องค์ประกอบทางเคมีของทับทิมธรรมชาติและทับทิมสังเคราะห์

The Chemical Composition of Natural and Synthetic Rubies

ณัฐกฤตา จันทิมา[1,2*] เยาวลักษณ์ ทาริวงศ์[1,2] และจักรพงษ์ แก้วขาว[1,2]

[1]สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
[2]ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
**natthakridta@webmail.npru.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาและเปรียบเทียบทับทิมธรรมชาติจาก โมซัมบิก เมียนมาร์ เซียร์ราลีโอน และเวียดนาม กับทับทิมสังเคราะห์ โดยจากผลการศึกษาความหนาแน่นของอย่างทับทิมธรรมชาติและทับทิมสังเคราะห์มีค่าอยู่ระหว่าง 3.9357-4.0269 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตัวอย่างทับทิมถูกนำมาหาส่วนประกอบด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรมิเตอร์แบบกระจายพลังงาน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าทับทิมส่วนใหญ่ประกอบด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์ โครเมียมออกไซด์ ไอรอนออกไซด์ และไทเทเนียมออกไซด์ ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบแหล่งกำเนิดของทับทิมพบว่า ทับทิมจากเซียร์ราลีโอนมีปริมาณ Cr_2O_3 สูงสุด

คำสำคัญ: โครเมียมออกไซด์ ทับทิมธรรมชาติ ทับทิมสังเคราะห์

Abstract

In this research, a comparative study the natural rubies from Mozambique, Myanmar, Sierra Leone and Vietnam with synthetic ruby have been investigated. The results indicate that the density of natural and synthetic rubies are between 3.9357-4.0269 g/cm^3. The composition of rubies was analyzed by energy dispersive X-ray fluorescence spectrometer (EDXRF). The result show that the rubies are mainly composed of aluminium oxide, chromium oxide, iron oxide and titanium oxide respectively. From comparing the source for rubies, it was found that the Cr_2O_3 content in ruby from Sierra Leone is highest value.

Keywords: chromium oxide, natural ruby, synthetic ruby

1. บทนำ

ในปัจจุบันแร่ธรรมชาติ (Minerals) ที่มนุษย์รู้จักมีประมาณ 4000 ชนิด แต่มีเพียง 50 ชนิดเท่านั้นที่มีคุณสมบัติเป็นอัญมณี (Gems) โดยอัญมณีธรรมชาติ (Natural gems) มีความสวยงาม (Beauty) แข็ง (Hardness) ทนทาน (Durability) และหายาก (Rarity) ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้ทำให้อัญมณีมีคุณค่า (Valuable) และยังคงได้รับความสนใจจากมนุษย์มาอย่างยาวนาน (Intarasiri et al., 2016: 205) อัญมณีมีหลากหลายชนิด แต่เป็นที่รู้จักกันดีว่าโกเมน (Garnet; $Mg_3Al_2Si_3O_{12}$) เพชร (Diamond; C) ทับทิม (Ruby; Al_2O_3:Cr) และมรกต (Emerald; $Be_3Al_2Si_6O_{18}$:Cr) เป็นอัญมณีที่นิยมนำมาทำเป็นเครื่องประดับเป็นอย่างมาก (Intarasiri et al., 2016: 205, Sakthivel et al., 2017: 267)

คอรันดัม (Corundum) เป็นตระกูลพลอยที่มีคุณภาพดีที่สุดประเภทหนึ่งที่นำมาใช้ทำเป็นเครื่องประดับเพราะมีความแข็งและทนทานต่อการขีดข่วนได้เป็นอย่างดี มีองค์ประกอบหลักคือธาตุอะลูมิเนียม (Aluminium; Al) โดยเนื้อแท้ของก้อนผลึกอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ใสไม่มีสี แต่เนื่องจากมีธาตุที่อยู่ในธรรมชาติมาผสมขณะก่อตัวเป็นผลึกจึงทำให้คอรันดัมเกิดสีและมีสีแตกต่างกันออกไป (Intarasiri et al., 2016: 205, Sakthivel et al., 2017: 267, Sorokina et al., 2015: 106) เช่น ธาตุโครเมียม (Chromium; Cr) ทำให้เกิดสีแดงที่เรียกกันว่า ทับทิม (Ruby) ธาตุเหล็ก (Iron; Fe) และธาตุไทเทเนียม (Titanium; Ti) ทำให้เกิดสีน้ำเงินเรียกว่า ไพลิน (Blue sapphire) โดยแซฟไฟร์ (Sapphire) มีหลากหลายสี เช่น สีเหลือง (Yellow sapphire; บุษราคัม) สีเขียว (Green sapphire; เขียวส่อง) สีส้ม (Orange sapphire) สีชมพู (Pink sapphire) สีส้มอมชมพูหรือสีชมพูอมส้ม (Padparadscha) สีม่วง (Purple sapphire) โดยสีอื่นที่ไม่ใช่ Blue sapphire เรียกรวมกันว่า แซฟไฟร์สีต่าง ๆ (Fancy colored sapphire)

ทิมทับ (Ruby) เป็นหนึ่งในพลอยตระกูลคอรันดัมที่มีมูลค่าทางการค้าสูง โดยสีเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดมูลค่าของทับทิม ซึ่งสีของของทับทิมเกิดจากธาตุโครเมียมเข้าไปแทนที่อะลูมิเนียมในโครงสร้าง (Intarasiri et al., 2016: 205, Sakthivel et al., 2017: 267) และความเข้มข้นของธาตุที่ต่างกันส่งผลต่อความทึบความสว่างของสีในทับทิม ซึ่งพบว่าปริมาณของเหล็กและโครเมียมมีผลต่อความเข้มของสีน้ำเงินและสีแดง

นอกจากนี้จากความซับซ้อนทางธรณีวิทยาและทางภูมิศาสตร์ของแต่ประเทศส่งผลให้ทับทิมในธรรมชาติมีองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณที่แตกต่างกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยสนใจศึกษาหาองค์ประกอบของธาตุในรูปของออกไซด์ของทับทิมจากแต่ละประเทศ คือ สาธารณรัฐโมซัมบิก (Republic of Mozambique) สาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมาร์ (Republic of the Union of Myanmar) สาธารณรัฐเซียร์ราลีโอน (Republic of Sierra Leone) และสาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนาม (Socialist Republic of Vietnam) ด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรมิเตอร์แบบกระจายพลังงาน เพื่อทราบถึงปริมาณของโครเมียม ซึ่งเป็นพื้นฐานสำหรับนำไปปรับปรุงคุณภาพของทับทิม และประยุกต์ใช้งานทางเทคโนโลยี เช่น ตัวกลางเลเซอร์สีแดงต่อไป

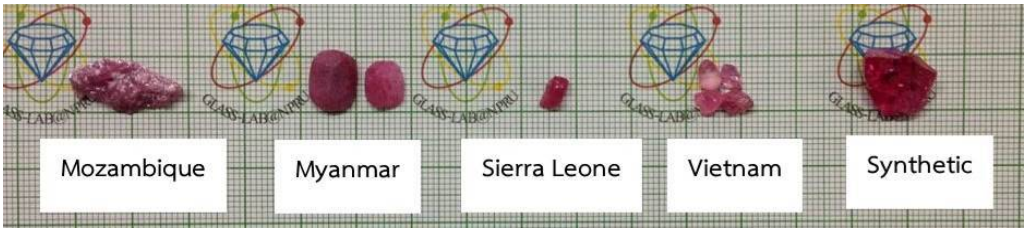
2. วิธีการดำเนินการวิจัย

ศึกษาความหนาแน่น (Density) ของตัวอย่างทับทิมโดยใช้หลักการของอาร์คิมีดิส ด้วยเครื่องวัดความหนาแน่น รุ่น AND HR- ของบริษัท 200Dietheim ด้วยวิธีการชั่งน้ำหนักของทับทิมในอากาศและในน้ำ 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 หมายถึงน้ำหนักของตัวอย่างในน้ำ (g) และ ρ_w หมายถึง ความหนาแน่นของน้ำ (1.000 g/cm^3)

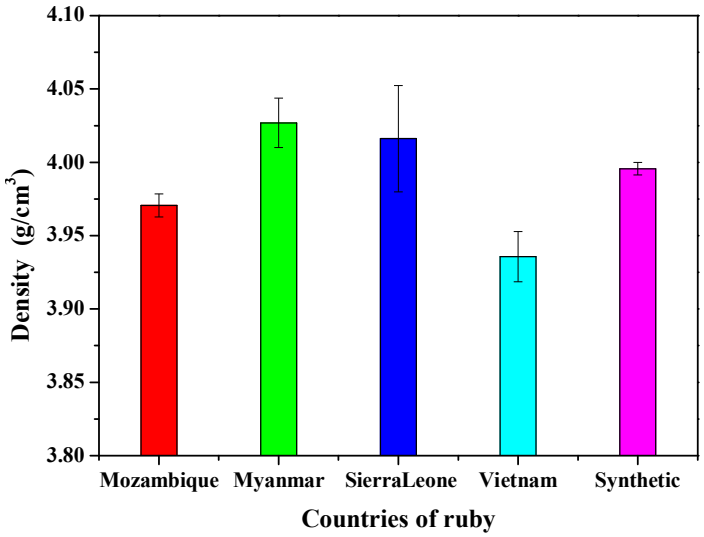
องค์ประกอบทางเคมีของทับทิมในรูปของออกไซด์ วิเคราะห์ด้วยเครื่องเอ็กซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรมิเตอร์แบบกระจายพลังงาน (Energy dispersive X-ray fluorescence spectrometer, EDXRF) บริษัท Panalytical รุ่น MiniPal-4



ภาพที่ 1 ตัวอย่างทับทิมที่ใช้ในงานวิจัย

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

จากการศึกษาความหนาแน่นของตัวอย่างทับทิม พบว่าทับทิมจากโมซัมบิก (Mozambique) เมียนมาร์ (Myanmar) เซียร์ราลีโอน (Sierra Leone) เวียดนาม (Vietnam) และทับทิมสังเคราะห์ (Synthetic) มีความหนาแน่นเท่ากับ 3.9706±0.0079, 4.0269±0.0169, 3.9756±0.0817, 3.9357±0.0171 และ 3.9956±0.0043 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (g/cm^3) ตามลำดับ เมื่อนำความหนาแน่นของทับทิมธรรมชาติและทับทิมสังเคราะห์มาเปรียบเทียบกันแสดงดังภาพที่ 2 พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 3.9357-4.0269 g/cm^3 และจากการศึกษางานวิจัยพบว่าความหนาแน่นของตัวอย่างทับทิมมีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างทับทิมงานวิจัยอื่น ๆ (Sorokina et al., 2015: 167)



ภาพที่ 2 ความหนาแน่นของตัวอย่างทับทิม

ตัวอย่างทับทิมที่ใช้ในงานวิจัยถูกนำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่องเอ็กซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรมิเตอร์แบบกระจายพลังงาน จากการศึกษาสัดส่วนทางเคมีของออกไซด์แต่ละชนิดที่เป็นองค์ประกอบของทับทิมธรรมชาติจากต่างประเทศและทับทิมสังเคราะห์ พบว่ามีองค์ประกอบของอะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) เป็นองค์ประกอบหลักประมาณ 96.1640-99.1900 และอัตราส่วนที่รองลงมาคือ โครเมียมออกไซด์ (Chromium oxide; Cr_2O_3) ประมาณ 0.3659-1.2891 ไอรอนออกไซด์ (Iron oxide; Fe_2O_3) ประมาณ 0.0250-0.7340 และไทเทเนียมออกไซด์ (Titanium oxide; TiO_2) ประมาณ 0.0290-0.6280 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า องค์ประกอบทางเคมีของ

ทับทิมจากแต่ละที่มีความแตกต่างกัน ซึ่งเป็นผลมาจากลักษณะทางภูมิศาสตร์ของแต่ละประเทศ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างทับทิมธรรมชาติและทับทิมสังเคราะห์พบว่าทับทิมสังเคราะห์มีองค์ประกอบทางเคมีน้อยกว่าทับทิมธรรมชาติ เนื่องจากการสังเคราะห์สามารถกำหนดสัดส่วนขององค์ประกอบทางเคมีได้ จากผลการทดลองดังกล่าวสามารถยืนยันได้ว่า ทับทิมเป็นพลอยในตระกูลคอรันดัมที่มี Al_2O_3 เป็นองค์ประกอบหลัก และมี Cr_2O_3 เจือปนอยู่ในปริมาณที่มากกว่า Fe_2O_3 และ TiO_2 จึงส่งผลให้ทับทิมมีสีแดง นอกจากนี้พบว่าทับทิมธรรมชาติและทับทิมสังเคราะห์มีคุณสมบัติทางกายภาพและทางโครงสร้างที่คล้ายกัน

ตารางที่ 1 สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีในรูปออกไซด์ของทับทิมธรรมชาติและทับทิมสังเคราะห์ (เปอร์เซ็นโดยน้ำหนัก; wt%)

สารประกอบออกไซด์	ทับทิมธรรมชาติ					ทับทิมสังเคราะห์	
	โมซัมบิก	เมียนมาร์	เซียร์ราลีโอน	เวียดนาม	ไทย*	งานวิจัยปัจจุบัน	ไทย*
MgO	0.2150	-	-	-	-	-	-
Al_2O_3	97.7410	96.1641	97.1848	96.2024	99.1900	97.4805	97.3200
SiO_2	-	-	-	-	-	0.7802	1.0800
P_2O_5	-	1.7523	-	2.0408	-	-	-
K_2O	-	0.0370	-	0.1012	-	-	-
CaO	0.7550	0.3735	1.0231	0.5533	0.0300	0.6141	-
TiO_2	0.0450	0.6280	0.0270	0.2200	0.0200	0.0290	0.0100
Cr_2O_3	0.4460	0.8770	1.2891	0.3659	0.2300	1.0202	1.5800
Fe_2O_3	0.7340	0.1501	0.3730	0.3510	0.5000	0.0250	0.0100
CuO	-	-	-	-	-	0.0110	-
ZnO	-	0.0030	0.0070	0.1334	0.0100	-	-
Ga_2O_3	0.0110	0.0150	0.0080	0.0320	0.0200	-	-
WO_3	0.0530	-	-	-	-	-	-
Cl	-	-	0.0880	-	-	0.0400	-

* (Juncomma et al., 2014: 104)

4. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ศึกษาและเปรียบเทียบทับทิมธรรมชาติและทับทิมสังเคราะห์ โดยทับทิมธรรมชาติมาจากแหล่งกำเนิดที่แตกต่างกัน คือ โมซัมบิก เมียนมาร์ เซียร์ราลีโอน และเวียดนาม จากการศึกษาความหนาแน่นของตัวอย่างทับทิมพบว่าทับทิมธรรมชาติและทับทิมสังเคราะห์มีความหนาแน่นใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 3.4-9357. 0269g/cm^3 จากการศึกษาสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีพบว่าทับทิมที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วยธาตุหลักคือ อะลูมิเนียมออกไซด์ซึ่งมีสัดส่วนมากกว่า 96 และอัตราส่วนที่รองลงมาคือ โครเมียมออกไซด์ ไอรอนออกไซด์ และไทเทเนียมออกไซด์ ตามลำดับ โดยจากผลการทดลองสามารถยืนยันได้ว่าสีแดงของทับทิมเกิดจาก Cr_2O_3 ที่เจือปนอยู่ในโครงสร้าง การเปรียบเทียบแหล่งกำเนิดของทับทิมพบว่าทับทิมจากเซียร์ราลีโอนมีปริมาณ Cr_2O_3 สูงสุดซึ่งอาจบ่งบอกได้ถึงคุณภาพของทับทิม แต่ต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) โครงการพัฒนานักวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) ระดับปริญญาเอกโครงการ 5912066 ที่อนุเคราะห์ให้ตัวอย่างทับทิม เครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ผล และให้การสนับสนุนในด้านต่าง ๆ ในงานวิจัยนี้

6. เอกสารอ้างอิง

Intarasiri, S., Bootkul, D., Tippawan, U., Songsiriritthigul, P., 2016, “Color improvement of rubies by ion beam technique”, **Surface & Coatings Technology**, Vol. 306, pp. 205–210.

Juncomma, U., Intarasiri, S., Bootkul, D., Tippawan, U., 2014, “Ion beam analysis of rubies and their simulants”, **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B**, Vol. 331, pp. 102–107.

Sakthivel, R., Pradhan, K.C., Nayak, B.B., Dash, T., Sahu, R.K., Mishra, B.K., 2017, “Effect of fusion mixture treatment on the surface of low grade natural ruby”, **Applied Surface Science**, Vol. 403, pp. 267–273.

Sorokina, S.E., Litvinenko, K.A., Hofmeister, W., Hager, T., Jacob, E.D., Nasriddinov, Z.Z., 2015, “Rubies and sapphires from Snezhnoe, Tajikistan”, **Gems & Gemology**, Vol. 51, pp.160-175.