

การพัฒนาแก้วสีน้ำเงินจากขี้เถ้ากระดูกสัตว์

Development of Blue Sapphire Glass from Animal Bone Ashes

ณัฐพล ศรีสิทธิโกกุล^{1,2*}, กมลรัตน์ ชาวป่า¹, ฐิติณัฐเบญญา แห้วเพชร¹,
อารีวงศ์ มณีวงศ์¹ และจักรพงษ์ แก้วขาว^{1,2}

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
²ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
*Nattapon2004@gmail.com

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแก้วสีน้ำเงินจากขี้เถ้ากระดูกหมูและนำไปใช้เป็นอัญมณีเทียม โดยเตรียมแก้วในสูตร $(40-x)SiO_2 : 10B_2O_3 : 25Na_2O : 8CaO : 5ZrO_2 : 1Bi_2O_3 : 0.5TiO_2 : 0.5Al_2O_3 : 10BaO : xCoO$ เมื่อ x คือ ปริมาณความเข้มข้นของ CoO ได้แก่ 0.00, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04 และ 0.05 ร้อยละโดยโมล จากผลการทดลองพบว่าค่าความหนาแน่นและค่าดัชนีหักเหของแก้ว มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ CoO ที่เกิดการดูดกลืนแสงของ CoO เกิดขึ้นที่ความยาวคลื่น 530 590 และ 660 นาโนเมตร

คำสำคัญ: สมบัติทางกายภาพ, สมบัติทางแสง, ค่าการดูดกลืนแสง, ค่าความหนาแน่น

Abstract

The objective of research is development of blue sapphire glass from pig's bone ashes for use as imitation jewelry. Glasses were prepared in composition $(40-x)SiO_2 : 10B_2O_3 : 25Na_2O : 8CaO : 5ZrO_2 : 1Bi_2O_3 : 0.5TiO_2 : 0.5Al_2O_3 : 10BaO : xCoO$ mol%, when x is cobalt oxide concentration viz 0.00, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04 and 0.05 mol%. The results 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: physical properties, optical properties, optical absorption spectra, density

1. บทนำ

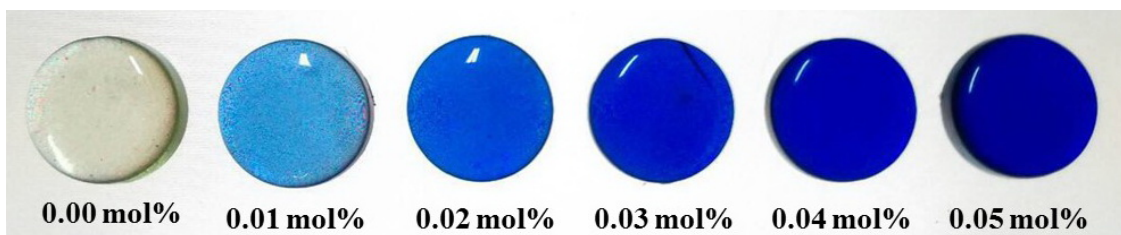
การทำอาหารตาม ร้านอาหาร หรือบ้านเรือนนิยมใช้เนื้อสัตว์ในการประกอบอาหารในทุก ๆ ประเทศทั่วโลก ไม่ว่าจะเป็น เนื้อวัว กวาง เป็ด ไก่ หมู และอีกมากมาย ซึ่งท้ายที่สุดของการบริโภค มักจะเหลือส่วนที่เป็นกระดูก ซึ่งไม่สามารถนำไปใช้งานใด ๆ ได้อีก แต่เนื่องจากองค์ประกอบหลักของวัสดุจำพวกกระดูกนี้ ส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วยธาตุแคลเซียม จากงานวิจัยทางด้านแก้วที่ผ่านมา มีแก้วหลายประเภทที่ใช้ธาตุแคลเซียมเป็นองค์ประกอบภายในโครงสร้าง (Alizadeh P., 2004 :24), (Kaewkhao J., 2007), (Comtamul T., 2007 :353), (Chimalawong P., 2010 :71), (Sharma Y.K., 2007 : 29), (Wang M., 2010 :504), (Berneschi S., 2006 :28), (Paje S.E., 2001 :17), (Cetinkaya Colak S., 2011 :509), (Meejitpaisan P., 2012 :32) และยังมี การนำแก้วบางชนิดไปพัฒนาเป็นอัญมณีเทียมสีต่าง ๆ ได้อีกด้วย ดังนั้นในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยต้องการพัฒนาแก้วสีน้ำเงินจากขี้เถ้ากระดูกหมูจากร้านอาหาร และทำการวัดสมบัติทางกายภาพ และทางแสงบางประการ เช่น ความหนาแน่น ค่าดัชนีหักเห ค่าการดูดกลืนแสง ค่าสี และความแข็งของแก้วที่พัฒนาขึ้น

2. วิธีการทดลอง

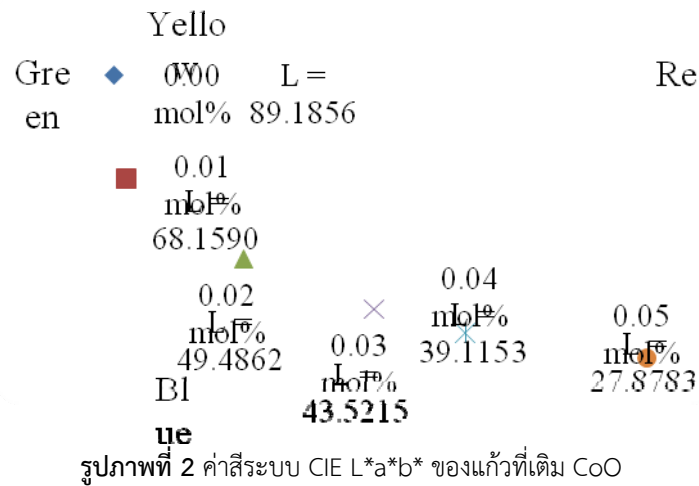
เตรียมส่วนผสมในการหลอมแก้วจากร้อยละโดยน้ำหนักของสารตั้งต้นต่าง ๆ จากนั้นนำมาคำนวณสูตรการเกิดแก้วที่กำหนด คือ สูตร $(40-x)\text{SiO}_2 : 10\text{B}_2\text{O}_3 : 25\text{Na}_2\text{O} : 8\text{CaO} : 5\text{ZrO}_2 : 1\text{Bi}_2\text{O}_3 : 0.5\text{TiO}_2 : 0.5\text{Al}_2\text{O}_3 : 10\text{BaO} : x\text{CoO}$ (เมื่อ $x = 0.00, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04$ และ 0.05 ร้อยละโดยโมล) โดยในการทดลองได้ใช้สาร H_3BO_3 , BaCO_3 , Na_2CO_3 แทน B_2O_3 , BaO และ Na_2O ตามลำดับ ซึ่งสารเตรียมส่วนผสมของสารตั้งต้นมีมวล 3 กรัม นำส่วนผสมของสารตั้งต้นมาผสมเข้าด้วยกัน 0 จากนั้นนำมาใส่ในเครื่องหลอมที่ได้เตรียมเอาไว้ นำส่วนผสมที่เตรียมไว้ใส่เข้าหลอม นำเข้าเตาไฟฟ้าโดยให้ความร้อนอย่างต่อเนื่องจนถึงอุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เพื่อให้สารประกอบหลอมเหลวเป็นเนื้อเดียวกันจะได้น้ำแก้วเหลว จากนั้นเปิดฝาดานำเอาเข้าหลอมออกจากเตาเผาและเทน้ำแก้วเหลวลงในแม่พิมพ์แกรไฟต์ ทิ้งไว้จนแก้วเริ่มแข็งตัวจึงนำแก้วออกจากแม่พิมพ์ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ ชั่วโมง จากนั้นจึงปิดเตาไฟฟ้ารอจนอุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 500 ถึงอุณหภูมิห้องจึงนำแก้วออกจากเตาน้ำแก้วที่เย็นตัวแล้วไปขัดให้มีขนาด $1.0 \times 1.5 \times 0.3 \text{ cm}^3$ เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติในด้านต่าง ๆ ของแก้วต่อไป เมื่อได้ตัวอย่างแก้วจากการหลอมแล้ว หลังจากนั้นจึงมาศึกษา วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางแสง ได้แก่ ค่าดัชนีหักเหของแสง ค่าความหนาแน่น ค่าการดูดกลืนแสงช่วงยูวี วิสิเบิล สี และความแข็ง-ในการศึกษาค่าความหนาแน่นของแก้วตัวอย่างจะใช้หลักการของอาร์คิมิดีส (Archimedes principle) โดยใช้อุปกรณ์ไมโครบาลานซ์แบบ 4-digit sensitive (AND, HR-200) การวัดค่าดัชนีหักเหของแก้วที่ได้ในงานวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่อง Abbe refractometer รุ่น 3Tของบริษัท ATAGO ประเทศญี่ปุ่น สำหรับสมบัติการดูดกลืนแสงของแก้วนั้นจะศึกษาด้วยเครื่อง UV-visible สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Hitachi, U - 1800) ในช่วงความยาวคลื่น 300 - 900 นาโนเมตร และสำหรับการวัดค่าความแข็งใช้โมห์สเกล (Mohs Scale)

3. ผลการวิจัย

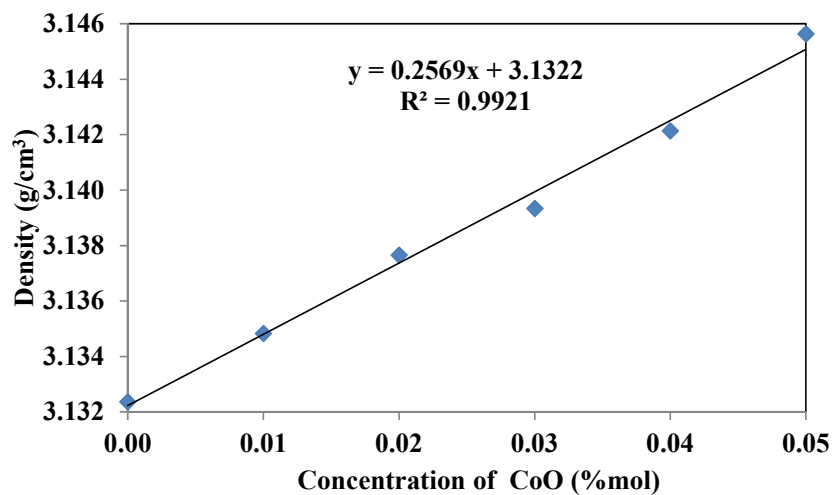
แก้วที่เติม CoO ซึ่งมีปริมาณความเข้มข้นตั้งแต่ 0.00 0.01 0.02 0.03 0.04 และ 0.05 ร้อยละโดยโมล พบว่าแก้วตัวอย่างที่ไม่ได้เติม CoO จะได้แก้วที่มีลักษณะขาวใส เมื่อเติม CoO จะได้แก้วที่มีลักษณะสีฟ้าอ่อน ในปริมาณความเข้มข้นน้อย และมีสีที่เข้มมากขึ้นไปทางน้ำเงิน ในแก้วที่มีความเข้มข้นมากที่สุดในการเติม CoO ดังแสดงในรูปภาพที่ 1 ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์สีในระบบ CIE $L^*a^*b^*$ ซึ่งพบว่าแนวโน้มการเกิดสีของแก้วตัวอย่างจะมีค่าความสว่าง (L^*) จะมีค่าอยู่ระหว่าง 27.8783 ถึง 89.1856 โดยค่า a^* จะมีค่าอยู่ระหว่าง -1.8725 ถึง 46.1975 ส่วนค่า b^* จะมีค่าอยู่ระหว่าง -75.1157 ถึง 5.0046 และสีที่เกิดจะมีสีตั้งแต่เหลืองฟ้าอ่อนและเพิ่มมากขึ้นตามแนวแกน +b คือไปในทิศทางสีฟ้า และค่อนข้างไปทางสีน้ำเงินตามปริมาณความเข้มข้นของ CoO ที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปภาพที่ 2



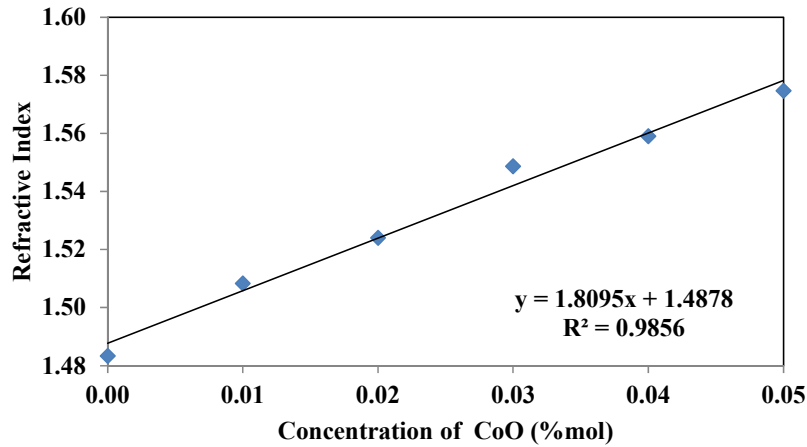
รูปภาพที่ 1 ลักษณะของแก้วตัวอย่างที่เติม CoO ในปริมาณต่าง ๆ



จากการวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นของแก้วตัวอย่างที่เติม CoO ปริมาณความเข้มข้น 0.00 0.01 0.02 0.03 0.04 และ 0.05 ร้อยละโดยโมล พบว่าค่าความหนาแน่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ CoO ที่เพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.1 โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 3.1324 ± 0.0010 ถึง 3.1456 ± 0.0001 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และเมื่อนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับความเข้มข้นของแก้วที่เติม CoO ดังแสดงในรูปภาพที่ 3

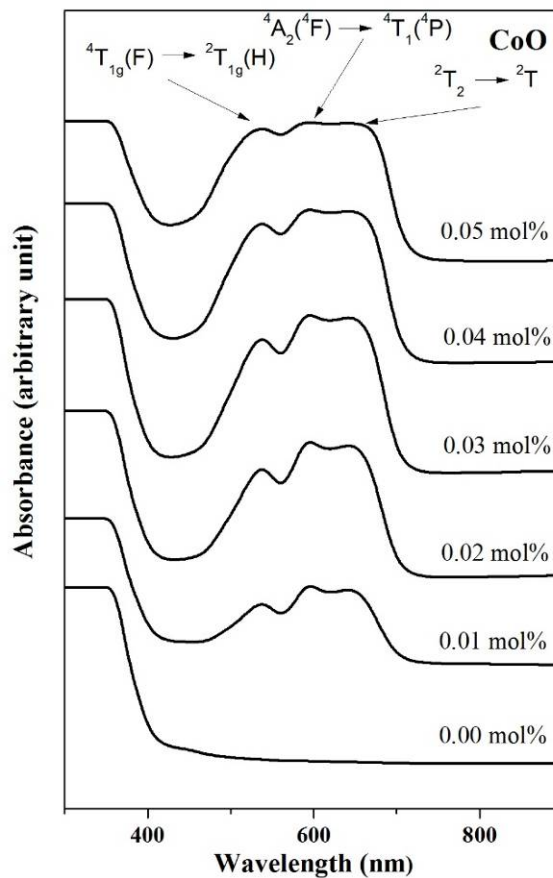


จากการวิเคราะห์หาค่าดัชนีหักเหของแก้วตัวอย่างที่เติม CoO มีปริมาณความเข้มข้นตั้งแต่ 0.00 0.01 0.02 0.03 0.04 และ 0.05 ร้อยละโดยโมล พบว่าค่าดัชนีหักเหมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ CoO ที่เพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 4.2 โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1.4833 ± 0.0012 ถึง 1.5747 ± 0.0006 ดังแสดงในรูปภาพที่ 4



รูปภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีหักเหกับความเข้มข้นของแก้วที่เติม CoO

จากการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 300 - 900 นาโนเมตร ของแก้วตัวอย่างที่ CoO ปริมาณความเข้มข้น 0.00 0.01 0.02 0.03 0.04 และ 0.05 ร้อยละโดยโมล สเปกตรัมการดูดกลืนแสงแสดงดังในรูปที่ 4 จากรูปภาพที่ 5 พบว่าพีคการดูดกลืนแสงสูงสุดแบ่งออกเป็น 3 ช่วง จะอยู่ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 530 590 และ 660 นาโนเมตร ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของระดับพลังงาน ${}^4T_{1g}(F) \rightarrow {}^2T_{1g}(H)$, ${}^4A_2(F) \rightarrow {}^4T_1(P)$, ${}^2T_2 \rightarrow {}^2T$ ตามลำดับ (Rajyasree Ch., 2013 :1033) โดยสเปกตรัมการดูดกลืนจะมีความเข้มเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ CoO ที่เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ



รูปภาพที่ 5 ค่าการดูดกลืนแสงของแก้วที่เติม CoO ความเข้มข้นต่าง ๆ ในช่วงความยาวคลื่น 300-900 นาโนเมตร

จากการวิเคราะห์ค่าความแข็งของแก้วตัวอย่างที่เติม CoO ปริมาณความเข้มข้น 0.00 0.01 0.02 0.03 0.04 และ 0.05 ร้อยละโดยโมล โดยการทดลองในครั้งนี้ใช้วิธีการวัดแบบโมห์สเกล (Mohs Scale) ซึ่งจะแบ่งสเกลความแข็งจากวัสดุแม่แบบออกเป็น 10 ชนิดด้วยกัน โดยการเรียงลำดับตัวเลขจาก 1-10 จะเป็นวัสดุจากอ่อนสุดไปถึงวัสดุที่แข็งที่สุด ผลการทดลองที่ได้คือ แก้วตัวอย่างที่ได้มีค่าความแข็งเท่ากับ 5.5 ซึ่งเทียบได้กับค่าความแข็งของ อะพาไทต์ (Apatite)

4. สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองหลอมแก้วที่เติม CoO ซึ่งมีปริมาณความเข้มข้นตั้งแต่ 0.00 0.01 0.02 0.03 0.04 และ 0.05 ร้อยละโดยโมล พบว่าตัวอย่างแก้วที่ไม่ได้เติม CoO จะได้แก้วที่มีลักษณะใส เมื่อเติม CoO จะได้แก้วที่มีลักษณะสีน้ำเงินอ่อน และมีสีเข้มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณ CoO จากการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นและดัชนีหักเห พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ CoO การวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงของแก้วตัวอย่างในช่วงความยาวคลื่น 300-900 นาโนเมตร พบว่าพีคของการดูดกลืนแสงสูงสุดแบ่งออกเป็น 3 ช่วงจะอยู่ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 530 590 และ 660 นาโนเมตร ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของระดับพลังงาน ${}^4T_{1g}(F) \rightarrow {}^2T_{1g}(H)$, ${}^4A_2(F) \rightarrow {}^4T_1(P)$, ${}^2T_2 \rightarrow {}^2T$ ตามลำดับ โดยสเปกตรัมการดูดกลืนจะมีความเข้มเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ CoO ที่เพิ่มมากขึ้น การวิเคราะห์สีของแก้วตัวอย่างในระบบ CIE $L^*a^*b^*$ พบว่าสีที่เกิดจะมีสีตั้งแต่เหลืองฟ้าอ่อนและเพิ่มมากขึ้นตามแนวแกน +b คือไปในทิศทางสีฟ้า และค่อนข้างสีน้ำเงินตามปริมาณความเข้มข้นของ CoO ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับสีที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงและลักษณะทั่วไปของแก้วที่สังเกตด้วยตาเปล่า การวิเคราะห์ค่าความแข็งของแก้วตัวอย่างที่เติม CoO มีความแข็งเทียบได้กับอะพาไทต์ (Apatite)

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี

6. เอกสารอ้างอิง

- Alizadeh P., Eftekhary Yekta B., Gervei A. (2004). Effect of Fe₂O₃ addition on the sinterability and machinability of ss-ceramics in the system MgO–CaO–SiO₂–P₂O₅, **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 Er³⁺ and/or Yb³⁺, **Optical Materials**, 28 (11), 1271 - 1275.
- Cetinkaya Colak S., and Aral E. (2011). Optical and thermal properties of P₂O₅– Na₂O – CaO – Al₂O₃ : CoO glasses doped with transition metals, **Journal of Alloys and Compounds**, 509, 4935 - 4939.
- Chimalawong, et. Al. (2010). Optical and Electronic Polarizability Investigation of Nd³⁺ 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 2nd Siam Physic Congress**, The Rose Garden Riverside, Nakorn Pathom, Thailand, March 22 - 24, pp. 23.
- Kaewkhao J., et. al. (2007). Study on Bi₂O₃ Doped Glasses from Local Sand, **Proceedings of the 33st Congress on Science and Technology of Thailand**, Walailak University, Nakornsritammarach, Thailand, October 18 - 20, pp. 221.

- Kaewkhao, J., et. al. (2012). Optical and Physical Investigation of Fe_2O_3 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_2O_3) $18\text{Na}_2\text{O}-72\text{SiO}_2$ 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_2O_3 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_2 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.