

การเตรียมแก้วบุษราคัมจากขี้เถ้ากระดูกสัตว์ Investigation of Yellow Sapphire from Animal Bone Ashes

ณัฐพล ศรีสิทธิโกศล^{1,2*}, จันทิมา เลขยัน¹, ฐิตินันท์ ภัทราพรพิสิฐ¹,
ศิริกาญจน์ หลากสุขดม¹ และจักรพงษ์ แก้วขาว^{1,2}

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

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการพัฒนาแก้วสีเหลืองจากขี้เถ้ากระดูกหมู โดยเตรียมแก้วตามสูตร $(40-x)SiO_2 : 10B_2O_3 : 25Na_2O : 8CaO : 5ZrO_2 : 1Bi_2O_3 : 0.5TiO_2 : 0.5Al_2O_3 : 10BaO : xFe_2O_3$ (เมื่อ x เท่ากับ 0.00, 0.20, 0.40, 0.60, 0.80 และ 1.00 เปอร์เซ็นต์โดยโมล) โดยวิธีการหลอมแบบทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว สมบัติทางกายภาพ และทางแสง จะถูกวิเคราะห์จากค่าความหนาแน่น ค่าดัชนีหักเหของแสง ค่าการดูดกลืนแสง และค่าสีในระบบ CIE $L^*a^*b^*$ จากผลการทดลองพบว่าค่าความหนาแน่น และค่าดัชนีหักเหของแสงของแก้ว มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ Fe_2O_3 ที่เกิดการดูดกลืนแสงของ Fe_2O_3 เกิดขึ้นที่ความยาวคลื่น 1,050 นาโนเมตร

คำสำคัญ: ค่าความหนาแน่น, ค่าดัชนีหักเห, ค่าการดูดกลืนแสง, ค่าความแข็ง

Abstract

The aim of the present work is to develop yellow glass from Pig's Bone ashes. Composition of glass was prepared in chemical formula, $(40-x)SiO_2 : 10B_2O_3 : 25Na_2O : 8CaO : 5ZrO_2 : 1Bi_2O_3 : 0.5TiO_2 : 0.5Al_2O_3 : 10BaO : xFe_2O_3$ (when $x = 0.00, 0.20, 0.40, 0.60, 0.80, \text{ and } 1.00 \text{ mol\%}$). 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 iron oxide concentration. The optical absorption peak of Fe_2O_3 occur at 1,050 nm.

Keywords: density, refractive index, absorption spectra, hardness

1. บทนำ

แก้วบอโรซิลิเกตเป็นแก้วที่มีสมบัติในการฟอร์มตัวเป็นแก้วได้ง่าย ทนต่ออุณหภูมิสูง ใช้อุณหภูมิต่ำในการผลิตแก้ว และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างทันทีทันใดได้ระดับหนึ่ง นอกจากนี้ยังมีความต้านทานต่อสารเคมีได้พอสมควร ทั้งนี้จากงานวิจัยที่ผ่านมาจะพบว่าในองค์ประกอบของแก้วอาจมีการใส่ธาตุแคลเซียมเพื่อช่วยในการหลอม (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) ทั้งนี้ธาตุแคลเซียมสามารถพบเจอได้ตามธรรมชาติ รวมถึงในองค์ประกอบของสิ่งที่อยู่รอบตัว เช่น หิน ปูน แม้กระทั่งกระดูกอีกด้วย ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยต้องการพัฒนาแก้วสีเหลืองจากขี้เถ้ากระดูกหมูจากร้านอาหารและทำ

การวัดสมบัติทางกายภาพและทางแสงบางประการ เช่น ความหนาแน่น ค่าดัชนีหักเห ค่าการดูดกลืนแสง ค่าสี และความแข็งของแก้วที่พัฒนาขึ้น

2. วิธีการทดลอง

เตรียมส่วนผสมในการหลอมแก้ว การเตรียมส่วนผสมในการหลอมตัวอย่างแก้วตามสูตรมีดังนี้ $(40-x)\text{SiO}_2 : 10\text{B}_2\text{O}_3 : 25\text{Na}_2\text{O} : 8\text{CaO} : 5\text{ZrO}_2 : 1\text{Bi}_2\text{O}_3 : 0.5\text{TiO}_2 : 0.5\text{Al}_2\text{O}_3 : 10\text{BaO} : \text{xFe}_2\text{O}_3$ (เมื่อ $x = 0.00 \ 0.20 \ 0.40 \ 0.60 \ 0.80$ และ 1.00 เปอร์เซ็นต์โดยโมล) โดยในการทดลองได้ใช้สาร H_3BO_3 , BaCO_3 , Na_2CO_3 แทน B_2O_3 , BaO และ Na_2O ตามลำดับ ซึ่งสารเตรียมส่วนผสมของสารตั้งต้นมีมวล 30 กรัม นำส่วนผสมของสารตั้งต้นมาผสมเข้าด้วยกันจากนั้นนำมาใส่ในเครื่องหลอมที่ได้เตรียมเอาไว้ นำส่วนผสมที่เตรียมไว้ใส่เข้าหลอม นำเข้าเตาไฟฟ้าโดยให้ความร้อนอย่างต่อเนื่องจนถึงอุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เพื่อให้สารประกอบหลอมเหลวเป็นเนื้อเดียวกันจะได้น้ำแก้วเหลวเปิดฝาเตานำเอาแก้วหลอมออกจากเตาเผาและเทน้ำแก้วเหลวลงในแม่พิมพ์แกรไฟต์ ที่วางบนแก้วเริ่มแข็งตัวจึงนำแก้วออกจากแม่พิมพ์แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นจึงปิดเตาไฟฟ้ารอจนอุณหภูมิถึงอุณหภูมิห้องจึงนำแก้วออกจากเตา สำหรับขั้นตอนการเทแก้วจะต้องทำอย่างรวดเร็ว เนื่องจากน้ำแก้วเหลวจะมีความหนืดเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่ลดลงจนกลายเป็นของแข็ง ซึ่งจะไม่สามารถเทออกจากแก้วหลอมได้ นำแก้วที่ยื่นตัวแล้วไปขัดให้มีขนาด $1.0 \ 1.5 \ 0.3 \ \text{CM}^3$ เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติในด้านต่าง ๆ ของแก้วต่อไป เมื่อได้ตัวอย่างแก้วจากการหลอมแล้ว หลังจากนั้นจึงมาศึกษา วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางแสง ได้แก่ ค่าดัชนีหักเหของแสง ค่าความหนาแน่น ค่าการดูดกลืนแสง ช่วงยูวี-วิสิเบิล 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

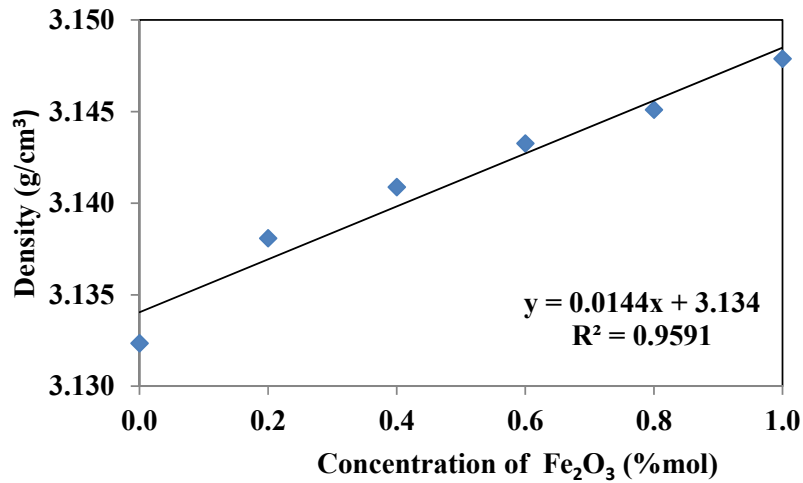
3. ผลการวิจัย

แก้วที่เติม Fe_2O_3 ซึ่งมีปริมาณความเข้มข้นตั้งแต่ 0.00 0.20 0.40 0.60 0.80 และ 1.00 เปอร์เซ็นต์โดยโมล พบว่าแก้วตัวอย่างที่ไม่ได้เติม Fe_2O_3 จะได้แก้วที่มีลักษณะใส เมื่อเติม Fe_2O_3 จะได้แก้วที่มีลักษณะสีเหลืองอ่อน ในปริมาณความเข้มข้นน้อย และมีสีที่เข้มมากขึ้นไปทางน้ำตาล เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ Fe_2O_3 ดังแสดงในรูปภาพที่ 1



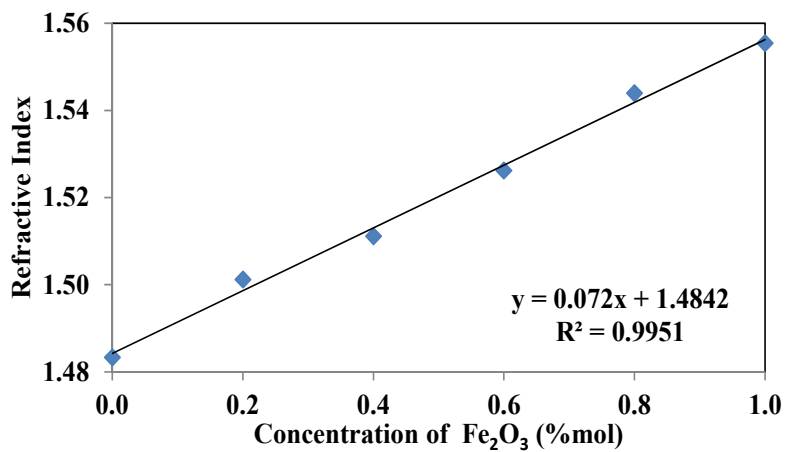
รูปภาพที่ 1 ลักษณะของแก้วตัวอย่างที่เติม Fe_2O_3 ที่ได้จากการหลอมแก้ว $(40-x)\text{SiO}_2 : 10\text{B}_2\text{O}_3 : 25\text{Na}_2\text{O} : 8\text{CaO} : 5\text{ZrO}_2 : 1\text{Bi}_2\text{O}_3 : 0.5\text{TiO}_2 : 0.5\text{Al}_2\text{O}_3 : 10\text{BaO} : \text{xFe}_2\text{O}_3$

จากการวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นของแก้วตัวอย่างที่เติม Fe_2O_3 ค่าความหนาแน่นมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของ Fe_2O_3 โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 3.1324 ± 0.0010 ถึง 3.1479 ± 0.0003 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักโมเลกุลของ Fe_2O_3 ที่เข้าไปแทนที่ SiO_2 และเมื่อนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับความเข้มข้นของแก้วที่เติม Fe_2O_3 ดังแสดงในรูปภาพที่ 2



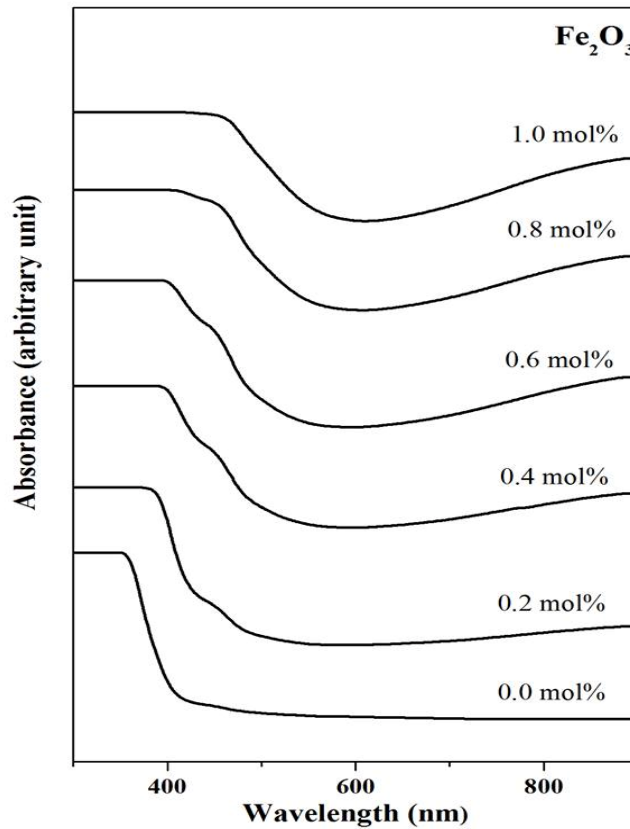
รูปภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับความเข้มข้นของแก้วที่เติม Fe₂O₃

จากการวิเคราะห์หาค่าดัชนีหักเหของแก้วตัวอย่างที่เติม Fe₂O₃ พบว่าค่าดัชนีหักเหมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ Fe₂O₃ เพิ่มมากขึ้น โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1.4833 ± 0.0012 ถึง 1.5554 ± 0.0001 ดังแสดงในรูปที่ภาพ 3



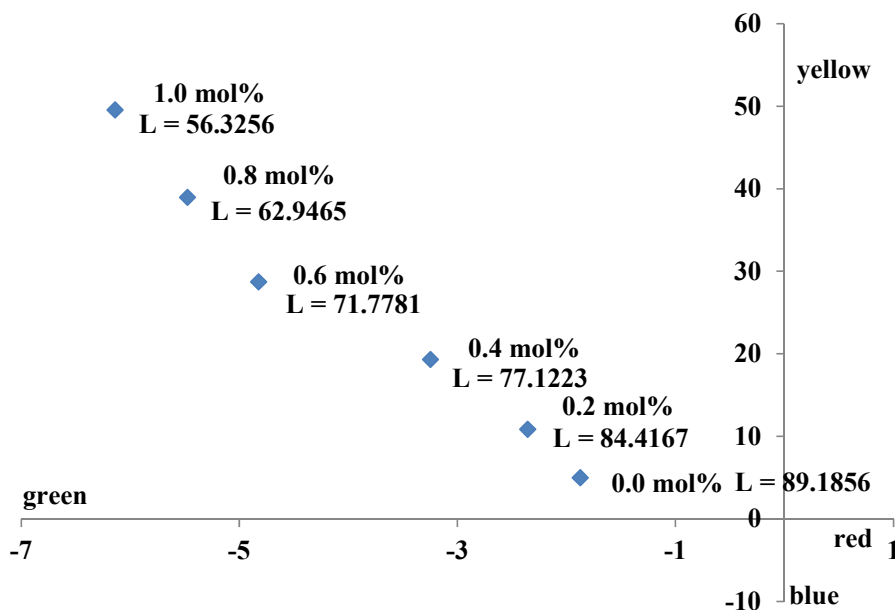
รูปภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีหักเหกับความเข้มข้นของแก้วที่เติม Fe₂O₃

จากการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 300 - 900 นาโนเมตร ของแก้วตัวอย่างที่ Fe₂O₃ สเปกตรัมการดูดกลืนแสงแสดงดังในรูปภาพที่ 4 จากรูป พบว่าพีคของค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดอยู่ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 900 นาโนเมตร แต่จากการค้นคว้าเพิ่มเติมพบว่าพีคดังกล่าวเกิดจากการดูดกลืนของไอออนของธาตุเหล็กในช่วงความยาวคลื่น 1,050 นาโนเมตร (Kukkadapu R.K., 2003: 317) ซึ่งเป็นพีคการดูดกลืนแสงของไอออนเหล็ก โดยสเปกตรัมการดูดกลืนจะมีความเข้มเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ Fe₂O₃ ที่เพิ่มมากขึ้น ตามลำดับ



รูปภาพที่ 4 ค่าการดูดกลืนแสงของแก้วที่เติม Fe_2O_3 ความเข้มข้นต่าง ๆ ในช่วงความยาวคลื่น 300–900 นาโนเมตร

จากการวิเคราะห์สีในระบบ CIE $L^* a^* b^*$ ของแก้วตัวอย่างที่เติม Fe_2O_3 พบว่าแนวโน้มการเกิดสีของแก้วตัวอย่าง จะมีค่าความสว่าง (L^*) จะมีค่าอยู่ระหว่าง 56.3256 ถึง 89.1856 โดยค่า a^* จะมีค่าอยู่ระหว่าง -6.1389 ถึง -1.8725 ส่วนค่า b^* จะมีค่าอยู่ระหว่าง 5.0046 ถึง 49.5709 และสีที่เกิดจะมีสี เหลืองอ่อนและเพิ่มสูงขึ้นตามแนวแกน $+b$ คือไปในทิศทาง เหลือง และค่อนข้างไปทางสีน้ำตาล ตามปริมาณความเข้มข้นของ Fe_2O_3 ที่เพิ่มขึ้น ตามลำดับ ดังแสดงในรูปภาพที่ 5



รูปภาพที่ 5 ค่าสีระบบ CIE $L^*a^*b^*$ ของแก้วที่เติม Fe_2O_3

จากการวิเคราะห์ค่าความแข็งของแก้วตัวอย่างที่เติม Fe_2O_3 โดยการทดลองในครั้งนี้ใช้วิธีการวัดแบบมอส์สเกล (Mohs Scale) ซึ่งจะแบ่งสเกลความแข็งจากวัสดุแม่แบบออกเป็น 10 ชนิดด้วยกัน โดยการเรียงลำดับตัวเลขจาก 1-10 จะเป็นวัสดุจากอ่อนสุดไปถึงวัสดุที่แข็งสุด ผลการทดลองที่ได้คือ แก้วตัวอย่างที่ได้มีค่าความแข็งเท่ากับ 5.5 ซึ่งเทียบได้กับค่าความแข็งของ อะพาไทต์ (Apatite)

4. สรุปผลการวิจัย

แก้วตัวอย่างที่ไม่ได้เติม Fe_2O_3 จะได้แก้วที่มีลักษณะใส เมื่อเติม Fe_2O_3 จะได้แก้วที่มีลักษณะสีเหลืองอ่อน และมีสีที่เข้มมากขึ้นไปทางสีเหลืองออกน้ำตาล เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ Fe_2O_3 จากการวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่น และค่าดัชนีหักเหของแก้วตัวอย่าง พบว่าค่าความหนาแน่น และค่าดัชนีหักเหมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ Fe_2O_3 เพิ่มขึ้น จากการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 300 - 900 นาโนเมตร ของแก้วตัวอย่างที่ Fe_2O_3 พบว่าพีคของค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดอยู่ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 900 นาโนเมตร ซึ่งเป็นพีคเกิดจากการดูดกลืนของไอออนของธาตุเหล็กในช่วงความยาวคลื่น 1, นาโนเมตร 050 ส่วนการวิเคราะห์สีของแก้วตัวอย่างในระบบ CIE $L^* a^* b^*$ พบว่า แนวโน้มการเกิดสีของแก้วตัวอย่างจะมีค่าความสว่าง (L^*) ขึ้นกับปริมาณความเข้มข้นของ Fe_2O_3 ที่เพิ่มขึ้นและสีที่เกิดจะมีสีตั้งแต่สีเหลืองอ่อน และเพิ่มสูงขึ้นตามแนวแกน +b คือไปในทิศทางสีเหลืองออกน้ำตาลตามปริมาณความเข้มข้นของ Fe_2O_3 ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับสีที่ได้จากการวิเคราะห์ ค่าการดูดกลืนแสงและลักษณะทั่วไปของแก้วที่สังเกตด้วยตาเปล่า การวิเคราะห์ค่าความแข็งของแก้วตัวอย่างที่เติม Fe_2O_3 มีความแข็งเทียบได้กับอะพาไทต์ (Apatite)

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี

6. เอกสารอ้างอิง

- Alizadeh P., Eftekhary Yekta B., Gervei A. (2004). Effect of Fe_2O_3 addition on the sinterability and machinability of ss-ceramics in the system $MgO-CaO-SiO_2-P_2O_5$, **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^{3+} and/or Yb^{3+} , **Optical Materials**, 28 (11), 1271 - 1275.
- Cetinkaya Colak S., and Aral E. (2011). Optical and thermal properties of $P_2O_5-Na_2O-CaO-Al_2O_3:CoO$ glasses doped with transition metals, **Journal of Alloys and Compounds**, 509, 4935 - 4939.
- Chimalawong, et. Al. (2010). Optical and Electronic Polarizability Investigation of Nd^{3+} 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 Bi_2O_3 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.