การตรวจสอบสมบัติทางโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของอเมทิสต์ธรรมชาติ

จอนนี่ ทองแดง[1], เยาวลักษณ์ ทาริวงศ์[2,3] และ ณัฐกฤตา จันทิมา[2,3*]

[1]สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม นครปฐม 73000
[2]สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม นครปฐม 73000
[3]ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม นครปฐม 73000
*ผู้รับผิดชอบบทความ: email natthakridta@webmail.npru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาและเปรียบเทียบอเมทิสต์ธรรมชาติจากประเทศไทยและสาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมาร์ โดยทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพ ทางโครงสร้าง และองค์ประกอบทางเคมี จากผลการศึกษาความหนาแน่นของอเมทิสต์ธรรมชาติพบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 2.632±0.0083-2.638±0.0050 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ผลการศึกษารูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์สามารถยืนยันความเป็นผลึกของอเมทิสต์ทั้งสอง ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีแสดงให้เห็นว่าอเมทิสต์ส่วนใหญ่ประกอบด้วย ซิลิกอนไดออกไซด์ โซเดียมออกไซด์ และอะลูมิเนียมออกไซด์ ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบแหล่งกำเนิดของอเมทิสต์พบว่า อเมทิสต์จากประเทศไทยมีปริมาณ Fe_2O_3 สูงสุดซึ่งส่งผลให้มีสีม่วงเข้มมากกว่าอเมทิสต์จากสาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมาร์

คำสำคัญ: ไอรอนออกไซด์ แร่ควอซต์ และอเมทิสต์ธรรมชาติ

Investigation on structural and compositional properties of natural amethyst

Johnny Tongdang[1], Yaowaluk Tariwong[2,3] and Natthakridta Chanthima[2,3*]

[1]Chemistry Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University, Nakhon Pathom 73000, Thailand

[2]Physics Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University, Nakhon Pathom 73000, Thailand

[3]Center of Excellence in Glass Technology and Materials Science (CEGM), Nakhon Pathom Rajabhat University, Nakhon Pathom 73000, Thailand

*corresponding author: email natthakridta@webmail.npru.ac.th

บทคัดย่อ

In this research, a comparative study of the natural amethysts from Thailand and Myanmar. The physical, structural and compositional properties were studied. The results indicate that the density of natural amethyst is between 2.632±0.0083-2.638±0.0050 g/cm^3. The XRD diffraction patterns result can be confirmed the crystalline nature of both natural amethysts. The chemical composition analysis shows that the amethysts are mainly composed of silicon dioxide, sodium oxide and aluminium oxide, respectively. From comparing the source for amethysts, it was found that the Fe_2O_3 content in amethyst from Thailand is the highest value, which enhances the depth of purple color compared with amethyst from Myanmar.

Keywords: Iron oxide, Quartz mineral, Natural amethyst

1. บทนำ

ในปัจจุบันยังไม่มีคำจำกัดความของคำว่าอัญมณี (Gemstone) เนื่องจากอัญมณีส่วนใหญ่เป็นแร่ธาตุ (เช่น เพชร ทิบทิม และมรกต) บางชนิดเป็นหิน (เช่น ลาพิส ลาซูลี) หรือบางชนิดอยู่ในรูปของสารอินทรีย์ (เช่น มุกและอำพัน) แต่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่าอัญมณีจะต้องมีอุณสมบัติที่เหมือนกันคือมีความสวยงาม (Beauty) ความคงทน (Durability) และความหายาก (Rarity) ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้ทำให้อัญมณีมีคุณค่า (Valuable) ยังคงได้รับสนใจจากมนุษย์มาอย่างยาวนาน (Schumann, 2013: 10)

ควอตซ์ (Quartz; SiO_2) หรือมีชื่อว่า "แร่เขี้ยวหนุมาน" เป็นหนึ่งในแร่ที่มีความอุดมสมบูรณ์และพบมากที่สุดในโลก แร่ควอตซ์มีลักษณะทั้งโปร่งใส ไปจนถึงทึบแสง มีเฉดสีที่หลากหลาย และราคาไม่แพง จึงทำให้แร่ควอตซ์ถูกนำมาใช้เป็นเครื่องประดับและได้รับความสนใจมาจนถึงปัจจุบัน ควอตซ์มีองค์ประกอบหลักคือธาตุซิลิกอน (Silicon; Si) โดยเนื้อแท้ของผลึกควอตซ์บริสุทธิ์ใสไม่มีสี แต่เนื่องจากมีธาตุมลทิน (Impurities) ที่อยู่ในธรรมชาติมาผสมขณะก่อตัวเป็นผลึกจึงทำให้ควอตซ์เกิดสี และมีสีแตกต่างกันออกไป

อเมทิสต์ (Amethyst) เป็นหนึ่งในอัญมณีกลุ่มควอตซ์ที่ได้รับความนิยมและมีมูลค่าทางการค้าสูง โดยอเมทิสต์เป็นควอตซ์สีม่วงที่มีสีตั้งแต่สีม่วงอ่อนจนเกือบไร้สีจนถึงสีม่วงเข้ม สำหรับสีม่วงของอเมทิสต์นั้นเป็นผลมาจากธาตุเหล็ก (Iron; Fe) ที่เป็นธาตุมลทินแทรกในผลึกควอตซ์ อีกทั้งสีของอเมทิสต์ยังมีความสอดคล้องกับการถูกฉายรังสีแกมมา (Gamma ray irradiation) ที่อาจมาจากแร่กัมมันตภาพรังสีที่อยู่รอบข้างหรือเกิดจากการปรับปรุงคุณภาพของอัญมณี ทำให้ Fe เกิดการสูญเสียอิเล็กตรอนเกิดเป็นสารประกอบที่ให้สีม่วงในผลึก (Eduardo et at., 2013: 79-86) ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าความเข้มข้นของธาตุเหล็กที่แตกต่างกัน

ส่งผลต่อสีของอเมทิสต์ นอกจากนี้จากความซับซ้อนทางธรณีวิทยาและทางภูมิศาสตร์ของแต่ประเทศส่งผลให้อเมทิสต์ในธรรมชาติมีองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณที่แตกต่างกัน

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยสนใจศึกษาลักษณะทางโครงสร้าง และองค์ประกอบของธาตุในรูปของออกไซด์ของอเมทิสต์จากแต่ละประเทศ คือจากประเทศไทย (Thailand) และสาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมาร์ (Myanmar) เพื่อทราบถึงปริมาณของธาตุเหล็ก ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับนำไปปรับปรุงคุณภาพของอเมทิสต์ต่อไป

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

อเมทิสต์ธรรมชาติที่ใช้ในงานวิจัยมีแหล่งกำเนิดมาจากประเทศไทยและสาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมาร์ โดยตัวอย่างอเมทิสต์แสดงดังภาพที่ 1 ศึกษาความหนาแน่น (Density) ของตัวอย่างอเมทิสต์โดยใช้หลักการของอาร์คิมีดิส ด้วยเครื่องวัดความหนาแน่น รุ่น AND HR-200 ของบริษัท Dietheim ด้วยวิธีการชั่งน้ำหนักของอเมทิสต์ในอากาศและในน้ำ จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าความหนาแน่นโดยใช้สมการ

$$\rho = \frac{w_a}{w_a - w_b} \times \rho_w \qquad (1)$$

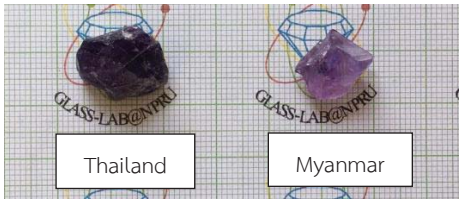
เมื่อ ρ หมายถึง ความหนาแน่นของตัวอย่าง (g/cm^3)

w_a หมายถึง น้ำหนักของตัวอย่างในอากาศ (g)

w_b หมายถึง น้ำหนักของตัวอย่างในน้ำ (g)

ρ_w หมายถึง ความหนาแน่นของน้ำ (1.000 g/cm^3)

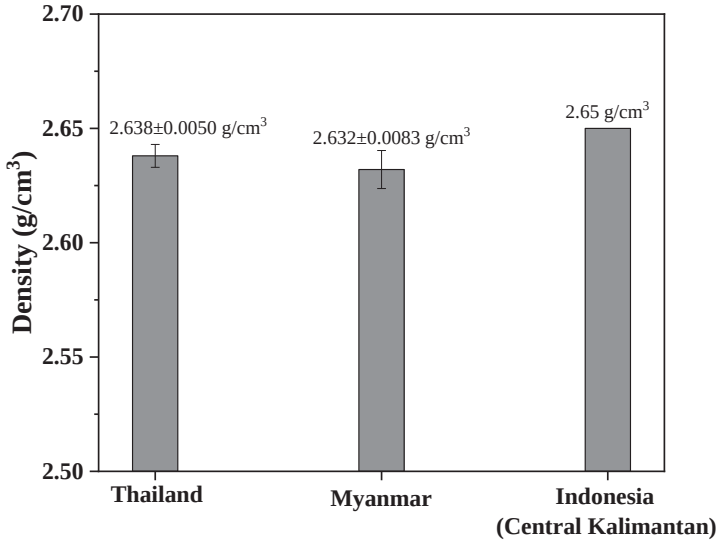
การศึกษาลักษณะทางโครงสร้างของอเมทิสต์วิเคราะห์โดยเครื่องเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (x-ray diffraction) ของบริษัท Shimadzu รุ่น Diffractometer XRD-6100 ใช้เป้าทองแดงเป็นตัวกำเนิดรังสีเอกซ์ (CuK_α radiation source operated) ใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า 30 กิโลโวลต์ (kV) และกระแสไฟฟ้า 30 มิลลิแอมป์ (mA) มุมที่ใช้ในการวิเคราะห์อยู่ระหว่าง 10-80 องศา องค์ประกอบทางเคมีของอเมทิสต์ในรูปของออกไซด์วิเคราะห์ด้วยเครื่องเอ็กซเรย์ฟลูออเรสเซนซส์เปกโตรมิเตอร์ แบบกระจายพลังงาน (Energy dispersive X-ray fluorescence spectrometer, EDXRF) บริษัท Panalytical รุ่น MiniPal-4



ภาพที่ 1 ตัวอย่างอเมทิสต์ธรรมชาติที่ใช้ในงานวิจัย

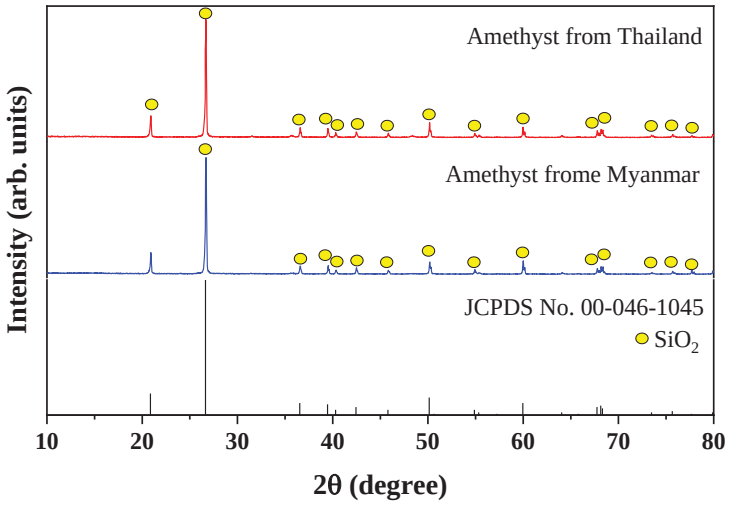
3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

จากการศึกษาความหนาแน่นของตัวอย่างอเมทิสต์ พบว่าอเมทิสต์จากประเทศไทย และสาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมาร์ มีความหนาแน่นเท่ากับ 2.638±0.0050 และ 2.632±0.0083 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (g/cm^3) ตามลำดับ เมื่อนำความหนาแน่นของอเมทิสต์ธรรมชาติจากทั้งสองแหล่งมาเปรียบเทียบกันแสดงดังภาพที่ 2 พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 2.632-2.638 g/cm^3 และจากการศึกษางานวิจัยพบว่าความหนาแน่นของอเมทิสต์ที่ใช้ในงานวิจัยมีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างอเมทิสต์งานวิจัยอื่นๆ (Komang et al., 2015: 01202; Schumann, 2013: 29)



ภาพที่ 2 ความหนาแน่นของอเมทิสต์ธรรมชาติ

รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (XRD pattern) ของอเมทิสต์จากประเทศไทย (Thailand) และสาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมาร์ (Myanmar) แสดงในภาพที่ 3 ผลการทดลองแสดงให้เห็นพีคการเลี้ยวเบนที่ชัดจนในช่วง 2θ (10–80°) โดยพีคการเลี้ยวเบนมีความเข้มของสัญญาณสูงสุดที่ 26.7° รูปแบบพีคการเลี้ยวเบนของอเมทิสต์ธรรมชาติจากทั้งสองแหล่งกำเนิดมีลักษณะที่เหมือนกัน แตกต่างกันเฉพาะความเข้มของสัญญาณเพียงเล็กน้อย ซึ่งรูปแบบการเลี้ยวเบนเหล่านี้สามารถยืนยันความเป็นผลึกของอเมทิสต์ และเมื่อนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับข้อมูลมาตรฐานที่ทำการตรวจวัดโดยองค์กร JCPDS (Joint Committee for Powder Diffraction Standards) เลขที่ 00-046-1045 พบว่าอเมทิสต์ทั้งสองประกอบด้วยเฟสซิลิกอนไดออกไซด์ (Silicon oxide; SiO_2) นอกจากนี้แสดงให้เห็นว่าอเมทิสต์เป็นแร่ในกลุ่มควอตซ์ (Quartz) ที่มีระบบผลึกแบบเฮกซะโกนอล (Hexagonal)



ภาพที่ 3 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของอเมทิสต์ธรรมชาติ

ตารางที่ 1 สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีในรูปออกไซด์ของอเมทิสต์ธรรมชาติ (เปอร์เซ็นโดยน้ำหนัก; wt%)

สารประกอบออกไซด์ (wt%)	แหล่งกำเนิดของอเมทิสต์	
	ประเทศไทย	สาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมาร์
Na_2O	0.886	1.383
MgO	0.268	0.383
Al_2O_3	0.825	1.323
SiO_2	96.813	96.659
K_2O	0.039	0.061
CaO	0.161	0.025
TiO_2	0.003	0.007
Cr_2O_3	0.027	-
MnO	0.049	0.025
Fe_2O_3	0.110	0.080
MoO_3	0.105	-
ZrO_2	-	0.041
Gd_2O_3	0.642	0.013
Bi_2O_3	0.071	-

ตัวอย่างอเมทิสต์ที่ใช้ในงานวิจัยถูกนำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่องเอ็กซเรย์ฟลูออเรสเซนซส์เปกโตร-มิเตอร์ แบบกระจายพลังงาน จากการศึกษาสัดส่วนทางเคมีของออกไซด์แต่ละชนิดที่เป็นองค์ประกอบของอเมทิสต์ธรรมชาติจากประเทศไทยและสาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมาร์ พบว่าซิลิกอนไดออกไซด์ (Silicon dioxide; SiO_2) เป็นองค์ประกอบหลักประมาณ 96.813-96.659 เปอร์เซ็นโดยน้ำหนัก (wt%) และอัตราส่วนที่รองลงมาคือ โซเดียมออกไซด์ (Sodium oxide; Na_2O) ประมาณ 0.886-1.383 wt% และอะลูมิเนียมออกไซด์ (Aluminium oxide; Al_2O_3) ประมาณ 0.825-1.323 wt% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบทางเคมีของอเมทิสต์จากประเทศไทยและสาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมาร์มีความแตกต่างกัน ซึ่งเป็นผลมาจากลักษณะทางภูมิศาสตร์ของแต่ละประเทศ จากผลการทดลองดังกล่าวสามารถยืนยันได้ว่าอเมทิสต์เป็นพลอยในตระกูลควอตซ์ (Quartz) ที่มี SiO_2 เป็นองค์ประกอบหลักและสอดคล้องกับสูตรทางเคมีคือ SiO_2 นอกจากนี้สามารถพบไอรอนออกไซด์ (Iron oxide; Fe_2O_3) เจือปนอยู่ในองค์ประกอบซึ่งส่งผลให้อเมทิสต์มีสีม่วง (Eduardo et at., 2013: 79-86; Fabricio et al., 2012: 461-466) และจากผลการทดลองพบว่าอเมทิสต์จากประเทศไทยมีปริมาณความเข้มข้นของ Fe_2O_3 ประมาณ 0.110 wt% ซึ่งทำให้มีสีม่วงที่มีความเข้มมากกว่าอเมทิสต์สาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมาร์ที่มีปริมาณของ Fe_2O_3 ประมาณ 0.080 wt% แสดงดังรูปภาพที่ 1

4. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ศึกษาและเปรียบเทียบอเมทิสต์ธรรมชาติจากแหล่งกำเนิดที่แตกต่างกัน คือ จากประเทศไทยและสาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมาร์ จากผลการศึกษาความหนาแน่นของตัวอย่างอเมทิสต์พบว่าอเมทิสต์ธรรมชาติจากทั้งสองแหล่งกำเนิดมีความหนาแน่นใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 2.632-2.638 g/cm^3 ผลการศึกษารูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์สามารถยืนยันความเป็นผลึกของอเมทิสต์ โดยพบว่าอยู่ในกลุ่มควอตซ์ที่ประกอบด้วยเฟสเฟสซิลิกอนไดออกไซด์ การศึกษาสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีพบว่า อเมทิสต์ที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วยธาตุหลักคือซิลิกอนไดออกไซด์ซึ่งมีสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 96 โดยน้ำหนัก และอัตราส่วนที่รองลงมาคือโซเดียมออกไซด์และอะลูมิเนียมออกไซด์ ตามลำดับ นอกจากนี้ผลการทดลองสามารถยืนยันได้ว่าสีม่วงของอเมทิสต์สอดคล้องกับ Fe_2O_3 ที่เจือปนอยู่ในโครงสร้าง และจากการเปรียบเทียบแหล่งกำเนิดของอเมทิสต์พบว่าอเมทิสต์จาก

ประเทศไทยมีปริมาณ Fe_2O_3 สูงสุดซึ่งส่งผลให้อเมทิสต์จากประเทศไทยมีสีม่วงเข้มมากกว่าอเมทิสต์จากสาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมาร์

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่อนุเคราะห์ให้ตัวอย่างอเมทิสต์สำหรับการศึกษา และให้ใช้เครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ผล อีกทั้งยังช่วยเหลือและสนับสนุนงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

Eduardo, H. M. N., Fernando, S. L., Manuel, H., Wander, L. V. (2013). Spectroscopic study of natural quartz samples. **Radiation Physics and Chemistry**, 90, 79-86.

Fabricio, T. R., Rosa, M. F. S., Luis, V. d. A. S., Marcus, V. G. V. (2012). Photo-Induced Dipole Relaxation Current in Natural Amethyst**. Materials Research**, 15(3), 461-466.

Komang, G. S., Lila, Y., Luqman, H., Darmaji, K., Didik K. (2015). Characterization of Central Kalimantan's Amethysts by Using X-Ray Diffraction. **Journal of Physics: Conf. Series**, 846, 012024.

Schumann, W. (2013). **Gemstones of the world.** New York: Sterling Publishing.