



การพัฒนาอัญมณีแอมบลิโกไนต์ประดิษฐ์จากวัสดุแก้ว

พรชัย คำมี^{1,2} และ วัชรินทร์ ราชนิยม^{1,2*}

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

²ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางด้านแก้วและวัสดุศาสตร์

*watcharinratniyom601@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาอัญมณีแอมบลิโกไนต์ประดิษฐ์จากแก้ว โดยเตรียมแก้วจากสูตร $(40-x)\text{SiO}_2$: $20\text{B}_2\text{O}_3$: $25\text{Na}_2\text{O}$: 15CaO : $x\text{Ho}_2\text{O}_3$ ร้อยละโดยโมล เมื่อ x คือ ความเข้มข้นของ Ho_2O_3 มีค่า 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 ร้อยละโดยโมล ถูกเตรียมขึ้นด้วยเทคนิคการหลอมที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมงแล้วทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว จากนั้นทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพ และทางแสงของแก้วที่เตรียมขึ้น พบว่าค่าความหนาแน่น ปริมาตรเชิงโมลและค่าดัชนีหักเห มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ Ho_2O_3 ที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อวัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของแก้วในช่วงความยาวคลื่น 200 ถึง 2,500 nm พบบรอดแบนด์ของการดูดกลืนแสงจำนวนเก้าแถบที่ความเข้มข้น 355, 415, 451, 486, 536, 641, 898, 1150 และ 1946 นาโนเมตร ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานในสถานะพื้น (5I_8) ไปยังสถานะกระตุ้น 5G_3 , ($^5G_3, ^3G_5$), 5G_6 , 5F_3 , 5F_4 , 5F_5 , 5I_5 , 5I_6 และ 5I_7 ตามลำดับ การวิเคราะห์สีในระบบ CIE $L^*a^*b^*$ พบว่าค่าความสว่าง (L^*) ไม่ขึ้นกับปริมาณความเข้มข้นของ Ho_2O_3 ที่เพิ่มขึ้น โดยค่า a^* จะมีค่าอยู่ระหว่าง -0.1455 ถึง -3.5214 ส่วนค่า b^* จะมีค่าอยู่ระหว่าง 1.3944 ถึง 32.0402 ทั้งนี้เมื่อทำการนำค่าสีไปเปรียบเทียบกับค่าสีของแอมบลิโกไนต์จริงในธรรมชาติ พบว่าพบว่าแก้วที่เติม Ho_2O_3 ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยโมล มีค่า L^* อยู่ที่ 89.2480 ค่า a^* อยู่ที่ -3.5670 และ ค่า b^* อยู่ที่ 16.4869 มีค่าสีที่ใกล้เคียงกับแอมบลิโกไนต์จริงในธรรมชาติ และลักษณะทางกายภาพที่ความสอดคล้องกัน

คำสำคัญ: แก้วสี แอมบลิโกไนต์ สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางแสง

Development of artificial ambliconite gemstones from glass material

Pornchai Kammee^{1,2} and Watcharin Rachniyom^{1,2*}

¹Physics Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University

²Center of Excellence in Glass Technology and Materials Science (CEGM),

Nakhon Pathom Rajabhat University

*watcharinratniyom601@hotmail.com

Abstract

The aims of this research to develop glass-based ambliconite gems. Glass was prepared from the formula $(40-x)\text{SiO}_2: 20\text{B}_2\text{O}_3: 25\text{Na}_2\text{O}: 15\text{CaO}: x\text{Ho}_2\text{O}_3$ mol% where x is the concentration of Ho_2O_3 (0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 and 2.5 mol%) have been synthesized by conventional melt quenching technique at 1,200 °C for 3 hours. Studied the physical properties and the optical properties of glass. The results showed that density, molar volume and refractive index tends to increase according to the increasing concentration of Ho_2O_3 . The absorption spectra of glass in the wavelength range of 200 to 2500 nm showed nine absorption broadbands at 355, 415, 451, 486, 536, 641, 898, 1150 and 1946 nm, caused by the energy level change in the ground state (5I_8) to the excitation state 5G_3 , ($^5G_3, ^3G_5$), 5G_6 , 5F_3 , 5F_4 , 5F_5 , 5I_5 , 5I_6 and 5I_7 respectively. Color analysis in the CIE $L^*a^*b^*$ system showed that the illuminance (L^*) was independent of the amount of Ho_2O_3 concentration added, with the a^* value ranging from -0.1455 to -3.5214, and b^* value ranging from 1.3944 to 32.0402. It was found that glass doped with Ho_2O_3 at 0.5 mol% had L^* value of 89.2480, a^* value of -3.5670, and b^* value of 16.4869. The color value was close to that of real ambliconite in nature and have similar physical characteristics.

Keywords: Color glass, ambliconite, physical properties, Optical properties

1. บทนำ

เครื่องประดับอัญมณีเทียมถือเป็นสินค้าแฟชั่นซึ่งจัดว่าเป็นสินค้าทางเลือกที่ขึ้นอยู่กับความพึงพอใจของผู้บริโภค และมักเป็นที่นิยมในช่วงภาวะเศรษฐกิจชะลอตัว เพราะผู้บริโภคมีกำลังซื้อลดลง จึงระมัดระมัดการใช้จ่ายซื้อสินค้าฟุ่มเฟือยราคาสูง รวมถึงราคาโลหะมีค่าที่ปรับตัวเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ผู้บริโภคหันมาซื้อเครื่องประดับอัญมณีเทียมมากขึ้น จากรายงานของ Alliedmarketresearch ระบุว่า ในปี 2019 ตลาดเครื่องประดับอัญมณีเทียมของโลกมีมูลค่า 32.9 พันล้านเหรียญสหรัฐ และคาดว่ามูลค่าเครื่องประดับอัญมณีเทียมของโลกจะเพิ่มเป็น 59.7 พันล้านเหรียญสหรัฐ ในปี 2027 โดยระหว่างปี 2020-2027 เครื่องประดับเทียมจะมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยปีละ 7.8% สำหรับตลาดผู้บริโภคเครื่องประดับอัญมณีเทียมสำคัญของโลก ได้แก่ ตลาดหลักเดิมอย่างสหรัฐอเมริกา แคนาดา และเยอรมนี เป็นต้น หรือตลาดเกิดใหม่ (Emerging Market) อาทิ จีน บราซิล และอินเดีย ซึ่งมีแนวโน้มเติบโตสูงขึ้นจากกลุ่มคนรุ่นใหม่ และผู้หญิงทำงาน (Working Woman) ทั้งนี้ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกเครื่องประดับอัญมณีเทียมใน 10 อันดับแรกของโลกมานานนับทศวรรษ และล่าสุด



ในช่วงเดือนมกราคม-กรกฎาคม 2563 ไทยก้าวขึ้นมาเป็นผู้ส่งออกในอันดับที่ 4 ของโลก ด้วยสัดส่วนราว 5.61% ของมูลค่าส่งออกเครื่องประดับเทียมในตลาดโลก หรือมีมูลค่าส่งออก 147 ล้านเหรียญสหรัฐ คิดเป็นสัดส่วน 1.22% ของมูลค่าการส่งออกอัญมณีและเครื่องประดับไทยโดยรวม สำหรับตลาดส่งออกหลักใน 5 อันดับแรกของไทย ได้แก่ ลิกเตนสไตน์ สิงคโปร์ สหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศส และฮ่องกง ในสัดส่วน 29.89%, 12.43%, 11.15%, 7.85% และ 7.84% ตามลำดับ [1] ปัญหาสำคัญของอุตสาหกรรมอัญมณีเทียมในประเทศไทย คือ อุตสาหกรรมต้นน้ำขาดแคลนวัตถุดิบและฟังก์ชันการนำเข้าเป็นหลัก จึงทำให้ไม่สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มจากวัตถุดิบที่นำเข้ามาได้มากนัก ทั้งนี้การสร้างมูลค่าสำหรับเครื่องประดับอัญมณีเทียม คือสีของอัญมณีต้องมีความแตกต่าง มีลูกเล่นที่ไม่เหมือนในท้องตลาด หรือมีสีที่ใกล้เคียงอัญมณีจริงตามธรรมชาติ

แก้วจัดเป็นอัญมณีเทียมประเภทหนึ่งที่มีความสำคัญ มีตลาดเฉพาะตัวและมีราคาสูงกว่าพลาสติกและเรซิน แต่พบว่าราคาขายในตลาดเมื่อเข้าเรือนกลับทำกำไรได้เท่ากับเพชรรัสเซีย (cubic zirconia) หรือแม้กระทั่งทับทิมสังเคราะห์ ซึ่งเป็นพลอยสังเคราะห์ที่เตรียมได้ยากกว่า และใช้ต้นทุนสูงกว่ามาก นอกไปจากนั้นแก้วยังสามารถทำให้เกิดสีสนได้มากกว่าและง่ายกว่า [2-7] การเตรียมอัญมณีเทียมจากแก้วจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจอย่างสูงในปัจจุบัน

อัญมณีแอมบลิโกไนต์เป็นอัญมณีที่หายากมากซึ่งมีแหล่งกำเนิดอยู่บริเวณประเทศบราซิลและสหรัฐอเมริกา โดยทั่วไปแล้วจะเป็นสีขาวหรือสีครีม แต่ก็อาจไม่มีสีหรือสีเหลืองซีด เขียว น้ำเงิน เบจ เทา น้ำตาลหรือชมพูก็ได้ ทั้งนี้การพัฒนาแก้วที่มีสีใกล้เคียงกับอัญมณีจริงในธรรมชาติจะส่งผลทำให้มูลค่าของแก้วสีนั้นเพิ่มสูงขึ้น

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เป็นสารที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน แต่หากพิจารณาเรื่องการเกิดสีจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถทำให้เกิดสีเหลืองอ่อน ๆ จึงมีความน่าจะเป็นที่จะนำมาใช้เป็นสารให้สีเลียนแบบอัญมณีแอมบลิโกไนต์ได้

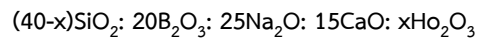
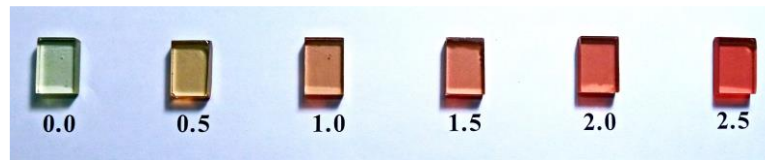
ดังนั้นในโครงการนี้จึงเป็นการพัฒนาอัญมณีแอมบลิโกไนต์ประดิษฐ์จากแก้ว โดยทำการแปรค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เติมลงไปในการสร้างแก้ว จากนั้นทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางแสง รวมถึงการเปรียบเทียบค่าสีของแก้วที่ได้กับค่าสีของอัญมณีแอมบลิโกไนต์จริงในธรรมชาติ

2.วิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้ทำเพื่อศึกษาผลการเจือสีของแก้วจากสูตร $(40-x)\text{SiO}_2 : 20\text{B}_2\text{O}_3 : 25\text{Na}_2\text{O} : 15\text{CaO} : x\text{H}_2\text{O}_2$ (เมื่อ $x = 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0$ และ 2.5 ร้อยละโดยโมล) (SiBNaCaHo) โดยหลอมที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสต่อนาที ใช้เวลาในการคั่ง 3 ชั่วโมง จากนั้นนำแก้วหลอมออกจากเตาไฟฟ้าอุณหภูมิสูง เพื่อให้แก้วเหลวได้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว โดยเทน้ำแก้วลงบนแบบพิมพ์แกรไฟต์ นำแก้วที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง จากนั้นปิดเตาให้อุณหภูมิลดลงจนถึงอุณหภูมิห้อง จึงนำแก้วออกจากเตา นำแก้วที่เย็นตัวแล้วไปขัดให้มีขนาด $1.0 \times 1.5 \times 0.3$ ลูกบาศก์เซนติเมตร หลังจากนั้นจึงมาศึกษาสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางแสง ได้แก่ ความหนาแน่น ปริมาตรเชิงโมล ดัชนีหักเห การดูดกลืนแสง และค่าสีในระบบ CIE $L^*a^*b^*$

3.ผลการวิจัย

จากผลการทดลองหลอมแก้วที่เติมออกไซด์ของ H_2O_2 พบว่าแก้วตัวอย่างที่ไม่เติมออกไซด์ของ H_2O_2 มีลักษณะใสไม่มีสี และเมื่อเติมออกไซด์ของ H_2O_2 มีลักษณะใส และมีสีส้มอ่อน ๆ ซึ่งสีดังกล่าวจะมีความเข้มมากขึ้นเมื่อทำการเพิ่มความเข้มข้นของออกไซด์ของ H_2O_2 มากขึ้น ดังภาพที่ 1



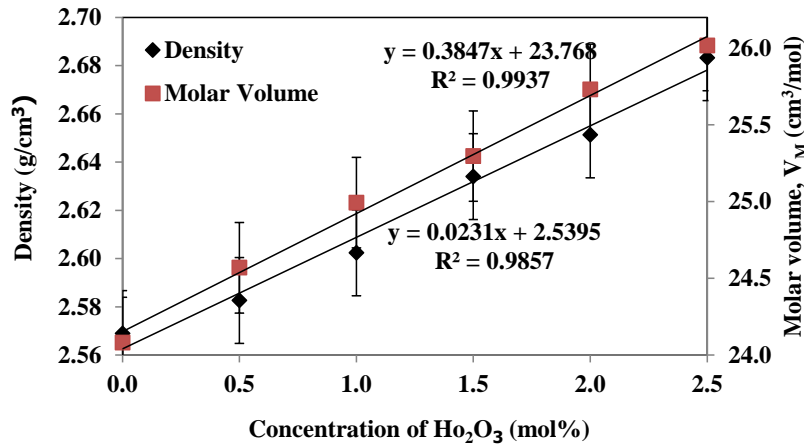
ภาพที่ 1 แก้วตัวอย่างที่เติมออกไซด์ของ Ho_2O_3 ในปริมาณต่างกัน

ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นและปริมาตรเชิงโมล

จากการวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นของแก้วตัวอย่างที่เติมออกไซด์ของ Ho_2O_3 ที่มีความเข้มข้น 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 ร้อยละโดยโมล พบว่าค่าความหนาแน่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ Ho_2O_3 ที่เพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากออกไซด์ของ Ho_2O_3 ซึ่งมีมวลโมเลกุลมากกว่าการเข้าไปแทนที่ออกไซด์ของ SiO_2 ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 2.5690 ± 0.0002 ถึง 2.6833 ± 0.0001 และเมื่อนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับความเข้มข้นของแก้วที่เติมออกไซด์ของ Ho_2O_3 สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2 โดยกราฟที่ได้มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.9857 ส่วนค่าปริมาตรเชิงโมลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ Ho_2O_3 ที่เพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 24.0814 ถึง 26.0165 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อโมล นั้นสามารถสันนิษฐานได้ว่า Ho_2O_3 ได้เข้าไปทำลายสะพานเชื่อมออกซิเจน (non-bridging oxygen) ในโครงสร้างแก้วมากขึ้น ทำให้ระยะห่างระหว่างอะตอมมีขนาดกว้างมากขึ้นจึงทำให้โครงสร้างของแก้วเกิดการขยายตัว ในงานวิจัยด้านวัสดุแก้วนั้นจะเรียกสารเคมีที่เติมลงในโครงสร้างแก้วแล้วทำให้ปริมาตรเชิงโมลของแก้วเปลี่ยนแปลงไปว่า Network modifier และเมื่อนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรเชิงโมลกับความเข้มข้นของแก้วที่เติมออกไซด์ของ Ho_2O_3 สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2 โดยกราฟที่ได้มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.9937

ตารางที่ 1 ค่าความหนาแน่นและค่าปริมาตรเชิงโมลของแก้วที่เติม Ho_2O_3 ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้น Ho_2O_3 (ร้อยละโดยโมล)	ความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ปริมาตรเชิงโมล (ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อโมล)
0.0	2.5690 ± 0.0002	24.0814
0.5	2.5826 ± 0.0002	24.5692
1.0	2.6024 ± 0.0001	24.9933
1.5	2.6340 ± 0.0002	25.2962
2.0	2.6513 ± 0.0001	25.7308
2.5	2.6833 ± 0.0001	26.0165



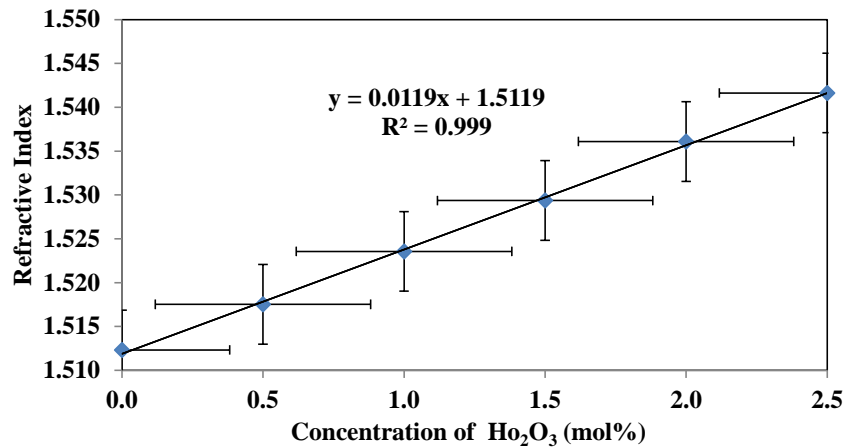
ภาพที่ 2 ค่าความหนาแน่นและค่าปริมาตรเชิงโมลของแก้วที่เติม Ho₂O₃ ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ผลการวิเคราะห์หาค่าดัชนีหักเห (Refractive index)

จากการจากการวิเคราะห์หาค่าดัชนีหักเหของแก้วตัวอย่างที่เติมออกไซด์ของ Ho₂O₃ ที่มีความเข้มข้น 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 ร้อยละโดยโมล โดยใช้เครื่อง Abbe refractometer ที่มีแหล่งกำเนิดเป็นหลอดไอโซเดียม ที่มีความยาวคลื่น 589.3 นาโนเมตร พบว่าค่าดัชนีหักเหมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ Ho₂O₃ ที่เพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 1.5123 ± 0.0001 ถึง 1.5416 ± 0.0001 โดยมีลักษณะเช่นเดียวกับความสัมพันธ์ของความหนาแน่น เป็นไปตามทฤษฎีเป็นไปตามหลักทฤษฎีไดอิเล็กตริกแบบดั้งเดิม ซึ่งค่าดัชนีหักเหจะขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่น และสภาพการเกิดขั้วได้ของอะตอมในวัสดุ และเมื่อนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีหักเหกับความเข้มข้นของแก้วที่เติม Ho₂O₃ ดังแสดงในภาพที่ 3 กราฟที่ได้มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.999

ตารางที่ 2 ค่าดัชนีหักเหของแก้วที่เติม Ho₂O₃ ที่ความเข้มข้นต่างๆ

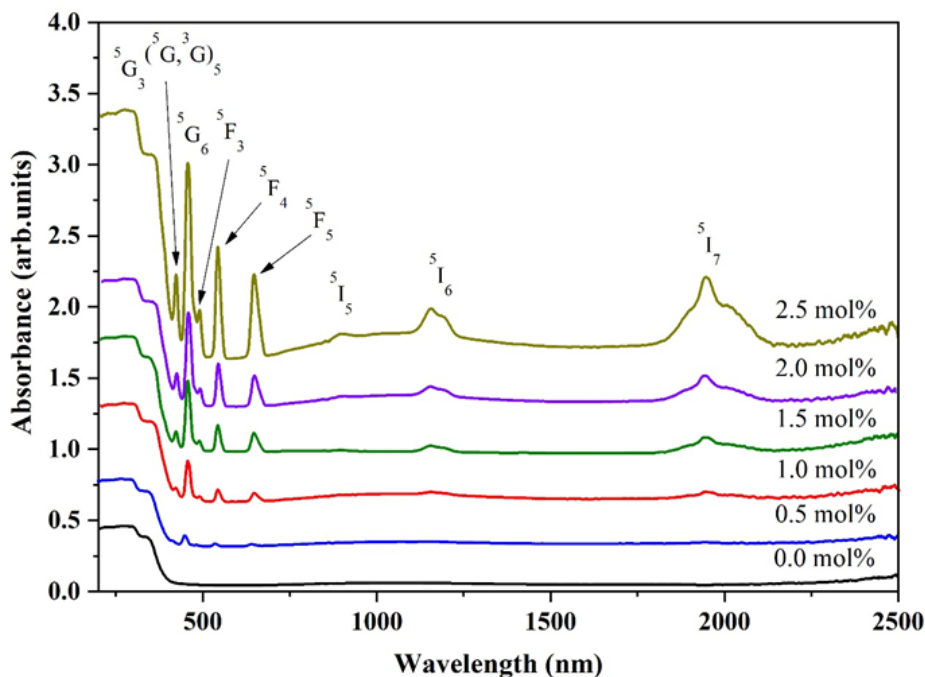
ความเข้มข้น Ho ₂ O ₃ (ร้อยละโดยโมล)	ดัชนีหักเห
0.00	1.5123 ± 0.0001
0.01	1.5175 ± 0.0001
0.02	1.5236 ± 0.0001
0.03	1.5294 ± 0.0001
0.04	1.5361 ± 0.0001
0.05	1.5416 ± 0.0001



ภาพที่ 3 ค่าความหนาแน่นและค่าปริมาตรเชิงโมลของแก้วที่เติม Ho₂O₃ ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ผลการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสง (absorption spectra)

จากการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 200 - 2500 นาโนเมตร ของแก้วตัวอย่างที่เติมออกไซด์ของ Ho₂O₃ ที่มีความเข้มข้น 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 ร้อยละโดยโมล พบว่าพีคของการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 200 - 2500 นาโนเมตร สามารถแบ่งออกเป็น 9 ช่วง คือ ช่วงความยาวคลื่นประมาณ 355, 415, 451, 486, 536, 641, 898, 1150 และ 1946 นาโนเมตร ตามลำดับ ซึ่งที่ความยาวคลื่นในช่วง 355 นาโนเมตร เป็นช่วงการดูดกลืนในช่วงอัลตราไวโอเล็ต และความยาวคลื่นในช่วง 898, 1150 และ 1946 นาโนเมตร อยู่ในช่วงอินฟราเรดใกล้ ทำให้สีของแก้วที่ไม่มีสี ส่วนที่ความยาวคลื่นในช่วงอื่น ๆ ที่กล่าวมา มีการดูดกลืนแสงม่วง น้ำเงิน เหลืองอมเขียว และแดง ทำให้สีของแก้วที่มองเห็นมีสีเหลืองอมส้มเข้มขึ้นตามความเข้มข้นของปริมาณ Ho₂O₃ ที่เพิ่มมากขึ้น โดยพีคการดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 355, 415, 451, 486, 536, 641, 898, 1150 และ 1946 นาโนเมตร เกิดจากการดูดกลืนพลังงานในสถานะพื้น (⁵I₈) ไปยังสถานะกระตุ้น ⁵G₃, (⁵G₃, ³G₅), ⁵G₆, ⁵F₃, ⁵F₄, ⁵F₅, ⁵I₅, ⁵I₆ และ ⁵I₇ ตามลำดับ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 สเปกตรัมการดูดกลืนของแก้วที่เติม Ho₂O₃ ที่ความเข้มข้นต่างๆ

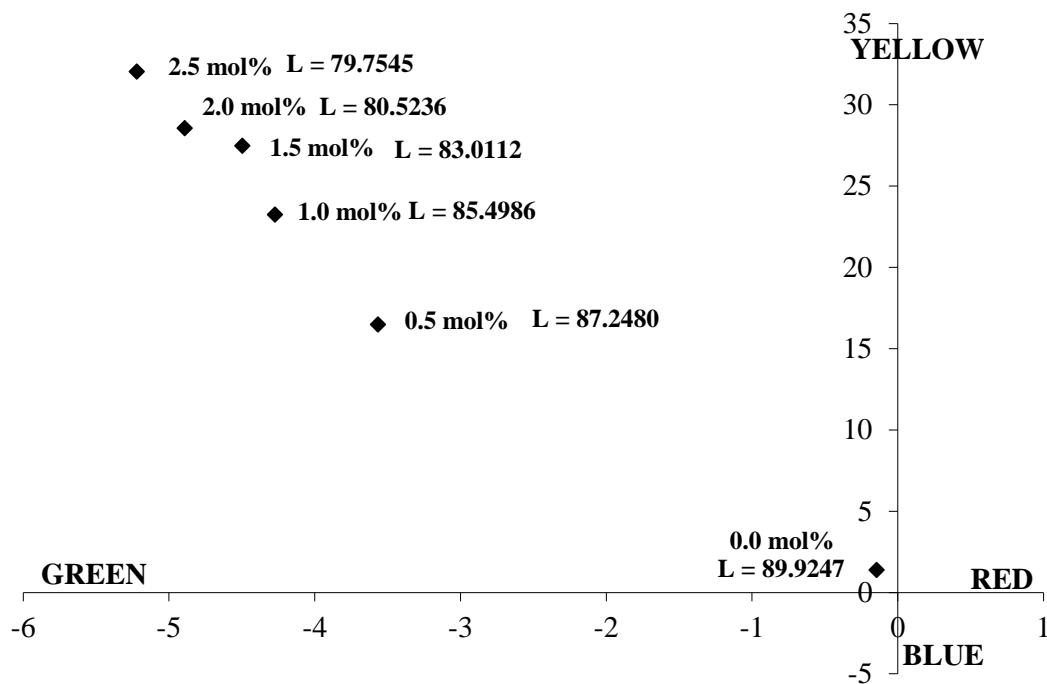


ผลการวิเคราะห์สีในระบบ CIE L*a*b*

จากการวิเคราะห์สีในระบบ CIE L*a*b* ของแก้วตัวอย่างที่เติมออกไซด์ของ Ho_2O_3 ที่มีความเข้มข้น 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 ร้อยละโดยโมล พบว่าค่าความสว่าง (L^*) ไม่ขึ้นกับปริมาณความเข้มข้นของ Ho_2O_3 ที่เพิ่มขึ้น โดยค่า a^* จะมีค่าอยู่ระหว่าง -0.1455 ถึง -3.5214 ส่วนค่า b^* จะมีค่าอยู่ระหว่าง 1.3944 ถึง 32.0402 ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยค่าสีมีพิกัดอยู่ในแกน $-a$ และ $+b$ ซึ่งเป็นพิกัดของแกนสีเหลือง และเขียว จึงทำให้แก้วตัวอย่างมีสีส้ม จะได้กราฟแสดงดังภาพที่ 5

ตารางที่ 3 ค่าสีของแก้วที่เติม Ho_2O_3 ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของ Ho_2O_3 (ร้อยละโดยโมล)	Color measurement		
	L^*	a^*	B^*
0.00	88.9247	-0.1455	1.3944
0.50	89.2480	-3.5670	16.4869
1.00	83.4986	-4.4732	23.2523
1.50	84.0112	-4.2970	27.4773
2.00	75.5236	-3.4926	28.5586
2.50	85.7545	-3.5214	32.0402



ภาพที่ 5 ค่าสีระบบ CIE L*a*b* ของแก้วที่เติม Ho_2O_3 ที่ความเข้มข้นต่างๆ

การเปรียบเทียบค่าสีของแอมบลิโกไนต์จริงในธรรมชาติกับแก้วที่พัฒนาขึ้น

จากฐานข้อมูลค่าสีของอัญมณีในธรรมชาติของ The International Gem Society (IGS) [8] พบว่าแอมบลิโกไนต์ในธรรมชาติที่มีแหล่งกำเนิดในประเทศบราซิลนั้นมีสีออกเหลืองอ่อน โดยมีค่า L^* อยู่ที่ประมาณ 95 ค่า a^* อยู่ที่ประมาณ -3.5 และ ค่า b^* อยู่ที่ประมาณ 20 ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าสีของแก้วตัวอย่างจากตารางที่ 4.3 พบว่าแก้วที่เติม Ho_2O_3 ที่ความ

เข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยโมล มีค่า L^* อยู่ที่ 89.2480 ค่า a^* อยู่ที่ -3.5670 และ ค่า b^* อยู่ที่ 16.4869 มีค่าสีที่ใกล้เคียงกับแอมบลิโกไนต์จริงในธรรมชาติ และลักษณะทางกายภาพที่ความสอดคล้องกัน

ผลการวิเคราะห์ค่าความแข็งในระบบโมห์สเกล

จากการวิเคราะห์หาค่าความแข็งของแก้วตัวอย่างที่เติมออกไซด์ของ Ho_2O_3 ที่มีความเข้มข้น 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 ร้อยละโดยโมล พบว่าค่าความแข็งของตัวอย่างแก้วมีค่าประมาณ 5.5 โมห์สเกล ซึ่งเทียบได้กับความแข็งของอะพาไทต์ และยังพบอีกว่าการเติมออกไซด์ของ Ho_2O_3 ลงในโครงสร้างแก้ว จะไม่มีผลต่อค่าความแข็งของแก้ว

4.สรุปผลการวิจัย

ในการทดลองนี้ทางผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาอัญมณีแอมบลิโกไนต์ประดิษฐ์จากแก้ว แล้วทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางแสง รวมถึงการเปรียบเทียบค่าสีของแก้วที่ได้กับค่าสีของอัญมณีแอมบลิโกไนต์จริงในธรรมชาติ ในการออกแบบสูตรแก้วผู้วิจัยเลือกที่จะใช้สาร Ho_2O_3 ในการให้สีโดยพิจารณาจากลักษณะสีทางกายภาพจากงานวิจัยที่ผ่านมาเพื่อให้เกิดสีที่ใกล้เคียงกับอัญมณีแอมบลิโกไนต์ โดยมีอัตราส่วนของสารดังนี้ $(40-x)\text{SiO}_2 \cdot 20\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 25\text{Na}_2\text{O} \cdot 15\text{CaO} \cdot x\text{Ho}_2\text{O}_3$ ร้อยละโดยโมล เมื่อ x คือ ความเข้มข้นของ Ho_2O_3 มีค่า 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 ร้อยละโดยโมล โดยให้ความร้อนอย่างต่อเนื่องจนถึงอุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำแก้วที่เย็นตัวแล้วไปขัดให้มีขนาด $1.0 \times 1.5 \times 0.3$ ลูกบาศก์เซนติเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติ ได้แก่ ค่าความหนาแน่น ค่าปริมาตรเชิงโมล ค่าดัชนีหักเห ค่าการดูดกลืนแสง ค่าสี และค่าความแข็งของแก้วตัวอย่าง พบว่าแก้วตัวอย่างที่ไม่เติมออกไซด์ของ Ho_2O_3 มีลักษณะใสไม่มีสี และเมื่อเติมออกไซด์ของ Ho_2O_3 มีลักษณะสี และมีสีส้มอ่อน ๆ ซึ่งสีดังกล่าวจะมีความเข้มมากขึ้นเมื่อทำการเพิ่มความเข้มข้นของออกไซด์ของ Ho_2O_3 มากขึ้น เมื่อทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางแสงของแก้วตัวอย่างพบว่าค่าความหนาแน่น ปริมาตรเชิงโมลและค่าดัชนีหักเห มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ Ho_2O_3 ที่เพิ่มมากขึ้น การวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 200 - 2500 นาโนเมตร สามารถแบ่งออกเป็น 9 ช่วง คือ ช่วงความยาวคลื่นประมาณ 355, 415, 451, 486, 536, 641, 898, 1150 และ 1946 นาโนเมตร ซึ่งเกิดจากการดูดกลืนพลังงานในสถานะพื้น ($^1\text{I}_0$) ไปยังสถานะกระตุ้น $^5\text{G}_3$, ($^5\text{G}, ^3\text{G}$) $_5$, $^5\text{G}_6$, $^5\text{F}_3$, $^5\text{F}_4$, $^5\text{F}_5$, $^5\text{I}_5$, $^5\text{I}_6$ และ $^5\text{I}_7$ ตามลำดับ การวิเคราะห์ค่าสีของแก้วตัวอย่างพบว่าค่าความสว่าง (L^*) ไม่ขึ้นกับปริมาณความเข้มข้นของ Ho_2O_3 ที่เพิ่มขึ้น โดยค่า a^* จะมีค่าอยู่ระหว่าง -0.1455 ถึง -3.5214 ส่วนค่า b^* จะมีค่าอยู่ระหว่าง 1.3944 ถึง 32.0402 ทั้งนี้เมื่อทำการนำค่าสีไปเปรียบเทียบกับค่าสีของแอมบลิโกไนต์จริงในธรรมชาติ พบว่าพบว่าแก้วที่เติม Ho_2O_3 ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยโมล มีค่า L^* อยู่ที่ 89.2480 ค่า a^* อยู่ที่ -3.5670 และ ค่า b^* อยู่ที่ 16.4869 มีค่าสีที่ใกล้เคียงกับแอมบลิโกไนต์จริงในธรรมชาติ และลักษณะทางกายภาพที่ความสอดคล้องกัน ในการวิเคราะห์ค่าความแข็งในระบบโมห์สเกลของแก้ว พบว่าค่าความแข็งของแก้วตัวอย่างทุกความเข้มข้นมีค่าอยู่ที่ 5.5 ซึ่งเทียบได้กับความแข็งของอะพาไทต์ และสูงกว่ากระจกที่จำหน่ายในท้องตลาด

5.กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณได้จากมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ประจำปีงบประมาณ 2566 ภายใต้โครงการวิจัยบูรณาการนักศึกษาและอาจารย์เพื่อการพัฒนาท้องถิ่นและความเป็นเลิศทางวิชาการ ปีงบประมาณ 2566



6.เอกสารอ้างอิง

- [1] Gem and Jewelry Library, (2020), **Global imitation jewelry market trends for 2020 – 2027**, Retrieved November 15, 2022, from [https://infocenter.git.or.th/business-news/business-news-20200918-1-2-3_\(In Thai\)](https://infocenter.git.or.th/business-news/business-news-20200918-1-2-3_(In Thai))
- [2] S., Kuhn, A., Herrmann and C., Russel, 2015. “**Judd-Ofelt analysis of Sm³⁺-doped lanthanum-aluminosilicate glasses**”. Journal of Luminescence, Vol 157, 390-397.
- [3] M. Reza Dousti, R.J. Amjad, R.S., Hosseinian, M. Salehi, M.R. and Sahar, 2015. “**Photoluminescence study of Sm³⁺-Yb³⁺ co-doped tellurite glass embedding silver nanoparticles**”. Journal of Luminescence, Vol 159, 100-104
- [4] I.I. Kindrat, B.V. Padlyak and A. Drzewiecki, 2015. “**Luminescence properties of the Sm-doped borate glasses**”. Journal of Luminescence, Vol 166, 264-275.
- [5] G.R., Kumar, M.C. Rao and C.S., Rao, 2018. “**Role of Mn²⁺ ions on optical and luminescent properties of LiF-Sb₂O₃-ZnO-B₂O₃-SiO₂ glasses**. Optik - International Journal for Light and Electron Optics”, Vol 170, 156–165.
- [6] U.G. Issever, G. Kilic, and E. Ilik, 2021. “**The Impact of CuO on physical, structural, optical and thermal properties of dark VPB semiconducting glasses**”, Optical Materials, Vol 116, 111084.
- [7] A. Venkata Sekhar, A.V. Kityk, J. Jedryka, P. Rakus, A. Wojciechowski, A. Siva Sessa Reddy, G. Naga Raju, and N. Veeraiah, 2021, “**Investigations on the influence CuO doping on elastic properties of Li₂SO₄-MgO-P₂O₅ glass system by means of acoustic wave propagation**”, Solid State Communications, Vol 330, 114270.
- [8] The International Gem Society (IGS), **Gemstone Color Measurements and Specifications**, Retrieved April 11, 2023, from <https://www.gemsociety.org/article/color-measurements-specification/> (In Thai)