

เอกสารอ้างอิง

ธนาวิดี ลี้จากภัย. พลาสติกย่อยสลายได้เพื่อสิ่งแวดล้อม. ปทุมธานี : ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงวิทยาศาสตร์; 2549.

สุกิจ แสงนิพนธ์กุล. กระดูกและกระดูกอ่อน. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น คณะแพทยศาสตร์ ภาควิชา ออร์โทปิดิกส์; 2534.

Aoki H. **Medical applications of hydroxyapatite**. Tokyo: Ishiyaku EuroAmerica; 1994.

Arcos D, Rodriguez-Carvajal J and Vallet-Regi M. Silicon incorporation in hydroxyapatite obtained by controlled crystallization. **Chemistry of Materials** 2004; 16: 2300-2308.

Azevedo CM, Reis LR, Claase BM, Grijpma WD and Feijen J. Development and properties of polycaprolactone/hydroxyapatite composite biomaterials. **Journal of Materials Science: Materials in Medicine** 2003; 14: 103-107.

Balamurugan A, Rebelo AHS, Lemos AF, Rocha JHG, Ventura JMG and Ferreira JMF. Suitability evaluation of sol-gel derived Si-substituted hydroxyapatite for dental and maxillofacial applications through *in vitro* osteoblasts response. **Dental Materials** 2008; 24: 1374-1380.

Boivin G. The hydroxyapatite crystal: a closer look. **Medicographia** 2007; 29: 126-132.

Brandon D. and Kaplan WD. **Microstructural characterization of Materials**. Chichester: John Wiley & Sons; 1999.

Chappell HF and Bristowe PD. Density functional calculation of the properties of silicon-substituted hydroxyapatite. **Journal of Materials Science: Materials in Medicine** 2007; 18: 829-837.

Choi D, Marra GK and Kumta NP. Chemical synthesis of hydroxyapatite/poly(ϵ -caprolactone) composites. **Materials Research Bulletin** 2004; 39: 417-432.

Heimann RB. Materials science of crystalline bioceramics: A review of basic properties and application. **Chiang Mai University Journal** 2002; 1: 23-46.

Kim I-S and Kumta PN. Sol-gel synthesis and characterization of nanostructure hydroxyapatite powder. **Materials Science and Engineering B** 2004; 111: 232-236.

Kim SJ, Bang HG, Song JH and Park SY. Effect of fluoride additive on the mechanical properties of hydroxyapatite/alumina composites. **Ceramics International** 2009; 35: 1647-1650.

Kim SR, Lee JH, Kim YT, Riu DH, Jung SJ, Lee YJ, Chung SC and Kim YH. Synthesis of Si, Mg substituted hydroxyapatites and their sintering behaviors. **Biomaterials** 2003; 24: 1389-1398.

Kotela I, Podporska J, Soltysiak E, Konsztowicz KJ and Blazewicz M. Polymer nanocomposites for bone tissue substitutes. **Ceramics International** 2009; 35: 2475- 2480.

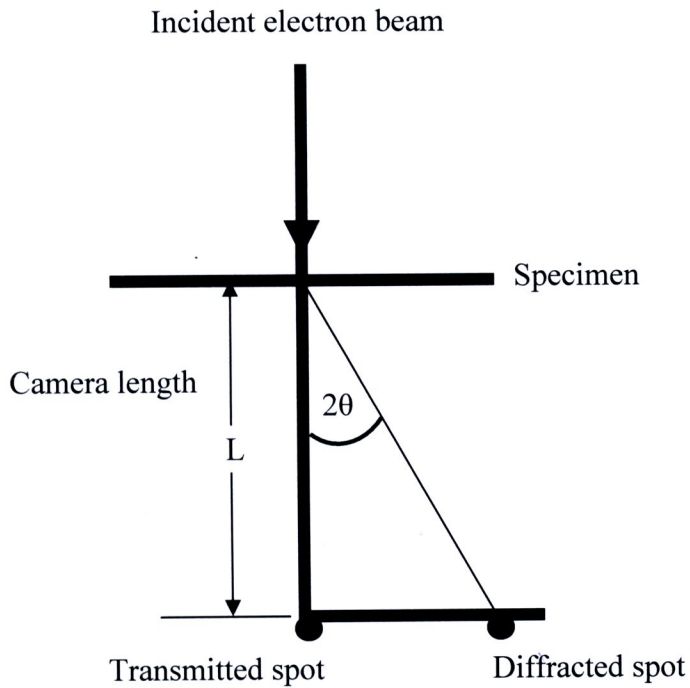
- Kumta PN, Sfeir C, Lee D-H, Olton D and Choi D. Nanostructured calcium phosphates for biomedical applications: novel synthesis and characterization. **Acta Biomaterialia** 2005; 1: 65-83.
- LeGeros RZ. **Calcium phosphates in oral biology and medicine**. Monographs in oral science: Vol. 15. Switzerland: Karger; 1991.
- Li C. Crystalline behaviors of hydroxyapatite in the neutralized reaction with different citrate additions. **Powder Technology** 2009; 192, 1-5.
- Mobasherpour I, Heshajin MS, Kazemzadeh A and Zakeri M. Synthesis of nanocrystalline hydroxyapatite by using precipitation method. **Journal of Alloys and Compounds** 2006; 430: 330-333.
- Pavia DL, Lampman GM and Kriz GS. **Introduction to spectroscopy**. Bellingham, USA: Department of Chemistry, Western Washington University; 2001.
- Pietak AM, Reid JW, Stott MJ and Sayer M. Silicon substitution in the calcium phosphate bioceramics. **Biomaterials** 2007; 28: 4023-4032.
- Porter AE, Patel N, Skepper JN, Best SM and Bonfield W. Comparison of *in vivo* dissolution processes in hydroxyapatite and silicon-substituted hydroxyapatite bioceramics. **Biomaterials** 2003; 24: 4609-4620.
- Prabakaran K and Rajeswari S. Spectroscopic investigations on the synthesis of nano-hydroxyapatite from calcined eggshell by hydrothermal method using cationic surfactant as template. **Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy** 2009; 74: 1127-1134.
- Riman RE, Suchanek WL, Byrappa K, Chen C-W, Shuk P and Oakes CS. Solution synthesis of hydroxyapatite designer particulates. **Solid State Ionics** 2002; 151: 393-402.
- Rivera EM, Araiza M, Brostow W, Castano VM, Diaz-Estrada JR, Hernandez R and Rodriguez JR. Synthesis of hydroxyapatite from eggshells. **Materials Letters** 1999; 41: 128-134.
- Seet SL. Silicon-substituted calcium phosphate compounds: Synthesis, characterization and bioactivity evaluation. **ScienceAsia** 2009; 35 : 255-260.
- Seo DS and Lee JK. Dissolution of Human Teeth-Derived Hydroxyapatite. **Annals of Biomedical Engineering** 2008; 36: 132-140.
- Shi DL. **Biomaterials and Tissue Engineering**. Berlin, Germany: Springer-Verlag; 2004.
- Shi DL. **Introduction to biomaterials**. Beijing, China: World Scientific; 2006.
- Tang XL, Xiao XF and Lui RF. Structure characterization of silicon-substituted hydroxyapatite synthesized by a hydrothermal method. **Materials Letters** 2005; 59: 3841-3846.
- Vallet-Regi M. Ceramics for medical applications. **Journal of Chemistry Society, Dalton Transactions**. 2001: 97-108.
- Vallet-Regi M and Arcos D. Silicon substituted hydroxyapatites. A method to upgrade calcium phosphate based implants. **Journal of Materials Chemistry** 2005; 15: 1509-1516.

Xu JL and Khor KA. Chemical analysis of silica doped hydroxyapatite biomaterials consolidated by a spark plasma sintering method. **Journal of Inorganic Biochemistry** 2007; 101: 187-195.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์หาค่าระยะห่างระหว่างระนาบ และระนาบของผลึกจากรูปแบบการเลี้ยวเบนที่ได้จากเครื่อง TEM โดยการวิเคราะห์ลักษณะของการเกิดการแทรกสอดของอิเล็กตรอนบนฟิล์มแสดงดังภาพที่ ก.1



ภาพที่ ก.1 แผนผังการเกิดรูปแบบการเลี้ยวเบนของผลึกบนฟิล์ม โดยเทคนิค TEM

สำหรับการวิเคราะห์ต้องอาศัยค่า camera constant ที่ผ่านการปรับเทียบแล้ว ดังแสดงในตารางที่ ข.1 โดยในการทดลองใช้ค่า camera constant เท่ากับ 100 cm



ตารางที่ ก.1 การเปรียบเทียบค่า camera constant โดยตัวอย่างที่ใช้เปรียบเทียบคือ ทองคำ (Au) และความต่างศักย์ที่ใช้เร่งอิเล็กตรอนในเครื่อง TEM เท่ากับ 200 kV

L (cm)	D ₁₁₁ Au (mm)	R ₁₁₁ Au (mm)	d ₁₁₁ Au (Å)	Lλ (mm Å)	λ (Å)
40	8.7	4.36	2.355	10.2442	0.0256
60	13.2	6.60	2.355	15.5430	0.0259
80	17.2	8.60	2.355	20.2530	0.0253
100	21.2	10.60	2.355	24.9630	0.0249
120	25.2	12.60	2.355	29.6730	0.0247
150	31.5	15.75	2.355	37.0912	0.0247
200	41.5	20.75	2.355	48.8662	0.0244
250	51.8	25.90	2.355	60.9945	0.0243

โดยที่ $\text{camera constant} = L\lambda = R d_{hkl}$

เพราะฉะนั้น
$$d_{hkl} = \frac{L\lambda}{R}$$

- เมื่อ
- d_{hkl}

R

λ

L
- คือ ระยะห่างระหว่างระนาบ

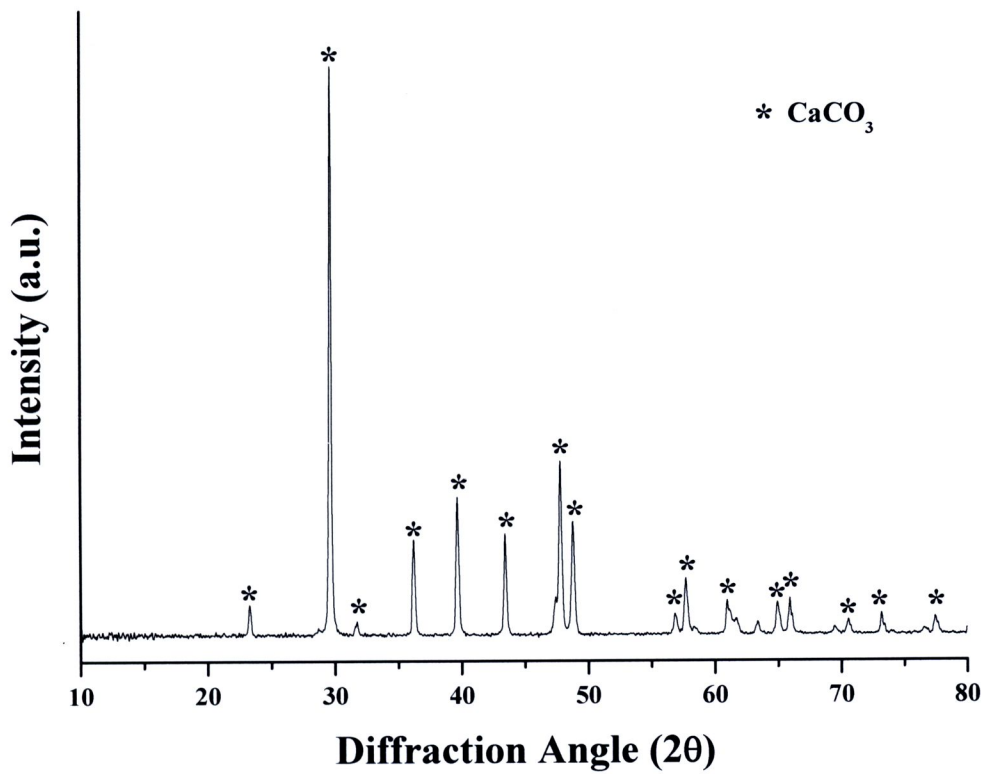
คือ ระยะห่างระหว่างจุดสว่างลำดับ n กับจุดสว่างกลาง

คือ ความยาวคลื่นของลำอิเล็กตรอน

คือ ระยะห่างระหว่าง specimen ถึงฟิล์ม

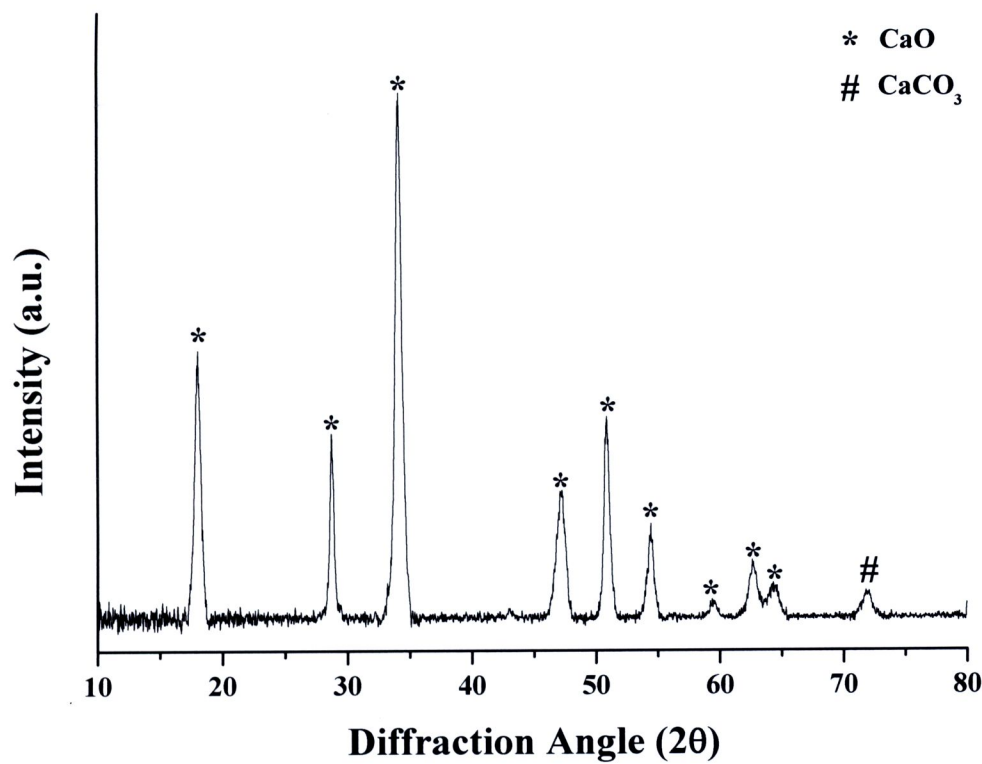
ภาคผนวก ข

รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ของเปลือกไข่ไก่ดิบบดละเอียด พบว่าเฟสที่เกิดขึ้นเป็นเฟสของแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rivera และคณะ (Rivera et al., 1999) แสดงดังภาพที่ ข.1



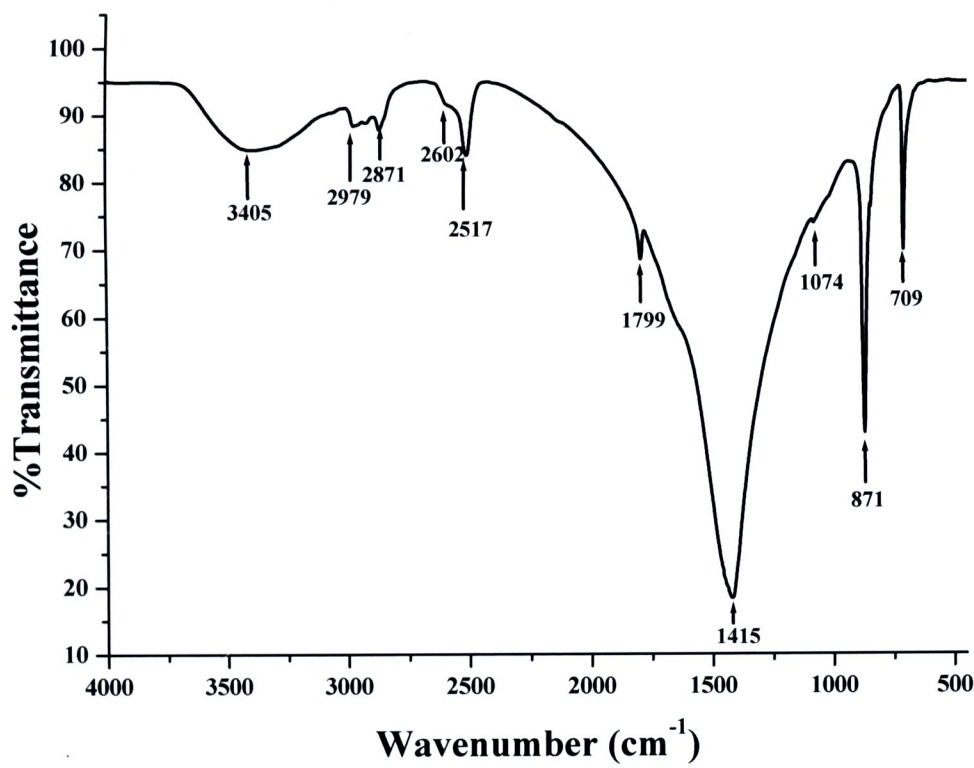
ภาพที่ ข.1 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์จากเทคนิค XRD ของเปลือกไข่ไก่ดิบบดละเอียด

รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ของเปลือกไข่ไก่เผาที่ 1000°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พบว่าเฟสหลักที่เกิดขึ้นเป็นเฟสของแคลเซียมออกไซด์ (CaO) และมีเฟสของแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO₃) เจือปนเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rivera และคณะ (Rivera et al., 1999) แสดงดังภาพที่ ข.2



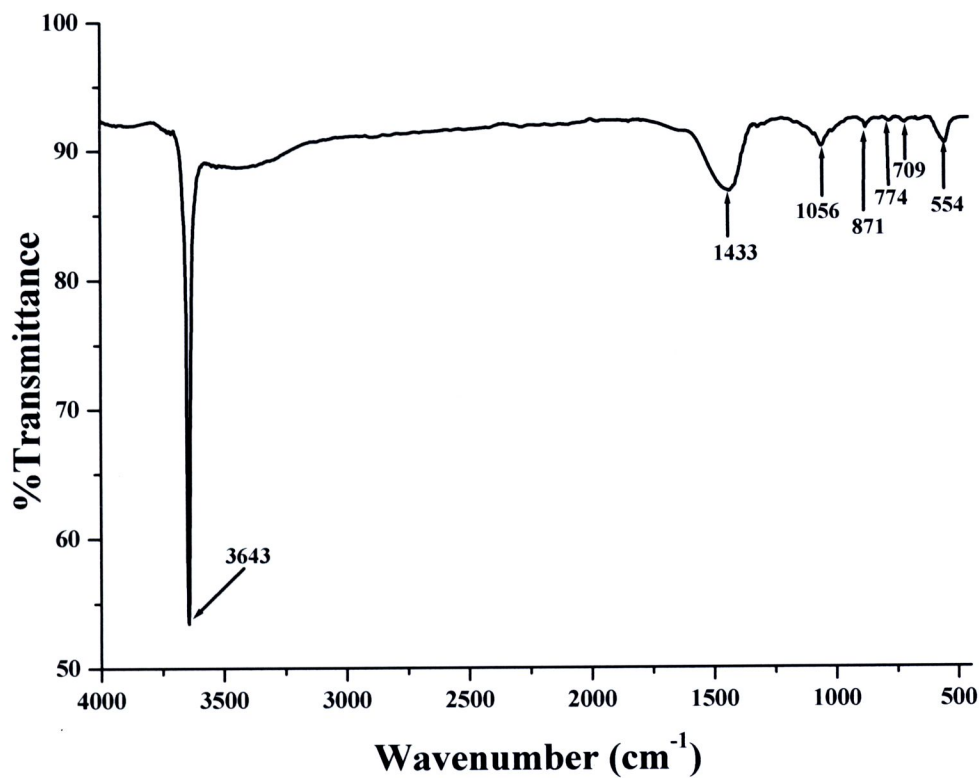
ภาพที่ ข.2 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์จากเทคนิค XRD ของเปลือกไข่ไก่เผาที่ 1000°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

แสดงการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR ของเปลือกไข่ดิบ พบว่ามีกลุ่มของ CO_3^{2-} และ OH^- เกิดขึ้นที่ตำแหน่งต่างๆ แสดงดังภาพที่ ข.3



ภาพที่ ข.3 อินฟราเรดสเปกตรัมของเปลือกไข่ไก่ดิบบดละเอียด

แสดงการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR ของเปลือกไข่ไก่เผาที่ 1000°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พบว่ามีกลุ่มของ CO_3^{2-} และ OH^- เกิดขึ้นที่ตำแหน่งต่างๆ แสดงดังภาพที่ ข.4



ภาพที่ ข.4 อินฟราเรดสเปกตรัมของเปลือกไข่ไก่เผาที่ 1000°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง



ประวัติผู้เขียน

นางสาวมาศกร โทวันนัง เกิดเมื่อวันที่ 4 มิถุนายน พ.ศ. 2527 ที่บ้านบะยาว ตำบลบึงแก้ว อำเภอโนนสะอาด จังหวัดอุดรธานี จบการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนบ้านบะยาวและเข้าศึกษาต่อในระดับมัธยมศึกษาที่โรงเรียนอุดรพิชัยรักษ์พิทยา หลังจากจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ได้สอบเข้าเรียนต่อระดับปริญญาตรี สาขาฟิสิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ในปีการศึกษา 2545 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีในปีการศึกษา 2549

ในปี พ.ศ. 2549 ได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยเลือกทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การเตรียมและการศึกษาสมบัติเชิงกลของวัสดุเชิงประกอบของสารไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่มีซิลิกอนในโครงสร้างและพอลิคาโพรแลกโตน

ผลงานวิจัยที่ได้ตีพิมพ์

1. Towannang M. and Limpanuphap S. Synthesis of silicon-substituted hydroxyapatite from eggshells a precipitation method. **The 11th graduate Research Conference, Khon Kaen University 2010.** pp. 884-888.

ผลงานวิจัยที่ได้นำเสนอ

1. Towannang M. and Limpanuphap S. Synthesis of hydroxyapatite from eggshells by precipitation method. **The 2nd Thailand Nanotechnology Conference 2008**, Thailand on August 13-15, 2008. (Oral presentation)

2. Towannang M. and Seet S. Synthesis of hydroxyapatite powders from eggshells and silicon-substituted hydroxyapatite (Si-HA) by a chemical precipitation method. **The 4th Siam Physics Congress 2009**, 19-21 March 2009, Thailand. (Poster presentation)

3. Towannang M. and Limpanuphap S. Synthesis of silicon-substituted hydroxyapatite from eggshells a precipitation method. **The 11th graduate Research Conference, Khon Kaen University 2010**, 12 February 2010. (Poster presentation)

