

การศึกษาแก้วเติมสำหรับรอยแตกบนทับทิม  
Study of filled-Glass for Fissure Surface of Ruby

อาภากร นุ้ยพิน<sup>1</sup>, ณัฐพล ชมแสง<sup>1\*</sup>, เอกรัฐ มีชูวาศ<sup>2</sup> และ ภวุดล วรธนะชัยแสง<sup>1</sup>  
Arphakorn Nuipin<sup>1</sup>, Natthaphol Chomsaeng<sup>1\*</sup>, Ekarat Meechoowas<sup>2</sup>  
and Bhuwadol Wanthanachaisaeng<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>หน่วยวิจัยและพัฒนาวัสดุเครื่องประดับ คณะอัญมณี มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี  
<sup>2</sup>กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

บทคัดย่อ

ศึกษาแก้วเติมสำหรับรอยแตกบนทับทิมจากโมแซมบิค โดยเผาผนึกแก้วร่วมกับทับทิมด้วยเตาไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส ยีนอุณหภูมิ เป็นเวลา 1, 3 และ 5 ชั่วโมง ตรวจสอบสมบัติกายภาพการหักเหและค่าดัชนีหักเหและความถ่วงจำเพาะพลอยก่อนและหลังเผา ถ่ายภาพรอยแตกและมลทินพลอยก่อนและหลังเผาด้วยกล้องจุลทรรศน์แสง และหาการสะท้อนแสงด้วย ยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ผลการทดลองพบว่าดัชนีหักเหแสงและความถ่วงจำเพาะลดลงเนื่องจากดัชนีหักเหแสงและความถ่วงจำเพาะของแก้วต่ำกว่าทับทิม ตัวอย่างทับทิมที่มีรอยแตกถูกประสานให้มีความใสขึ้น มีความสวยงามเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์การสะท้อนแสงในช่วง 350-750 nm พบว่าการสะท้อนแสงของพลอยไม่มีการเปลี่ยนแปลงของ  $Cr^{3+}$  ซึ่งให้สีแดงกับพลอยทับทิม

คำสำคัญ : ทับทิม / แก้วเติม / ยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

Abstract

The filling-glass for fissure surface of ruby has been studied. The ruby mixed with filled-glass powder was treated in electric furnace at 1000 °C for 1, 3 and 5 hours. The physical properties of as-received and treated samples were determined reflective index (RI) and specific gravity (SG). Fissure and inclusion of all samples were observed by optical microscope. Moreover, UV-Visible spectrophotometer was used to determine the reflective index in samples. The result reveals that RI and SG of treated sample were decreased because of low RI and SG of filled-glass. The result shows that the fissure surface on ruby was filled by glass and made clear surface. Moreover, the reflection in range 350-750 nm reveal that the reflection value of was not changed in  $Cr^{3+}$  given red color.

Keywords : Ruby / filled-glass / UV-Visible spectrophotometer

---

\*Corresponding author. E-mail: natthapholc@gmail.com

## 1. บทนำ

ทับทิม (Ruby) เป็นรัตนชาติชนิดหนึ่ง จัดอยู่ในตระกูลคอรัันดัม (Corundum) มีความแข็งรองจากเพชร เป็นที่นิยมนำมาทำเป็นเครื่องประดับมาก เพราะมีสีสวยและมีความแข็งแกร่งเปล่งประกายจับตา เป็นที่นิยมมากกว่าอัญมณีสีแดงชนิดอื่นๆ ทับทิมในท้องตลาดส่วนใหญ่ผ่านการเพิ่มคุณภาพด้วยความร้อนมาแทบทั้งสิ้นจึงได้มีการปรับปรุงโดยการให้ความร้อนโดยการเติมแก้ว พบว่ามีการใช้แก้วในทับทิมมากกว่า 20 ปี แต่ส่วนใหญ่มักจะเป็นแก้วซิลิกา ต่อมา มีการเชื่อมรอยแตกด้วยการใช้ฟลักซ์และการให้ความร้อน (Shane, 2554)

การเติมแก้วลงไปในการเผาพลอย (Glass Filling) เพื่อให้แก้วเข้าไปอุดรอยแตกร้าวภายในเนื้อพลอย โดยเทคนิคที่แพร่หลายในปัจจุบันจะเป็นการเติมแก้ว-ตะกั่ว ซึ่งเรียกกันว่า พลอยเผาแก้ว-ตะกั่ว (Lead Glass Filling) และนิยมใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของพลอยทับทิม แต่การเผาแบบใส่แก้วตะกั่วนี้ ถึงแม้ว่ากรวิเคาระห์จากการสกัดตะกั่วจากแก้ว พบว่ามีปริมาณไม่มาก ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐานแต่ตะกั่วก็น่าจะมีอันตรายต่อผู้เผาพลอย และสารเคมีที่นำมาอุดนี้ ก็มีความทนทานต่อสารเคมีน้อยเช่นกัน ทำให้เวลาใช้ไปนานๆ จะทำให้พลอยมีความหมอง หรือเสียหายจากการใช้เปลวไฟในการซ่อมแซมชิ้นงาน และที่สำคัญพลอยที่นำมาเผาวิธีนี้มักจะเป็นพลอยที่มีรอยแตกจำนวนมาก จนบางครั้งเมื่อมองภายใต้กล้องจุลทรรศน์ จะเห็นเนื้อพลอยกับเนื้อของแก้วที่นำมาอุดอยู่ประมาณครึ่งต่อครึ่ง (อัมพร และคณะ, 2555) เนื่องจากที่ผ่านมาได้มีการศึกษาและวิจัยการใช้แก้วตะกั่วปริมาณต่ำ เพื่อประสานลงในรอยแตกของทับทิมมาแล้ว โดยใช้แก้วที่มีตะกั่วปริมาณต่ำ เพื่อลดปริมาณตะกั่วลง (มุขตาริพะษ, 2555) ในที่นี้ใช้ลิเทียมเป็นองค์ประกอบหลักการเติมแก้วในทับทิม โดยเลือก Glass modifiers เป็นวัสดุดิบที่เป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิการหลอมที่เราเรียกว่า ฟลักซ์ (flux) สามารถลดอุณหภูมิได้เหลือ 1200-1500 องศาเซลเซียส ฟลักซ์ที่ใช้จะช่วยเพิ่มการไหลตัวของเคลือบขณะหลอม เพิ่มความมันวาว แต่ถ้าใช้ในปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้แก้วมีความทนทานต่อสภาพอากาศและสารเคมีลดลง แก้วจะเกิดเป็นฝ้าขาวที่เรียกว่า สนิมแก้ว (เทพีพรพรรณ, 2555) สำหรับงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาความเป็นไปได้ในการเติมแก้วปราศจากตะกั่วเพื่อประสานลงในรอยแตกของทับทิม

## 2. วิธีการ

### 2.1 การเตรียมตัวอย่าง

เตรียมตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง โดยจัดหาและคัดเลือกตัวอย่างทับทิมดิบจำนวน 12 ตัวอย่าง (ดังภาพที่ 1) นำตัวอย่างไปแช่ในกรดไฮโดรฟลูออริก (HF) เพื่อทำความสะอาดคราบต่างๆ โดยผสมกรดไฮโดรฟลูออริกกับน้ำในอัตราส่วน 50:50 และแช่ตัวอย่างทิ้งไว้ 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงนำมาล้างด้วยน้ำสะอาด องค์ประกอบของแก้วตามตารางที่ 1 โดยฟลักซ์ที่ใช้จะเป็นสารประกอบลิเทียมเพื่อช่วยลดอุณหภูมิการหลอม นำผงแก้วมาผสมกับน้ำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (Vincent Pardieu, 2005) และนำตัวอย่างพลอยลงมาผสม และใส่ในเบ้าอะลูมินา จากนั้นนำไปเผาด้วยเตาไฟฟ้า ยืนอุณหภูมิที่ 1000 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1, 3 และ 5 ชั่วโมง ตามลำดับ



ภาพที่ 1 ตัวอย่างทับทิม ที่ยังไม่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของแก้วแต่ละสูตร มีดังต่อไปนี้

สูตร	องค์ประกอบทางเคมี (wt%)			
	Flux	SiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
1	70	15	5	10
2	40	30	15	15

## 2.2 การทดสอบสมบัติทางกายภาพ

ศึกษาและตรวจสอบสมบัติทางอัญมณีก่อนและหลังทำการ ด้วยกล้องจุลทรรศน์แสง (Optical Microscope) จากน้ำหนัก ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ด้วยเครื่องชั่งแบบ Hydrostatic Weighing Balance และทำการวัดค่าดัชนีหักเหของแสงของตัวอย่างทับทิมด้วย Refractometer เนื่องจากอัญมณีแต่ละชนิดจะมีค่าดัชนีหักเหของแสงเฉพาะตัว ทำการทดลองเช่นเดียวกัน ทั้งก่อนและหลังทำการเผา เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของตัวอย่าง

## 2.3 การหาลักษณะเฉพาะของตัวอย่าง

วิเคราะห์ตัวอย่างทับทิมโดยใช้เครื่อง UV-Vis-NIR Spectrophotometer ยี่ห้อ PerkinElmer รุ่น lambda 1050 โดยตั้งค่าการวัดในช่วง 350-750 nm ความเร็วในการวิเคราะห์ 600 nm/min วิเคราะห์ตัวอย่างทับทิมก่อนและหลังเผาโดยใช้เทคนิคการสะท้อนเนื่องจากทับทิมมีความทึบแสง

## 3. ผลและอภิปรายผล

### 3.1 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือพื้นฐานของตัวอย่างทับทิมที่ทำการศึกษา

ผลการทดลองเปรียบเทียบตัวอย่างทับทิมก่อนและหลังการเผา ได้แก่ ค่าดัชนีหักเหของแสงและค่าความถ่วงจำเพาะ ดังตารางที่ 2 และ 3 โดยทับทิมก่อนเผาจะมีสีแดงอมม่วงมีค่าดัชนีหักเหของแสง อยู่ในช่วง 1.74-1.79 ค่าดัชนีหักเหแสงของตัวอย่างทับทิมหลังการเผาเย็นเวลาของทั้ง 3 ของสูตรที่ 1 อยู่ในช่วง 1.64-1.68 และของสูตรที่ 2 อยู่ในช่วง 1.63-1.68 เนื่องจากค่าดัชนีหักเห ที่อยู่ในช่วง 1.53-1.56 ของแก้วปราศจากตะกั่วที่เติมลงในรอยแตกก็มีผลทำให้ค่าดัชนีหักเหของแสงลดน้อยลง สำหรับค่าความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างทับทิมก่อนเผา อยู่ในช่วง 3.91-3.97 ซึ่งค่าอยู่ในช่วงกว้างเนื่องจากพลอยที่นำมาเผานั้น มีรอยแตกค่อนข้างมากจึงทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะต่างจากทับทิมทั่วไป ภายหลังจากการเผาเย็นเวลาของทั้ง 3 กลุ่มตัวอย่าง พบว่ามีค่าความถ่วงจำเพาะที่ลดลง อยู่ในช่วง 3.62-3.85 เนื่องจากค่าความถ่วงจำเพาะของแก้วปราศจากตะกั่วมีค่า 2.33-2.39 จึงทำให้ความถ่วงจำเพาะของพลอยหลังเผาตกลงด้วย

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือพื้นฐานและลักษณะการเปลี่ยนแปลงของตัวอย่างทับทิม ก่อนและหลังทำการเผา สูตรที่ 1

ตัวอย่าง	ยีนอุณหภูมิ (ชั่วโมง)	ค่าดัชนีหักเหของแสง		ค่าความถ่วงจำเพาะ	
		ก่อนเผา	หลังเผา	ก่อนเผา	หลังเผา
1	1	1.78	1.68	3.92	3.19
2		1.77	1.64	3.93	3.73
3	3	1.78	1.67	3.93	3.43
4		1.78	1.66	3.91	3.52
5	5	1.79	1.65	3.97	3.68
6		1.77	1.67	3.94	3.79

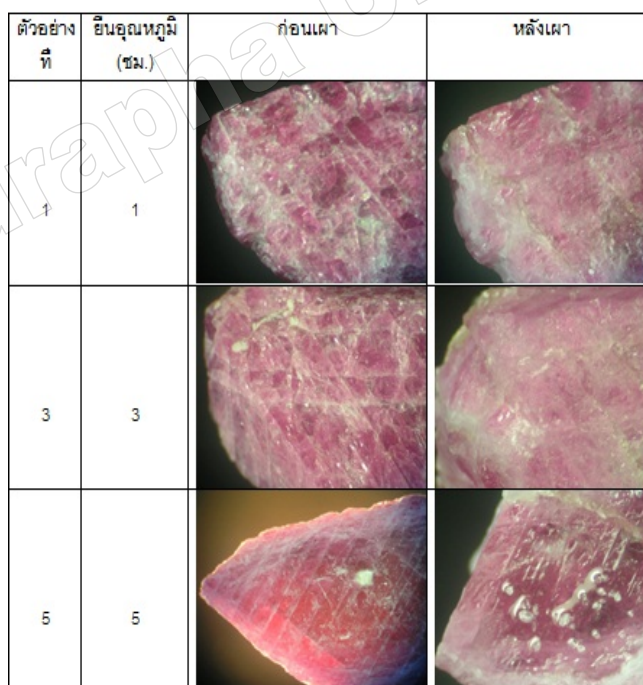
ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือพื้นฐานและลักษณะการเปลี่ยนแปลงของตัวอย่างทับทิม ก่อนและหลังทำการเผา สูตรที่ 2

ตัวอย่าง	ยีนอุณหภูมิ (ชั่วโมง)	ค่าดัชนีหักเหของแสง		ค่าความถ่วงจำเพาะ	
		ก่อนเผา	หลังเผา	ก่อนเผา	หลังเผา
7	1	1.77	1.63	3.91	3.86
8		1.78	1.67	3.95	3.76
9	3	1.79	1.68	3.96	3.62
10		1.77	1.67	3.92	3.24
11	5	1.74	1.64	3.93	3.34
12		1.76	1.64	3.97	3.76

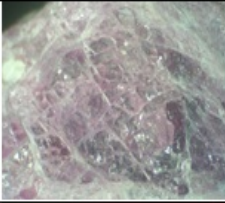
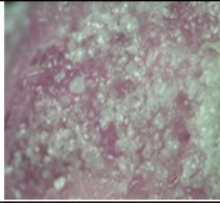


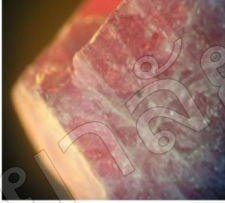

### 3.2 ภาพถ่ายภาพได้กล้องจุลทรรศน์

การถ่ายภาพตัวอย่างทับทิมภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงสามารถแสดงลักษณะความเปลี่ยนแปลงของตัวอย่างทับทิมได้อย่างชัดเจน แสดงดังตารางที่ 4 และ 5 ก่อนเผาทับทิมมีรอยแตกอยู่มาก ภายหลังจากทำการเผาทุกๆ ตัวอย่าง พบว่ารอยแตกลดลง เนื่องจากแก้วปราศจากตะกั่วได้เข้าไปแทนที่ในรอยแตก ทำให้ตัวอย่างมีความสวยงามเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามจะพบฟองอากาศบ้างในบางตัวอย่าง ดังตัวอย่างที่ 3 สูตรที่ 1 ยีนเวลา 5 ชั่วโมง นอกจากนี้ผลลัพธ์จะขึ้นอยู่กับคุณภาพของตัวอย่างทับทิมที่นำมาใช้ทำการศึกษาด้วย หากภายในเนื้อพลอยมีรอยแตกจำนวนมากจะทำให้แก้วไม่สามารถไหลตัวเข้าไปปิดรอยภายในได้ ซึ่งเป็นอีกเหตุผลที่ทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างลดลงจากอากาศถูกกักตัว ตามรอยแตกภายใน

ตารางที่ 4 ตัวอย่างภาพถ่ายภายใต้กล้องจุลทรรศน์ของตัวอย่างทับทิม ก่อนและหลังเผา สูตรที่ 1

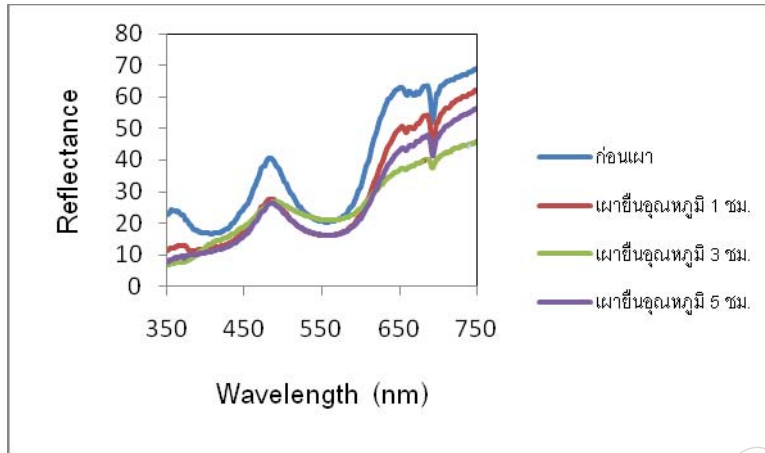


ตารางที่ 5 ตัวอย่างภาพถ่ายภายใต้กล้องจุลทรรศน์ของตัวอย่างทับทิม ก่อนและหลังเผา สูตรที่ 2

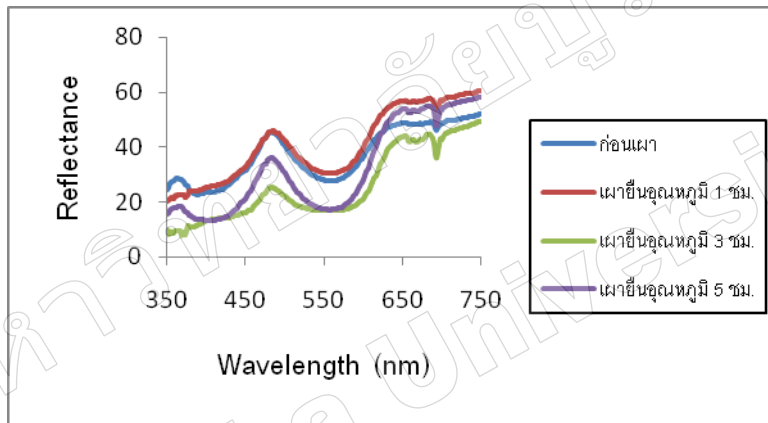
ตัวอย่างที่	ยีนอุณหภูมิ (ชม.)	ก่อนเผา	หลังเผา
7	1		
9	3		
11	5		

### 3.3 ผลการตรวจวัดการสะท้อนของตัวอย่างทับทิมด้วยเครื่องมือ UV-Vis-NIR Spectrophotometer

การวิเคราะห์การสะท้อนแสงของตัวอย่างทับทิมที่มีลักษณะโปร่งแสงด้วยเครื่อง UV-Vis-NIR Spectrophotometer เพื่อศึกษาทับทิมก่อนเผาในช่วง 350-750 nm แสดงสเปกตรัมลักษณะเดียวกันทุกตัวอย่างและเมื่อนำตัวอย่างไปเผาพร้อมกับแก้วปราศจากตะกั่วที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส โดยยีนอุณหภูมิเป็นเวลา 1, 3 และ 5 ชั่วโมง โดยพบการสะท้อนแสงของ  $\text{Cr}^{3+}$  ที่ตำแหน่ง 369, 426, 546 และ 693 nm ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของจักรพันธ์และคณะ (2555) ที่ศึกษาพลอยทับทิมจากแหล่งโมแซมบิก ภายหลังจากการเผาลักษณะของเส้นสเปกตรัมการสะท้อนแสงไม่เปลี่ยนแปลงเช่นกัน ในตำแหน่งที่ 693 nm พบว่ามีอย่างชัดเจนมากขึ้น และยังพบการสะท้อนของ  $\text{Cr}^{3+}$  ที่ตำแหน่ง 659 nm 669 nm และ 675 nm ซึ่ง  $\text{Cr}^{3+}$  เป็นธาตุให้สีแดงในทับทิม (Adolf Peretti *et al.*, 1995) ซึ่งจากภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์แสงแสดงให้เห็นพลอยหลังเผาด้วยแก้วปราศจากตะกั่วมีสีที่แดงสดมากขึ้น



ภาพที่ 2 ยูวี-วิสิเบิลสเปกตรัมเปรียบเทียบก่อนและหลังทำการเผา สูตรที่ 1



ภาพที่ 3 ยูวี-วิสิเบิลสเปกตรัมเปรียบเทียบก่อนและหลังทำการเผา สูตรที่ 2

#### 4. บทสรุป

จากการศึกษาการเผาตัวอย่างทับทิมเดิมแก้วที่ปราศจากตะกั่ว ด้วยเตาไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส โดยยีนอุณหภูมิ เป็นเวลา 1, 3 และ 5 ชั่วโมงตามลำดับ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผลการวัดค่าดัชนีหักเหของแสงของตัวอย่างทับทิมหลังการเผาของทั้ง 3 กลุ่มตัวอย่าง พบว่ามีค่าดัชนีหักเหของแสงที่ลดลงเนื่องจากค่าดัชนีหักเหของแก้วปราศจากตะกั่วต่ำกว่าพลอยทับทิม ทำให้ค่าดัชนีหักเหของแสงลดลงด้วย สำหรับค่าความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างทับทิมหลังเผาลดลงด้วยเช่นกัน เนื่องจากค่าความถ่วงจำเพาะของแก้วปราศจากตะกั่ว นั้น มีค่าต่ำกว่าพลอยจึงทำให้ความถ่วงจำเพาะของพลอยหลังเผาลดลง นอกจากนี้รอยแตกภายในจำนวนมากจะทำให้แก้วไม่สามารถไหลตัวเข้าไปปิดรอยภายในได้อากาศถูกกักไว้ทำให้ความถ่วงจำเพาะลดลง

2. รอยแตกลดลง เนื่องจากแก้วได้เข้าไปแทนที่ในรอยแตกภายนอก ทำให้ตัวอย่างมีความสวยงามเพิ่มมากขึ้น

3. ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง UV-Vis-NIR Spectrophotometer โดยใช้เทคนิคการสะท้อน เพื่อศึกษาการสะท้อนของทับทิมก่อนเผาและหลังเผา โดยพบการสะท้อนแสงของ  $Cr^{3+}$  ที่ตำแหน่ง 369, 426, 546 และ 693 nm ซึ่งเป็นพลอยทับทิมจากแหล่งโมแซมบิค โดย  $Cr^{3+}$  เป็นธาตุให้สีแดงกับทับทิมและการเผาทำให้พลอยมีสีแดงมากขึ้น สังเกตได้จากการสะท้อนแสงมากขึ้นของ  $Cr^{3+}$  ที่ 693 nm



4. จากผลการทดลองพบว่าแก้วทั้ง 2 สูตร สามารถใช้เผาพร้อมกับทับทิมได้ โดยสมบัติทางกายภาพของทับทิมหลังเผาใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามยังไม่สามารถแยกความแตกต่างด้วยการวิเคราะห์ที่ดำเนินการตามข้างต้นได้ ดังนั้นอาจต้องใช้เทคนิคทางจุลทรรศน์อิเล็กตรอนตรวจสอบต่อไป

## 5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะกรรมการ คณะกรรมการ อธิการบดี มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี สำหรับทุนวิจัยและเครื่องมือในการทดลอง และคุณสุนทร อະสมัดจุก้า สำหรับพลอยทับทิมที่ใช้ในการทดลอง

## 6. อ้างอิง

- จักรพันธ์ สุทธิรัตน์, วิลาวัลย์ อติชาติ, วิสุทธิ์ พิสุทธิธานนท์, พรสวาท วัฒนกุล, บุญทวี ศรีประเสริฐ และคณะ. (2555). แหล่งพลอยทับทิม – แซปไฟร์ในกลุ่มประเทศแอฟริกาตะวันออกและประเทศอื่นๆที่สำคัญ. สถาบันวิจัยและพัฒนาอัญมณีและเครื่องประดับแห่งชาติ
- มุขดารีพะสี ทรรศนะปัญญา. (2555). การเผาทับทิมเต็มแก้วตะกั่วดำ คณะอัญมณี มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี, ภาคนิพนธ์ วท.บ.
- เทพีวรรณ จิตรวัชรโกมล. (2555). แก้วตะกั่วกับพลอย. ศูนย์เชี่ยวชาญด้านแก้ว กรมวิทยาศาสตร์บริการ (ที่มา <http://glass.dss.go.th/publication/country/ArtC-7.pdf>)
- เสวต อินทรศิริ, อัมพร จันทร์คำมา, ดวงแข บุตรกุล, อุดมรัตน์ ทิพวรรณ และสมศรี สิงขรัตน์. (2555) การตรวจวัดปริมาณตะกั่วในพลอยทับทิม. Thailand Center of Excellence in physic (ThEP). (ที่มา [http://www.thepcenter.org/src/article\\_edu\\_t.php?article\\_edu\\_id=53](http://www.thepcenter.org/src/article_edu_t.php?article_edu_id=53))
- Adolf Peretti, Karl Schmetzer, Heinz-Jurgen, Bernhardt and Fred Mouawad, Rubies from Mong Hsu. (1995). Gems & Gemology, .22 pp.
- Shane F. McClure, Smith, Christopher P., Wuyi Wang and Hall, Matthew. (2006) Identification and Durability of Lead Glass-Filled Rubies. Gems & Gemology, 32-33
- Vincent Pardieu. (2005). Lead Glass Filled/Repaired Rubies. Asian Institute of Gemological Sciences Gem Testing Laboratory. 16 pp.