

## การพัฒนาพลินสังเคราะห์จากกระดูกไก่

### Development of Blue Sapphire Imitation Gemstone from Chicken Bone

กนกวรรณ แก้วประเสริฐ<sup>1</sup> และณัฐพล ศรีสิทธิ์โกศล<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

<sup>2</sup>ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

\*Nattapon2004@gmail.com

#### บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการพัฒนาแก้วสีน้ำเงินจากกระดูกไก่ โดยเตรียมแก้วตามสูตร  $(40-x)\text{SiO}_2:10\text{B}_2\text{O}_3:25\text{Na}_2\text{O}:8\text{CaO}:5\text{ZrO}_2:1\text{Bi}_2\text{O}_3:0.5\text{TiO}_2:0.5\text{Al}_2\text{O}_3:10\text{BaO}:x\text{CoO}$  (เมื่อ  $x$  เท่ากับ 0.00 0.01 0.02 0.03 0.04 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์โดยโมล) โดยวิธีการหลอมแบบทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว สมบัติทางกายภาพ และทางแสง จะถูกวิเคราะห์จากค่าความหนาแน่น ค่าดัชนีหักเหของแสง ค่าการดูดกลืนแสง และค่าสีในระบบ CIE  $L^*a^*b^*$  จากผลการทดลองพบว่าค่าความหนาแน่น และค่าดัชนีหักเหของแสงของแก้ว มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ CoO พิกการดูดกลืนแสงของ CoO เกิดขึ้นที่ความยาวคลื่น 530 590 และ 660 นาโนเมตร

**คำสำคัญ:** ค่าความหนาแน่น ค่าดัชนีหักเห ค่าการดูดกลืนแสง ค่าความแข็ง กระดูกไก่

#### Abstract

The aim of the present work is to develop blue sapphire glass from chicken's bone. Composition of glass was prepared in chemical formula,  $(40-x)\text{SiO}_2:10\text{B}_2\text{O}_3:25\text{Na}_2\text{O}:8\text{CaO}:5\text{ZrO}_2:1\text{Bi}_2\text{O}_3:0.5\text{TiO}_2:0.5\text{Al}_2\text{O}_3:10\text{BaO}:x\text{CoO}$  (when  $x = 0.00, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04$  and  $0.05$  mol%). The glass were melt by conventional melt quenching technique. Physical and optical properties have been investigated by using density, refractive index, absorption spectra, CIE  $L^*a^*b^*$  analysis. From the result found that, the densities and refractive indexes of glasses were increases with increasing of cobalt oxide concentration. The optical absorption peak of CoO occur at 530, 590 and 640 nm.

**Keywords:** density, refractive index, absorption spectra, hardness, chicken bone

## 1. บทนำ

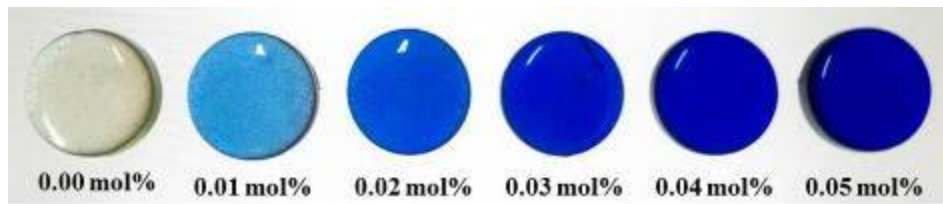
อาหารนับเป็นสิ่งจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ทั้งนี้อาหารในแต่ละประเทศจะมีลักษณะที่แตกต่างกันซึ่งจะขึ้นอยู่กับวัฒนธรรมของประเทศนั้น ๆ หนึ่งในองค์ประกอบที่สำคัญในอาหารคือการใช้เนื้อสัตว์ในการประกอบอาหาร ว่าจะปิ้งย่าง กว้าง เบ็ด ไก่ หมู และอีกมากมาย ซึ่งท้ายที่สุดของการบริโภค มักจะเหลือส่วนที่เป็นกระดูก ซึ่งไม่สามารถนำไปใช้งานใด ๆ ได้อีก จากการศึกษาขององค์ประกอบหลักของวัสดุจำพวกกระดูกนี้ ส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วยธาตุแคลเซียมที่มีในปริมาณค่อนข้างมาก อีกทั้งจากงานวิจัยทางด้านแก้วที่ผ่านมามีแก้วหลายประเภทที่ใช้ธาตุแคลเซียมเป็นองค์ประกอบภายในโครงสร้าง (Alizadeh P., 2004 :24), (Berneschi S., 2006 :28), (Cetinkaya Colak S., 2011 :509), (Chimalawong P., 2010 :71), (Kaewkhao J., 2007 :23), (Kaewkhao J., 2012 :97), (Kukkadapu R.K., 2013 :301), (Meejitpaisan P., 2012 :32) , (Paje S.E., 2001 :17), (Ruangthawee Y, 2010 :312.), (Sharma Y.K., 2007 :598), (Srisittipokakun N., 2011 :261), (Wang M., 2010 :273) และยังมี การนำแก้วบางชนิดไปพัฒนาเป็นอัญมณีเทียมสีต่างๆ ได้อีกด้วย ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยต้องการพัฒนาโพลีเมอร์สังเคราะห์จากกระดูกไก่ที่เหลือจากร้านอาหาร และทำการวัดสมบัติทางกายภาพ และทางแสงบางประการ เช่น ความหนาแน่น ค่าดัชนีหักเห ค่าการดูดกลืนแสง ค่าสี และความแข็งของแก้วที่พัฒนาขึ้น

## 2. วิธีการทดลอง

การเตรียมส่วนผสมในการหลอมตัวอย่างแก้วตามสูตรมีดังนี้  $(40-x)SiO_2:10B_2O_3:25Na_2O:8CaO:5ZrO_2:1Bi_2O_3:0.5TiO_2:0.5Al_2O_3:10BaO:xCoO$  (เมื่อ x เท่ากับ 0.00 0.01 0.02 0.03 0.04 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์โดยโมล) โดยในการทดลองได้ใช้สาร  $H_3BO_3$ ,  $BaCO_3$ ,  $Na_2CO_3$  แทน  $B_2O_3$ ,  $BaO$  และ  $Na_2O$  ตามลำดับ และใช้กระดูกไก่ แทน  $CaO$  โดยทำการเตรียมส่วนผสมของสารตั้งต้นมีมวล 30 กรัม แล้วผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำมาใส่ในเตาไฟฟ้าโดยให้ความร้อนอย่างต่อเนื่องจนถึงอุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เพื่อให้สารประกอบหลอมเหลวเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเทน้ำแก้วเหลวลงในแม่พิมพ์แกรไฟต์ ที่ไว้จนแก้วเริ่มแข็งตัวจึงนำแก้วออกจากแม่พิมพ์ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นจึงปิดเตาไฟฟ้ารอจนอุณหภูมิถึงอุณหภูมิห้องจึงนำแก้วออกจากเตา นำแก้วที่ยื่นตัวแล้วไปขัดให้มีขนาด  $1.0 \times 1.5 \times 0.3 \text{ cm}^3$  เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางแสง ได้แก่ ค่าดัชนีหักเหของแสง ค่าความหนาแน่น ค่าการดูดกลืนแสง ในการศึกษาค่าความหนาแน่นของแก้วตัวอย่างจะใช้หลักการของอาร์คิมิดีส (Archimedes principle) โดยใช้อุปกรณ์ไมโครบาลานซ์แบบ 4-digit sensitive (AND, HR-200) การวัดค่าดัชนีหักเหของแก้วที่ได้ในงานวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่อง Abbe refractometer รุ่น 3T ของบริษัท ATAGO ประเทศญี่ปุ่น สำหรับสมบัติการดูดกลืนแสงของแก้วนั้นจะศึกษาด้วยเครื่อง UV - visible สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Hitachi, U - 1800) ในช่วงความยาวคลื่น 200-1,100 นาโนเมตร

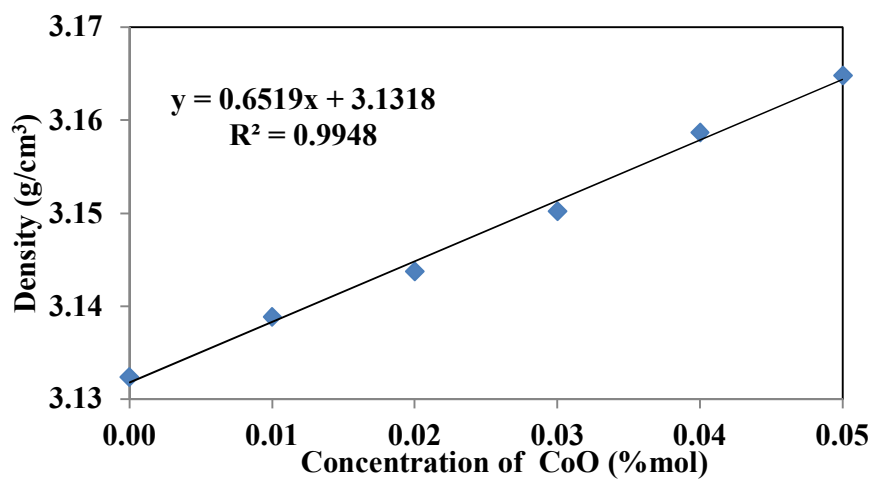
## 3. ผลการวิจัย

แก้วที่เติม  $CoO$  ซึ่งมีปริมาณความเข้มข้นตั้งแต่ 0.00 0.01 0.02 0.03 0.04 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์โดยโมล พบว่าแก้วตัวอย่างที่ไม่ได้เติม  $CoO$  จะได้แก้วที่มีลักษณะใส เมื่อเติม  $CoO$  จะได้แก้วที่มีลักษณะสีน้ำเงิน ในปริมาณความเข้มข้นน้อย และมีสีที่เข้มมากขึ้นไปทางสีน้ำเงินเข้ม เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ  $CoO$  ดังแสดงในรูปภาพที่ 1



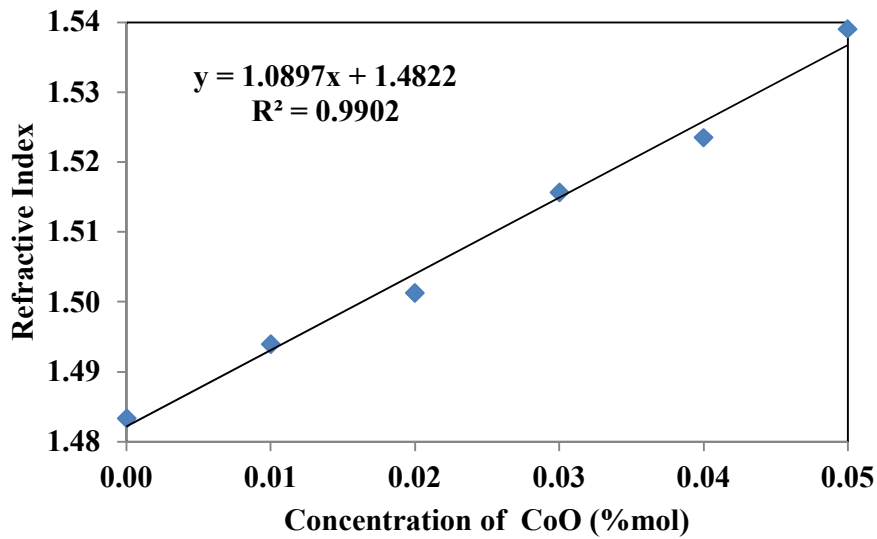
รูปภาพที่ 1 ลักษณะของแก้วตัวอย่างที่เติม CoO ที่ได้จากการหลอมแก้ว  $(40-x)\text{SiO}_2 : 10\text{B}_2\text{O}_3 : 25\text{Na}_2\text{O} : 8\text{CaO} : 5\text{ZrO}_2 : 1\text{Bi}_2\text{O}_3 : 0.5\text{TiO}_2 : 0.5\text{Al}_2\text{O}_3 : 10\text{BaO} : x\text{CoO}$

จากการวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นของแก้วตัวอย่างที่เติม CoO ค่าความหนาแน่นมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของ CoO โดยมีค่าอยู่ระหว่าง  $3.1324 \pm 0.0010$  ถึง  $3.1648 \pm 0.0001$  กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักโมเลกุลของ CoO ที่เข้าไปแทนที่  $\text{SiO}_2$  และเมื่อนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับความเข้มข้นของแก้วที่เติม CoO ดังแสดงในรูปภาพที่ 2



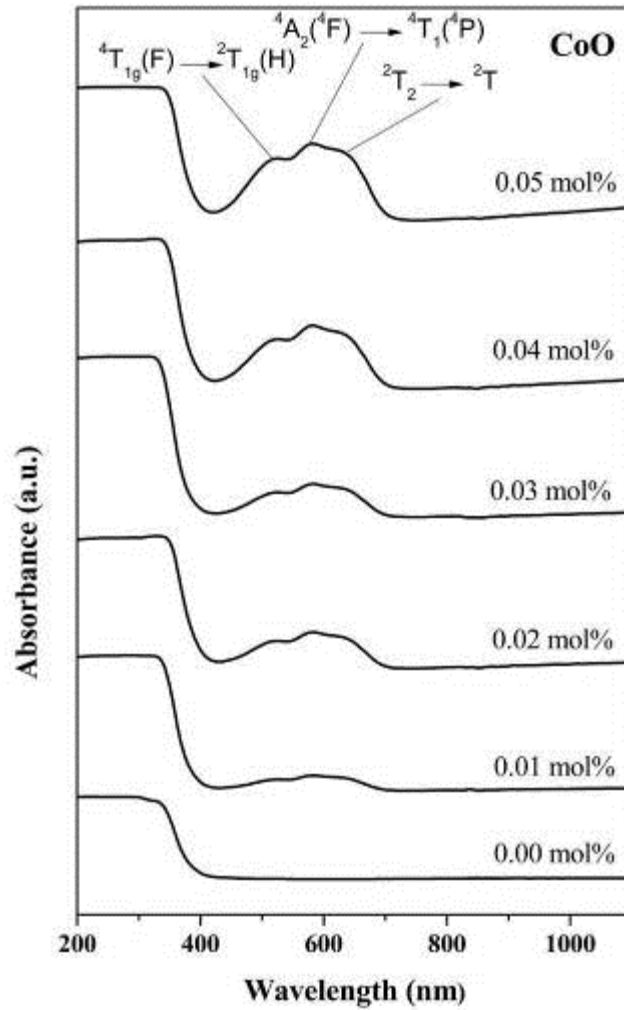
รูปภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับความเข้มข้นของแก้วที่เติม CoO

จากการวิเคราะห์หาค่าดัชนีหักเหของแก้วตัวอย่างที่เติม CoO พบว่าค่าดัชนีหักเหมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ CoO เพิ่มมากขึ้น โดยมีค่าอยู่ระหว่าง  $1.4833 \pm 0.0012$  ถึง  $1.5390 \pm 0.0000$  ดังแสดงในรูปที่ภาพ 3



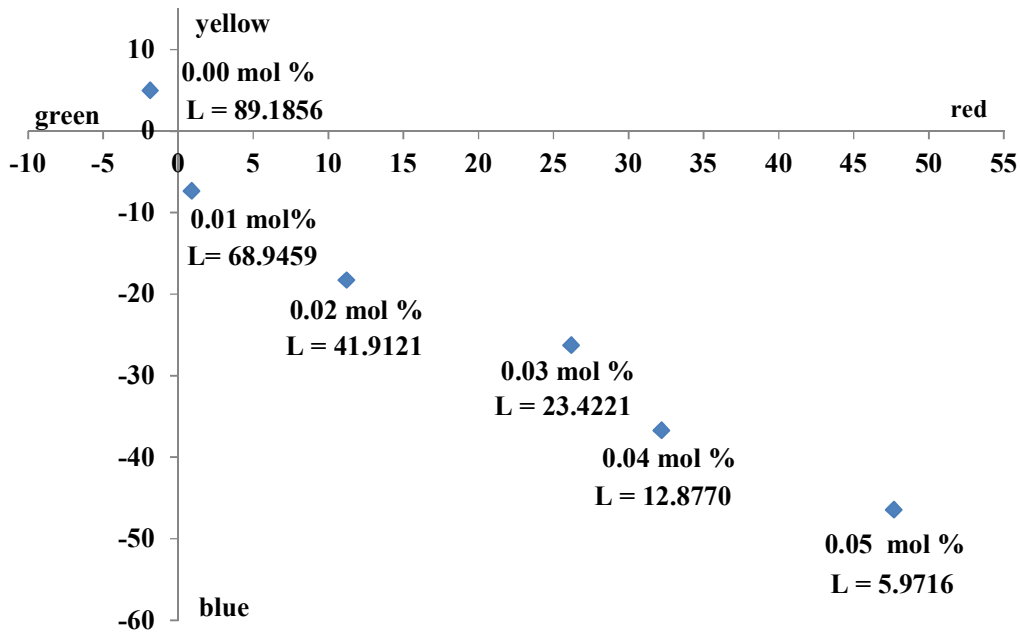
รูปภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีหักเหกับความเข้มข้นของแก้วที่เติม CoO

จากการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 200 - 1,100 นาโนเมตร ของแก้วตัวอย่างที่ CoO สเปกตรัมการดูดกลืนแสงแสดงดังในรูปภาพที่ 4 จากรูป พบว่าพีคของค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดอยู่ในช่วงความยาวคลื่น 530 590 และ 660 นาโนเมตร ซึ่งเกิดจากการดูดกลืนแสงของ CoO โดยสเปกตรัมการดูดกลืนจะมีความเข้มเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ CoO ที่เพิ่มมากขึ้น ตามลำดับ



รูปภาพที่ 4 ค่าการดูดกลืนแสงของแก้วที่เติม CoO ความเข้มข้นต่างๆ ในช่วงความยาวคลื่น 200–1,100 นาโนเมตร

จากการวิเคราะห์สีในระบบ CIE  $L^*$   $a^*$   $b^*$  ของแก้วตัวอย่างที่เติม CoO พบว่าแนวโน้มการเกิดสีของแก้วตัวอย่างจะมีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) จะมีค่าอยู่ระหว่าง 5.9716 ถึง 89.1856 โดยค่า  $a^*$  จะมีค่าอยู่ระหว่าง -1.8725 ถึง 47.6659 ส่วนค่า  $b^*$  จะมีค่าอยู่ระหว่าง -46.4331 ถึง 5.0046 โดยมีค่าลดลงตามแนวแกน  $-b^*$  ตามปริมาณความเข้มข้นของ CoO ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับกราฟการดูดกลืนแสง และสีของแก้วตัวอย่าง ดังแสดงในรูปภาพที่ 5



รูปภาพที่ 5 ค่าสีระบบ CIE L\*a\*b\* ของแก้วที่เติม CoO

จากการวิเคราะห์ค่าความแข็งของแก้วตัวอย่างที่เติม CoO โดยการทดลองในครั้งนี้ใช้วิธีการวัดแบบโมห์สเกล (Mohs Scale) ซึ่งจะแบ่งสเกลความแข็งจากวัสดุแม่แบบออกเป็น 10 ชนิดด้วยกัน โดยการเรียงลำดับตัวเลขจาก 1-10 จะเป็นวัสดุจากอ่อนสุดไปถึงวัสดุที่แข็งสุด ผลการทดลองที่ได้คือ แก้วตัวอย่างที่ได้มีค่าความแข็งเท่ากับ 5.5 ซึ่งเทียบได้กับค่าความแข็งของ อะพาไทต์ (Apatite)

#### 4. สรุปผลการวิจัย

แก้วตัวอย่างที่ไม่ได้เติม CoO จะได้แก้วที่มีลักษณะใส เมื่อเติม CoO จะได้แก้วที่มีลักษณะสีน้ำเงิน ในปริมาณความเข้มข้นน้อย และมีสีที่เข้มมากขึ้นไปทางสีน้ำเงินเข้ม เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ CoO จากการวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นและค่าดัชนีหักเหของแก้วตัวอย่าง พบว่าค่าความหนาแน่น และค่าดัชนีหักเหมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ CoO เพิ่มมากขึ้น จากการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 200 - 1,100 นาโนเมตร ของแก้วตัวอย่างที่ CoO<sub>3</sub> พบว่าพีคของค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดอยู่ในช่วงความยาวคลื่น 530 590 และ 660 นาโนเมตร ซึ่งเกิดจากการดูดกลืนแสงของ CoO โดยสเปกตรัมการดูดกลืนแสงจะมีความเข้มเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ CoO ที่เพิ่มมากขึ้น ส่วนการวิเคราะห์สีของแก้วตัวอย่างในระบบ CIE L\* a\* b\* พบว่า แนวโน้มการเกิดสีของแก้วตัวอย่างจะมีค่าความสว่าง (L\*) ลดลงซึ่งขึ้นกับปริมาณความเข้มข้นของ CoO ที่เพิ่มขึ้น และสีที่เกิดจะมีสีน้ำเงิน และมีค่าลดลงตามแนวแกน -b ตามปริมาณความเข้มข้นของ CoO ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับกราฟการดูดกลืนแสง และลักษณะทั่วไปของแก้วที่สังเกตุด้วยตาเปล่า การวิเคราะห์ค่าความแข็งของแก้วตัวอย่างที่เติม CoO มีความแข็งเทียบได้กับอะพาไทต์ (Apatite)

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี

## 6. เอกสารอ้างอิง

- Alizadeh P., Eftekhary Yekta B., Gervei A. (2004). Effect of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> addition on the sinterability and machinability of ss-ceramics in the system MgO–CaO–SiO<sub>2</sub>–P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, **Journal of the European Ceramic Society**, 24, 3529 - 3533.
- Berneschi S., et. al. (2006). Optical and spectroscopic properties of soda-lime alumino silicate glasses doped with Er<sup>3+</sup> and/or Yb<sup>3+</sup>, **Optical Materials**, 28 (11), 1271 - 1275.
- Cetinkaya Colak S., and Aral E. (2011). Optical and thermal properties of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>– Na<sub>2</sub>O – CaO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : CoO glasses doped with transition metals, **Journal of Alloys and Compounds**, 509, 4935 - 4939.
- Chimalawong, et. Al. (2010). Optical and Electronic Polarizability Investigation of Nd<sup>3+</sup> Doped Soda-Lime-Silicate Glasses. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, Vol. 71 (7), pp.965-970.
- Kaewkhao, J., et. al. (2007). Effect of Copper (II) Oxide to Glass Properties from Local Sand in Nakorn Pathom Province, **Proceedings of the 2<sup>nd</sup> Siam Physic Congress**, The Rose Garden Riverside, Nakorn Pathom, Thailand, March 22 - 24, pp. 23.
- Kaewkhao, J., et. al. (2012). Optical and Physical Investigation of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Doped in Soda-Lime Silicate Glass at Different Melting Temperature, **Applied Mechanics and Materials**, 103, 97-101.
- Kukkadapu R.K., et. al. (2003). Mossbauer and optical spectroscopic study of temperature and redo effects on iron local environments in a Fe-doped (0.5 mol% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)18Na<sub>2</sub>O–72SiO<sub>2</sub> glass, **Journal of Non-Crystalline Solids**, 317, 301 - 318.
- Meejitpaisan P., et. al. (2012). Physical and optical properties of the SLS glass doped with low Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> concentrations, **Procedia Engineering**, 32, 787 – 792.
- Paje S.E., et al. (2001). Cerium doped soda-lime-silicate glasses: effects of silver ion-exchange on optical properties, **Optical Materials**, 17(4), 459 - 469.
- Ruangthawee, Y., et. al. (2010). The Spectroscopic Analysis of Iron-Doped Soda-Lime-Silica Glass by Spectrophotometer and ESR Spectrometer, **Advanced Materials Research**, 93-94, 312-315.
- Sharma Y.K., et al. (2007). Spectral studies of erbium doped soda lime silicate glasses in visible and near infrared regions, **Optical Materials**, 29(6), 598 - 604.
- Srisittipokakun, N., et. al. (2011). Absorption and Coloration of MnO<sub>2</sub> Doped in Soda-lime-silicate and Soda-lime-borate Glasses, **Procedia Engineering**, 8, 261-265.
- Wang M. and Cheng J. (2010). Viscosity and thermal expansion of rare earth containing soda–lime–silicate glass, **Journal of Alloys and Compounds**, 504(1), 273 - 276.