นกลุ่มแผ่รัศมี แต่เต่ามะเฟืองมีขนาดของผลึกเล็กและเรียบกว่าเต่าตนุ ส่วนเต่ากระมีผลึกรูปร่างกลมแทรกระหว่างกลุ่มของผลึกรูปหนามแหลมซึ่งเรียงตัวชิดกันแน่น ส่วนกลางของกลุ่มผลึกยึดติดกับฐานเปลือกไข่ชั้นกลาง บริเวณฐานมีรู (pore) ซึ่งอาจมีรูเดียวหรือหลายรูเชื่อมต่อกับเปลือกไข่ชั้นกลาง เปลือกไข่ชั้นกลางและชั้นในมีลักษณะเป็นโครงสร้างของเส้นใยสานกัน มีช่องว่างระหว่างเส้นใยเชื่อมกันเป็นร่างแหตลอดทั้งชั้นและพบสารประกอบโซเดียมคลอไรด์ ในเปลือกไข่ชั้นกลาง ผลการวัดความหนารวม 3 ชั้นของเต่าตนุ เต่ามะเฟืองและเต่ากระพบว่าเปลือกไข่เต่ากระและเต่ามะเฟือง มีความหนากว่าเต่าตนุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ความหนาของเปลือกไข่เต่าตนุ เต่ากระและเต่ามะเฟืองเท่ากับ 205.23 ± 40.35 ไมโครเมตร 238.80 ± 45.81 ไมโครเมตรและ 260.67 ± 43.65 ไมโครเมตร ตามลำดับผลการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบของเปลือกไข่เต่าทะเลทั้ง 3 ชนิด พบว่าประกอบด้วยธาตุคาร์บอน (C) ออกซิเจน (O) แคลเซียม (Ca) กำมะถัน (S) โซเดียม (Na) คลอรีน (Cl) แมกนีเซียม (Mg) ซิลิกอน (Si) โพแทสเซียม (K) อะลูมิเนียม (Al) ฟลูออรีน (F) และฟอสฟอรัส (P) โดยคาร์บอน ออกซิเจนและแคลเซียมเป็นธาตุองค์ประกอบหลัก ซึ่งแคลเซียมสะสมอยู่ใน

เปลือกไข่ชั้นนอกมากที่สุด ($P < 0.05$) นอกจากนี้พบการปนเปื้อนของธาตุโลหะหนักคือ โมลิบดีนัม (Mo) ซึ่งพบในทุกชั้นของเปลือกไข่เต่าทั้ง 3 ชนิดมีปริมาณ 0.09 ถึง 0.27 เปอร์เซ็นต์และพบธาตุอื่นๆ คือโบรมีน (Br) และไอโอดีน (I) ซึ่งผลของธาตุสอดคล้องกับผลของแผนที่ธาตุและผลของโครงสร้างผลึกในแต่ละชั้นของเปลือกไข่เต่าทะเลที่ศึกษาด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (XRD) พบว่าเปลือกไข่เต่าทะเลมีโครงสร้างผลึกเป็นอะราโกไนท์คือผลึกแคลเซียมคาร์บอเนตที่มีลักษณะเป็นผลึกหนามแหลมรวมตัวกันเป็นกลุ่มแผ่นรัศมีอยู่ในเปลือกไข่ชั้นนอกในปริมาณมากและพบโครงสร้างผลึกแคลไซต์เพียงเล็กน้อย ผลศึกษาเนื้อเยื่ออวัยวะต่างๆ ของลูกเต่าตนุอายุ 1-4 เดือน ในลูกเต่าที่มีบาดแผลและไม่มีบาดแผลที่ตายในบ่ออนุบาลพบว่าเนื้อเยื่อมีลักษณะปกติ และการศึกษาต่อมบ่งเพศจะเห็นได้ชัดเจนในลูกเต่าตนุอายุ 6 เดือน แต่ผลการเพาะเชื้อจากเนื้อเยื่ออวัยวะลูกเต่ากระและตนุ พบว่าเนื้อเยื่อไตและเนื้อเยื่อลำไส้ พบเชื้อแบคทีเรียกลุ่ม Gram negative bacteria, Enteric bacteria และ coliform และกลุ่มแบคทีเรียในระดับจีโนม คือ *Staphylococcus* spp., *Vibrio* spp. ผลจากการศึกษานี้จะใช้เป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการจัดการเพาะเลี้ยงในการอนุรักษ์เต่าทะเลต่อไป

Project title: Biological study on juvenile sea turtles and their eggshells for agricultural conservation: Histology and histopathology of tissue and reproductive system on juvenile sea turtles, ultrastructure, elemental analysis and distribution, and crystal identification of organic materials in sea turtle eggshells

Researcher: Assoc. Prof. Dr. Mayuva Areekijsee¹
 Assist. Prof. Dr. Tanaporn Chun-Im²
 Assist. Prof. Kanlaya Sribuddhachart¹
 Mrs. Mayuree Pumipaiboon³

¹Biology Department, Faculty of Science, Silpakorn University, Nakorn Pathom

²Microbiology Department, Faculty of Science, Silpakorn University, Nakorn Pathom

³Department of Finance and Accounting Section, Faculty of Business Administration, Ramkhamhaeng University, Bangkok, Thailand

Abstract

Ultrastructural and elemental analysis of eggshells in 3 sea turtle species; green turtle (*Chelonia mydas*), leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*), and hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*), were studied by scanning electron microscope (SEM) with secondary electron imaging (SEI), backscattered electron imaging (BEI), and energy dispersive X-ray analysis (EDX) detectors, and analysis of crystal structure by X-ray diffraction. All sea turtle eggshells composed of 3 layers, which were outer cuticle layer or calcareous layer, middle layer or middle multistrata layer, and inner fibrous layer. Generally, morphology of the cuticle layers for all eggshells was thick and porosity. However, there also were different characteristics among 3 eggshell types. The cuticle layers of green turtle eggshell contained loose nodular units forming as clusters of branching needle-like crystals without interlocking attachments. The leatherback turtle eggshells had a cuticle layer which was similar to the green turtle but their crystals were more tapering and smaller. For hawksbill turtles, the cuticle layers contained ball-shape and needle-like crystals. The middle layers and the inner layers consisted of fibers that were firmly forming as network thorough the layers. For

the middle layers, sodium chloride was also observed as complexes in the compositions. The total thickness layer of green turtles, hawksbill turtles, and leatherback turtles were $205.23 \pm 40.35 \mu\text{m}$, $238.80 \pm 45.81 \mu\text{m}$, and $260.67 \pm 43.65 \mu\text{m}$, respectively. Results from elemental analysis in all 3 sea turtle types showed that they mainly contained carbon (C), oxygen (O), calcium (Ca), sulfur (S), sodium (Na), chlorine (Cl), magnesium (Mg), silicon (Si), potassium (K), aluminium (Al) fluorine (F) and phosphorus (P). Among elements detected, carbon, oxygen, and calcium were found at high percentages. It was found that calcium was accumulated in the outer cuticle layers ($P < 0.05$). Moreover, molybdenum (Mo) was detected in all 3 eggshell types at the percentages of 0.09-0.27%. Also, bromine (Br) and Iodine (I) were found in turtle eggshell samples. The elemental results were related to mapping from SEM and X-ray diffraction results. Histological examinations of several tissues on 3 types of juvenile turtle were normal histology. The results from microbiological techniques found that gram negative bacteria, enteric bacteria and coliform, *Staphylo coccus* spp., *Vibrio* spp. were identified in kidney tissue intestine tissue samples. The results from this study would be the fundamental data for further works to management of sea turtle conservation.

สารบัญ

หน้า

บทนำ.....	1
ความสำคัญ ที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย.....	1
คำสำคัญ.....	2
เนื้อเรื่อง.....	2
วิธีการดำเนินการวิจัยและสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล.....	5
การเพาะเลี้ยงเชื้อจากอวัยวะลูกเต่าที่ตายแยกบริสุทธิ์แล้วเก็บเป็น Stock culture.....	6
การศึกษาเปลือกไขลูกเต่าทะเล.....	6
การพิสูจน์รูปผลึกสารอินทรีย์ในเปลือกไขเต่าทะเลด้วย X-ray diffraction.....	7
ผลการวิจัยและวิจารณ์.....	7
ผลการศึกษาเพาะเลี้ยงเชื้อจากอวัยวะลูกเต่าที่ตายด้วยวิธีทางจุลชีววิทยา.....	7
การศึกษาเปลือกไขลูกเต่าทะเล.....	9
ผลการศึกษาธาตุองค์ประกอบของเปลือกไขเต่าตนุ มะเฟืองและเต่ากระด้วยหัตถตรวจ EDX.....	
.. 24ผลการศึกษารูปผลึกธาตุในแต่ละชั้นของเปลือกไขเต่าตนุ มะเฟืองและเต่ากระโดยใช้หัตถตรวจวัด BEI และการทำแผนที่ธาตุ (Mapping).....	27
ผลการศึกษารูปผลึกในแต่ละชั้นของเปลือกไขเต่าทะเลด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (XRD).....	32
การศึกษาเนื้อเยื่อวิทยาของอวัยวะต่างๆ ของลูกเต่าทะเล.....	38
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	66
บรรณานุกรม.....	75
ภาคผนวก.....	82
ผลสำเร็จของงานวิจัย.....	83
ประวัติคณะวิจัย.....	85

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย log cfu ของเชื้อแบคทีเรียที่แยกจากตัวอย่างเนื้อเยื่อจากเต่าทะเล	8
ตารางที่ 2 แสดงความหนาของเปลือกไขชั้นนอกของเต่าตนุ เต่ามะเฟืองและเต่ากระ.....	21
ตารางที่ 3 แสดงความหนาของเปลือกไขชั้นกลางของเต่าตนุ เต่ามะเฟืองและเต่ากระ.....	22
ตารางที่ 4 แสดงความหนาของเปลือกไขชั้นในของเต่าตนุ เต่ามะเฟืองและเต่ากระ.....	22
ตารางที่ 5 แสดงความหนาของเปลือกไขของเต่าตนุ เต่ามะเฟืองและเต่ากระ.....	23
ตารางที่ 6 แสดงธาตุองค์ประกอบเป็นเปอร์เซ็นต์ในเปลือกไขเต่าตนุ.....	24
ตารางที่ 7 แสดงธาตุองค์ประกอบเป็นเปอร์เซ็นต์ในเปลือกไขเต่ามะเฟือง.....	25
ตารางที่ 8 แสดงธาตุองค์ประกอบเป็นเปอร์เซ็นต์ในเปลือกไขเต่ากระ.....	27
ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (w/w) ในเปลือกไขชั้นนอกของเต่าทะเลทั้ง 3 ชนิด.....	33
ตารางที่ 10 แสดงค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (w/w) ในเปลือกไขชั้นกลางของเต่าตนุและเต่ามะเฟือง	33
ตารางที่ 11 แสดงค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (w/w) ในเปลือกไขชั้นในของเต่าตนุและเต่ามะเฟือง	33
ตารางที่ 12 แสดงรายละเอียดของตัวอย่างเต่าตนุอายุ 1-4 เดือน ที่ตายในบ่ออนุบาล.....	39

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 1 SEI แสดงสัณฐานวิทยาของเปลือกไข่เต่าตนุ	11
ภาพที่ 2 SEI แสดงสัณฐานวิทยาของเปลือกไข่เต่ามะเฟือง.....	11
ภาพที่ 3 SEI แสดงสัณฐานวิทยาของเปลือกไข่เต่ากระ.....	12
ภาพที่ 4 SEI แสดงสัณฐานวิทยาของเปลือกไข่ชั้นนอกของเต่าตนุ.....	12
ภาพที่ 5 SEI แสดงสัณฐานวิทยาของเปลือกไข่ชั้นนอกของเต่ามะเฟือง.....	13
ภาพที่ 6 SEI แสดงสัณฐานวิทยาของเปลือกไข่ชั้นนอกของเต่าตนุ.....	13
ภาพที่ 7 SEI แสดงสัณฐานวิทยาของเปลือกไข่ชั้นนอกของเต่าตนุ.....	14
ภาพที่ 8 SEI แสดงสัณฐานวิทยาของเปลือกไข่ชั้นนอกของเต่ามะเฟือง.....	14
ภาพที่ 9 SEI แสดงสัณฐานวิทยาของเปลือกไข่ชั้นนอกของเต่ามะเฟือง.....	15
ภาพที่ 10 SEI แสดงสัณฐานวิทยาของเปลือกไข่ชั้นนอกของเต่ากระ.....	15
ภาพที่ 11 SEI แสดงสัณฐานวิทยาของเปลือกไข่ชั้นนอกของเต่ากระ	16
ภาพที่ 12 SEI แสดงลักษณะฐานของกลุ่มผลึกในเปลือกไข่ชั้นนอกของเต่าตนุ.....	16
ภาพที่ 13 SEI แสดงลักษณะรูที่ฐานของกลุ่มผลึกในเปลือกไข่ชั้นนอกของเต่ามะเฟือง.....	17
ภาพที่ 14 SEI แสดงเส้นใยที่เชื่อมต่อกันระหว่างเส้นใยของเปลือกไข่ชั้นกลางในเต่าตนุ.....	17
ภาพที่ 15 SEI แสดงลักษณะเส้นใยของเปลือกไข่ชั้นกลางในเต่ามะเฟือง.....	18
ภาพที่ 16 SEI แสดงลักษณะสัณฐานวิทยาเปลือกไข่ชั้นกลางและชั้นในของเต่าตนุ.....	18
ภาพที่ 17 SEI แสดงลักษณะเปลือกไข่ชั้นในที่ถ่ายจากผิวด้านในของเต่าตนุ.....	19
ภาพที่ 18 SEI แสดงลักษณะเปลือกไข่ชั้นในที่ถ่ายจากผิวด้านในของเต่ามะเฟือง.....	19
ภาพที่ 19 SEI แสดงลักษณะเปลือกไข่ชั้นในที่ถ่ายจากผิวด้านในของเต่าตนุ.....	20
ภาพที่ 20 SEI แสดงลักษณะเปลือกไข่ชั้นในที่ถ่ายจากผิวด้านในของเต่ามะเฟือง.....	20
ภาพที่ 21 SEI แสดงลักษณะเปลือกไข่ชั้นในที่ถ่ายจากผิวด้านใน ของเต่ากระ.....	21
ภาพที่ 22 แสดงผลของการทำแผนที่ธาตุองค์ประกอบของเปลือกไข่เต่าตนุ	29
ภาพที่ 23 แสดงผลของการทำแผนที่ธาตุองค์ประกอบของเปลือกไข่เต่ามะเฟือง.....	30
ภาพที่ 24 แสดงผลของการทำแผนที่ธาตุองค์ประกอบของเปลือกไข่เต่ากระ.....	31
ภาพที่ 25 แสดงตัวอย่างลูกเต่าตนุที่ตายในบ่ออนุบาล.....	32
ภาพที่ 26 แสดงบาดแผลที่พบของลูกเต่าตนุที่ตายในบ่ออนุบาล.....	40
ภาพที่ 27 จากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงแสดงโครงสร้างเนื้อเยื่อตัดตามขวางของหลอดอาหาร.....	45
ภาพที่ 28 จากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงแสดงโครงสร้างเนื้อเยื่อของหลอดอาหารในลูกเต่าตนุที่ไม่มี บาดแผลอายุ 4 เดือน.....	46

ภาพที่ 29 จากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงแสดงโครงสร้างเนื้อเยื่อตัดตามขวางของกระเพาะพัก.....	47
ภาพที่ 30 จากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงแสดงลักษณะเนื้อเยื่อบุผิวภาคตัดขวางกระเพาะพักของลูกเต่าตนุ.....	47
ภาพที่ 31 จากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงแสดงโครงสร้างเนื้อเยื่อตัดตามขวางกระเพาะอาหาร.....	48
ภาพที่ 32 จากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงแสดงโครงสร้างเนื้อเยื่อตัดตามขวางกระเพาะอาหารของลูกเต่าตนุที่ไม่มีบาดแผล.....	49
ภาพที่ 33 จากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงแสดงลักษณะ gastric pits ของกระเพาะอาหารในลูกเต่าตนุที่ไม่มีบาดแผลอายุ 4 เดือน	50
ภาพที่ 34 จากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงแสดงโครงสร้างเนื้อเยื่อตัดตามขวางของลำไส้เล็กส่วนต้น.....	51
ภาพที่ 35 จากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงแสดงโครงสร้างเนื้อเยื่อตัดตามขวางของลำไส้เล็กส่วนปลายในลูกเต่าตนุที่ไม่มีบาดแผล.....	52
ภาพที่ 36 จากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงแสดงโครงสร้างเนื้อเยื่อตัดตามขวางของลำไส้ใหญ่ในลูกเต่าตนุที่มีบาดแผล.....	53
ภาพที่ 37 จากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงแสดงโครงสร้างเนื้อเยื่อตัดตามขวางของหลอดลมในลูกเต่าตนุในลูกเต่าตนุที่มีบาดแผล.....	54
ภาพที่ 38 จากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงแสดงโครงสร้างเนื้อเยื่อตัดตามขวางของปอดในลูกเต่าตนุที่มีบาดแผล.....	55
ภาพที่ 39 จากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงแสดงโครงสร้างเนื้อเยื่อตัดตามขวางของหัวใจในลูกเต่าตนุที่ไม่มีบาดแผล.....	56
ภาพที่ 40 จากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงแสดงโครงสร้างเนื้อเยื่อตัดตามขวางของกล้ามเนื้อลายในลูกเต่าตนุที่มีบาดแผล.....	57
ภาพที่ 41 จากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงแสดงโครงสร้างเนื้อเยื่อตัดตามขวางของผิวหนังในลูกเต่าตนุที่มีบาดแผล.....	58
ภาพที่ 42 จากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงแสดงโครงสร้างเนื้อเยื่อตัดตามขวางของตับในลูกเต่าตนุที่มีบาดแผล.....	59
ภาพที่ 43 จากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงแสดงโครงสร้างเนื้อเยื่อตัดตามขวางของม้ามในลูกเต่าตนุที่ไม่มีบาดแผล.....	60
ภาพที่ 44 จากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงแสดงโครงสร้างเนื้อเยื่อตัดตามขวางของต่อมหมวกไตในลูกเต่าตนุที่มีบาดแผล	61
ภาพที่ 45 กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงแสดงโครงสร้างเนื้อเยื่อตัดตามขวางของไตในลูกเต่าตนุที่มีบาดแผล	62
ภาพที่ 46 จากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงแสดงเนื้อเยื่อตัดตามขวางของต่อมบ่งเพศในลูกเต่าตนุอายุ	

6 เดือน.....	63
ภาพที่ 47 จากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงแสดงโครงสร้างเนื้อเยื่อตัดตามขวางของต่อมบ่งเพศในลูกเต่าตนุ อายุ 6 เดือน	64
ภาพที่ 48 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงแสดงโครงสร้างเนื้อเยื่อตัดตามขวางของกระเพาะปัสสาวะลูก เต่าตนุที่ไม่มีบาดแผล	65
กราฟที่ 1 แสดงความหนาของเปลือกไข่เต่าตนุ เต่ามะเฟืองและเต่ากระ.....	23
กราฟที่ 2 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของอะราโกไนต์และแคลไซต์ในเปลือกไข่ชั้นนอก ของเต่าตนุ.....	34
กราฟที่ 3 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของอะราโกไนต์และแคลไซต์ในเปลือกไข่ชั้นนอกของเต่า มะเฟือง.....	34
กราฟที่ 4 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของอะราโกไนต์และแคลไซต์ในเปลือกไข่ชั้นนอก ของเต่ากระ.....	35
กราฟที่ 5 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของอะราโกไนต์ในเปลือกไข่ชั้นกลางของเต่าตนุ.....	35
กราฟที่ 6 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของอะราโกไนต์ในเปลือกไข่ชั้นกลางของเต่ามะเฟือง.....	36
กราฟที่ 7 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของอะราโกไนต์ในเปลือกไข่ชั้นในของเต่าตนุ.....	37
กราฟที่ 8 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของอสังฐานในเปลือกไข่ชั้นในของเต่าตนุ.....	37
กราฟที่ 9 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของอะราโกไนต์ในเปลือกไข่ชั้นในของเต่ามะเฟือง.....	38
กราฟที่ 10 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของอสังฐานในเปลือกไข่ชั้นในของเต่ามะเฟือง.....	38