

## บทที่ 6

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### 6.1 พลอยเพทาย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการทดลองปรับปรุงคุณภาพพลอยเพทายสีน้ำตาล จากแหล่งรัตนคีรี ประเทศกัมพูชา แหล่งบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี และแหล่งบางกะจะ จังหวัดจันทบุรี ประเทศไทย และพลอยเพทายสีน้ำตาล และสีเขียว-เหลือง แหล่งรัตนปุระ ประเทศศรีลังกา โดยศึกษาสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางสเปกโตรสโคปี ของตัวอย่างพลอยเพทายก่อนเผา เปรียบเทียบกับหลังเผาที่อุณหภูมิต่างๆ โดยทำการทดลองเผาพลอยเพทายที่อุณหภูมิ 800, 900 และ 1000 °C ในสภาวะไร้ออกซิเจน (reduction) คงที่ที่อุณหภูมิสูงสุดเวลา 1 ชั่วโมง ตัวอย่างพลอยเพทายในแต่ละแหล่ง แบ่งออกเป็นกลุ่มเทียบกับชุดมาตรฐานสี (GIA GemSet Color Specimens) ของสถาบันอัญมณีแห่งอเมริกา (Gemological Institute of America; GIA)

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุองค์ประกอบสรุป ได้ว่าตัวอย่างพลอยเพทายจากแหล่งรัตนคีรี ประเทศกัมพูชา แหล่งบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี และแหล่งบางกะจะ จังหวัดจันทบุรี ประเทศไทย มีปริมาณยูเรเนียม (Uranium) และ ทอเรียม (Thorium) เพียงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับแหล่งรัตนปุระ ประเทศศรีลังกา ทั้งนี้กระบวนการ metamictization อันเนื่องมาจากโครงสร้างถูกทำลายโดยธาตุกัมมันตรังสีนี้เกิดขึ้นกับเพทายจากทั้ง 4 แหล่ง โดยมีระดับความรุนแรงที่ต่างกัน แหล่งรัตนคีรี ประเทศกัมพูชา แหล่งบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี และแหล่งบางกะจะ จังหวัดจันทบุรี ประเทศไทย มีความรุนแรงของกระบวนการ metamictization น้อย ซึ่งคาดว่าเกิดจากปริมาณธาตุกัมมันตรังสีที่มีน้อย ในทางกลับกัน เพทายจากแหล่งรัตนปุระ ประเทศศรีลังกา มีระดับของกระบวนการ metamictization ที่รุนแรง พลอยเพทายจากแหล่งนี้โครงสร้างถูกทำลายมากจนมีสภาพเป็นอสัณฐาน (amorphous)

สาเหตุของการเกิดสีน้ำตาลในตัวอย่างเพทายก่อนเผาจากแหล่งรัตนคีรี ประเทศกัมพูชา แหล่งบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี และแหล่งบางกะจะ จังหวัดจันทบุรี จะมีสีน้ำตาลถึงสีน้ำตาลอมแดงซึ่งเกิดจาก colour centre เนื่องจากมีปริมาณธาตุกัมมันตรังสีไม่มากนัก เป็นผลให้เกิดกระบวนการ metamictization ระดับต่ำ ในขณะที่เพทายจากแหล่งรัตนปุระ ประเทศศรีลังกาส่วนใหญ่มีสีเหลือง-เขียว ซึ่งเกิดจากกระบวนการ metamictization ระดับรุนแรง เนื่องจากมีปริมาณธาตุกัมมันตรังสีมากกว่า 3 แหล่งดังกล่าว

จากการทดลองเผาพลอยเพทายจากแหล่งต่างๆ ที่อุณหภูมิ 800, 900 และ 1000 °C ในสภาวะไร้ออกซิเจน (reduction) คงที่ที่อุณหภูมิสูงสุด 1 ชั่วโมง สามารถสรุปได้ว่าเพทายสีน้ำตาลจากแหล่งรัตนคีรี ประเทศกัมพูชา และแหล่งบางกะจะ จังหวัดจันทบุรี ประเทศไทย เปลี่ยนเป็นสีฟ้าชัดเจนที่อุณหภูมิ 1000 °C ซึ่งพลอยเพทายกลุ่มสีน้ำตาลเข้มจะเปลี่ยนเป็นสีฟ้าเข้มกว่ากลุ่มสีน้ำตาลอ่อนหรือสีน้ำตาลปานกลาง ส่วนเพทายจากแหล่งรัตนปุระ ประเทศศรีลังกา ส่วน

ใหญ่มีสีเหลือง-เขียว หลังเผาที่อุณหภูมิ 1000 °C มีสีจางลงถึงไม่มีสี มีเพียงบางตัวอย่างที่ปรากฏเป็นสีฟ้าอ่อน เช่นเดียวกับเพทายจากแหล่งบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี ประเทศไทย

สีฟ้าของเพทายหลังการเผาสาเหตุเนื่องจาก  $U^{4+}$  ในโครงสร้างผลึก ขั้นตอนการเปลี่ยนสีของเพทายเกิดจากการที่มี  $U^{5+}$  เป็นองค์ประกอบอยู่ในเพทาย เมื่อทำการเผา จะเป็นการขยาย lattice ของผลึก และเมื่อเผาในสภาวะ reduction จนถึงอุณหภูมิ 900 °C  $U^{5+}$  บางส่วนแปรสภาพเป็น  $U^{4+}$  ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่า แต่สามารถอยู่ในโครงสร้างได้เนื่องจากการขยายตัวของ lattice ทำให้  $U^{4+}$  สามารถเข้าไปอยู่ใน lattice ของผลึก จึงเป็นสาเหตุให้มีการดูดกลืนแสงส่งผลให้เพทายเปลี่ยนเป็นสีฟ้า

จากการวิจัยสรุปได้ว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สามารถปรับปรุงคุณภาพพลอยเพทายสีน้ำตาลจากแหล่งรัตนคีรี ประเทศกัมพูชา และแหล่งบางกะจะ จังหวัดจันทบุรี ประเทศไทย คือการเผาที่อุณหภูมิ 1000 °C ในสภาวะ reduction เวลา 1 ชั่วโมง แต่จากการวิจัยครั้งนี้มีเพียงการควบคุมอุณหภูมิสูงสุดเท่านั้น ยังไม่ได้มีการทดลองควบคุมเวลาในการเผาซึ่งเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่น่าสนใจศึกษาในขั้นต่อไป เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของสีที่เกิดขึ้นเมื่อเวลาต่างกัน

## 6.2 พลอยสปิเนล

การทดลองปรับปรุงคุณภาพพลอยสปิเนลโทนสีแดง-ชมพู จากแหล่งลูกเขน ประเทศเวียดนาม และพลอยสปิเนลสีน้ำเงิน จากแหล่งรัตนปุระ ประเทศศรีลังกา ในสภาวะที่มีออกซิเจน (oxidation) ที่อุณหภูมิ 400, 500 และ 600 °C คงที่ที่อุณหภูมิสูงสุดเวลา 1 ชั่วโมง ตัวอย่างพลอยสปิเนลในทั้งสองแหล่ง แบ่งออกเป็นกลุ่มเทียบกับชุดมาตรฐานสี (GIA GemSet Color Specimens) ของสถาบันอัญมณีแห่งอเมริกา (Gemological Institute of America; GIA)

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุองค์ประกอบ และการดูดกลืนช่วงคลื่น UV-Visible ศึกษาโดยเครื่องมือ UV-Vis-NIR Spectrophotometer สรุปได้ว่าตัวอย่างพลอยสปิเนลจากแหล่งลูกเขน ประเทศเวียดนามโทนสีแดง-ชมพู มีธาตุโครเมียม (Cr) เป็นสาเหตุของการเกิดสี แต่ไม่มีความแตกต่างของปริมาณโครเมียมในแต่ละกลุ่มสีมากนัก ยกเว้นในกลุ่มสีแดงซึ่งมีปริมาณโครเมียมสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ส่วนพลอยสปิเนลสีน้ำเงินจากแหล่งรัตนปุระ ประเทศศรีลังกา มีการดูดกลืนช่วงคลื่นแสง UV-Vis ของเหล็ก ( $Fe^{2+}$ ) และโคบอลต์ ( $Co^{2+}$ ) ที่เป็นสาเหตุการเกิดสีน้ำเงิน

การทดลองเผาพลอยสปิเนลที่อุณหภูมิ 400, 500 และ 600 °C ยังไม่ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงของสีในพลอยสปิเนลชัดเจน เพียงแต่มีผลให้พลอยใสขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาในการวิจัยครั้งนี้ต่ำกว่าอุณหภูมิที่โครงสร้างของพลอยสปิเนลจะเปลี่ยนจาก normal spinel เป็น reverse spinel ดังนั้นการวิจัยในขั้นต่อไปจึงควรมีการศึกษาวิจัยการปรับปรุงคุณภาพพลอยสปิเนลที่อุณหภูมิสูงกว่า 800 °C ที่โครงสร้างของพลอยสปิเนลจะมีการเปลี่ยนแปลง เพื่อศึกษาความเปลี่ยนแปลงของสีเมื่อเผาที่อุณหภูมิสูง