



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการการพัฒนาสถานะการเผาไหม้

โดย รศ.ดร.สุชาติหทัย ศิริไพศาลพิพัฒน์และคณะ

กรกฎาคม 2543

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การพัฒนาสภาวะของการเผาไหม้

คณะผู้วิจัย

รศ.ดร.สุธาทิพย์	ศิริไพศาลพัฒน์
ผศ.ดร.สุดจิต	สงวนเรือง
ผศ.ดร.นัทธมน	คุณแสง

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชุดโครงการ การพัฒนาอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	1
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	2
บทนำ	3
วัตถุประสงค์	5
ขอบเขตการวิจัย	6
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	7
ผลการทดลอง	14
- การเผา	14
- การศึกษาลักษณะทางแสง ค่าดัชนีหักเห ค่าความถ่วงจำเพาะ และค่าการเรืองแสง	16
- การศึกษา EDXRF สเปกตรัม	16
- การศึกษา UV-VIS-NIR สเปกตรัม	19
- การศึกษา FTIR สเปกตรัม	23
สรุปผลและวิจารณ์	28
ข้อเสนอแนะ	29
เอกสารอ้างอิง	33
ภาคผนวก 1 ลักษณะทับทิมมองซูก่อนและหลังเผา	34
ภาคผนวก 2 ค่าดัชนีหักเห ค่าโพเรฟริเจนซ์ ค่าความถ่วงจำเพาะ และการเรืองแสง ของทับทิมมองซูก่อนและหลังเผา	55
ภาคผนวก 3 เปรียบเทียบธาตุองค์ประกอบในทับทิมมองซูก่อนและหลังเผา	73
ภาคผนวก 4 เปรียบเทียบการดูดกลืนแสงในช่วง UV-VIS-NIR ของทับทิมมองซูก่อนและหลังเผา	97
ภาคผนวก 5 เปรียบเทียบการดูดกลืนแสงในช่วง Infrared ของทับทิมมองซูก่อนและหลังเผา	141
ภาคผนวก 6 ตัวอย่างรูปทับทิมมองซูก่อนเผา ทับทิมมองซูก่อนหลังเผา และทับทิมมองซูก่อนที่เจียรไนแล้ว	209
คำขอบคุณ	212
ประวัติผู้วิจัย	213

สารบัญ (ต่อ)

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1	ตัวอย่างเทคนิคขั้นสูงที่ใช้ในการศึกษาแร่และพลอย	4
ตารางที่ 2	รหัสการเผาหัตถ์เพื่อศึกษาอุณหภูมิการเผา ในบรรยากาศแบบมีออกซิเจนมาก	8
ตารางที่ 3	รหัสการเผาหัตถ์เพื่อศึกษาอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ ในบรรยากาศแบบมีออกซิเจนมาก	9
ตารางที่ 4	รหัสการเผาหัตถ์เพื่อศึกษาเวลาแช่ ในบรรยากาศแบบมีออกซิเจนมาก	9
ตารางที่ 5	รหัสการเผาหัตถ์เพื่อศึกษาอัตราการลดอุณหภูมิ ในบรรยากาศแบบมีออกซิเจนมาก	9
ตารางที่ 6	รหัสการเผาหัตถ์เพื่อศึกษาอุณหภูมิการเผา ในบรรยากาศแบบมีออกซิเจนน้อย	10
ตารางที่ 7	รหัสการเผาหัตถ์เพื่อศึกษาเวลาแช่ ในบรรยากาศแบบมีออกซิเจนน้อย	11
ตารางที่ 8	รหัสการเผาหัตถ์แบบผสม	12
ตารางที่ 9	รหัสการเผาหัตถ์โดยใส่ผงคาร์บอน น้ำตาลทราย และสารเติมแต่งที่ได้จากผู้ประกอบการ	13
ตารางที่ 10	ช่วงปริมาณของธาตุที่พบในหัตถ์มอซงู	17
ตารางที่ 11	ตัวอย่างข้อมูลเปรียบเทียบปริมาณธาตุ (%) เมื่อวางหัตถ์ในตำแหน่งที่ต่างกัน	18

สารบัญภาพ

รูปที่ 1	UV-VIS-NIR สเปกตรัมของหัตถ์มอซงู	20-22
รูปที่ 2	Infrared สเปกตรัมของหัตถ์มอซงู	24-25
รูปที่ 3	ลักษณะสีกลางสีน้ำเงินภายในหัตถ์หลังเผาที่อุณหภูมิต่าง ๆ	30
รูปที่ 4	สารสีขาวที่เกิดขึ้นบนหัตถ์ ตามรอยแตกและขอบของหัตถ์หลังการเผา ในบรรยากาศแบบมีออกซิเจนมากและมีออกซิเจนน้อย	31
รูปที่ 5	ลักษณะหัตถ์ก่อนเผา หัตถ์ที่เผาโดยใส่สารเติมแต่งและไม่ใส่สารเติมแต่ง	32

การพัฒนาสภาวะการเผาทับทิม

Development of Heating Condition of Ruby

บทคัดย่อ

ได้ศึกษาวิจัยการปรับปรุงคุณภาพทับทิมจากแหล่งมอซุมแบบไมล์สารเติมแต่งใดๆ เตาเผาที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นเตาเผาอุณหภูมิสูงแบบปรับสภาพบรรยากาศภายในเตาได้ ทดลองศึกษาอุณหภูมิการเผาในช่วง $900-1700^{\circ}\text{C}$ อัตราการเพิ่มอุณหภูมิในช่วง $260-650^{\circ}\text{C/ชม.}$ อัตราการลดอุณหภูมิในช่วง $66-800^{\circ}\text{C/ชม.}$ ระยะเวลาแช่พลอยในช่วง 0.5-60 ชม. ทำการศึกษาสภาวะการเผาแบบมีออกซิเจนมาก (อากาศ) จำนวน 20 สภาวะ และแบบสภาวะออกซิเจนน้อย 57 สภาวะ โดยใช้ทับทิมดิบจำนวน 230 เม็ด ทับทิมทุกเม็ดมีขนาดต่ำกว่า 1 กะรัต ผลจากการศึกษาพบว่าตัวแปรสำคัญที่ทำให้ได้กลางสีน้ำเงินภายในลดลงคือ อุณหภูมิสูงสุดในการเผาและระยะเวลาในการแช่พลอย ณ.อุณหภูมิสูงสุด พบว่าอัตราการเพิ่มและอัตราการลดอุณหภูมิไม่มีผลต่อการเผาพลอยที่อุณหภูมิสูงประมาณ $1600-1700^{\circ}\text{C}$ ได้กลางสีน้ำเงินภายในลดลงมากกว่าเผาที่อุณหภูมิต่ำ ส่วนเวลาในการแช่พลอยเพื่อไล่แกนสีน้ำเงินขึ้นอยู่กับลักษณะไล่แกนสีน้ำเงิน ถ้าแกนสีน้ำเงินเข้มมากแสงไม่ผ่าน จะใช้เวลาแช่นานกว่าแกนสีน้ำเงินที่เข้มน้อยและแสงผ่าน ปริมาณหมอกและของแข็งสีขาวที่เกิดขึ้นภายในทับทิมขึ้นอยู่กับคุณภาพของทับทิมดิบ ทับทิมที่มีรอยแตกมาก เมื่อเผาแล้วจะได้ทับทิมที่ทึบ ในทับทิมที่เผาแล้วบริเวณส่วนใหญ่มีสีม่วงแดงและมีสีส้มในบางพื้นที่ ปริมาณของของแข็งสีขาวลดลงเมื่อเผาในบรรยากาศแบบมีออกซิเจนน้อย จากหลักฐานทางอินฟราเรดสเปกตรัมสารสีขาวนี้น่าจะเป็นอลูมิเนียมออกไซด์ที่เกิดจากการสลายตัวของไดอะลอปอร์ซึ่งเป็นมลทินภายในทับทิมมอซุม ลักษณะทางแสง ความถ่วงจำเพาะ และธาตุองค์ประกอบของทับทิมก่อนและหลังเผาไม่มีความแตกต่างกันมากนัก ส่วน UV-VIS-NIR สเปกตรัมมีการเปลี่ยนแปลงบ้างเล็กน้อย

Abstract

The heating conditions of Mong Hsu ruby without adding any additives were determined. The furnace used in this study is high temperature electric furnace that allowed gas flushing. The heating temperatures of 900 to 1700 °C, rate of increasing temperature of 260-650 °C/hr., rate of decreasing temperature of 66-800 °C/hr. and soaking time of 0.5-60 hr. were studied. Twenty conditions under high oxygen atmosphere (air) and 57 conditions under low oxygen atmosphere were performed using 230 ruby samples of less than one carat size. It was found that the main parameters affecting the decrease of the blue core are the highest heating temperature and soaking time. Additionally, the rate of increasing and decreasing temperature showed no observable effect on heat treatment. At high temperature, 1600-1700 °C, the blue core of stones decrease greatly compared to that at lower temperature. Noticeably, the variation of soaking time depended on color intensity and transparency of the blue core. High intensity and low transparency of blue core needed more soaking time. The amount of cloud inside the stones and white solid on its edge depended on the quality of unheated ruby. Ruby with many crack areas had low transparency when heated. After heated, most of the rubies are purplish red, some of them show orange area. Less amount of white solid was observed when heating in low oxygen atmosphere. The infrared spectra showed that the white solid might be aluminium oxide which is a product of decomposition of diaspore inclusion in the stones. Optic characters, specific gravity and elemental composition in ruby before and after heated were compared, showing no significant difference. The UV-VIS-NIR spectra of heated and unheated ruby showed a slight difference.

บทนำ

ทับทิมที่นำมาใช้ทำเครื่องประดับส่วนใหญ่เป็นทับทิมที่ได้ผ่านกระบวนการปรุงแต่ง หรือปรับปรุงคุณภาพมาแล้วทำให้มีความสวยงามมากขึ้น การปรุงแต่งที่นิยมทำกันมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันคือการเผาที่อุณหภูมิสูงเพื่อให้ทับทิมมีสีเข้มสวยขึ้นและมีเนื้อใสมยิ่งขึ้น ได้มีการศึกษาการเผาทับทิมจากแหล่งต่างๆ เช่น แหล่งจากพม่า ศรีลังกา ทานซาเนีย อินเดียและไทย ภายใต้สภาวะบรรยากาศแบบออกซิเดชัน อุณหภูมิการเผาทำในช่วง 1050-1800 °C และเวลาในการแช่พลอย ณ อุณหภูมิการเผาอยู่ในช่วง 0.5-4 ชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะภายในและแหล่งของทับทิมที่นำมาเผา และในบางครั้งทับทิมจากแหล่งเดียวกันต้องเผาด้วยกระบวนการเผาที่แตกต่างกัน (Themelis 1992) ความสำเร็จในการเผาเป็นความพยายามทดลองของแต่ละบุคคลจึงมักถูกเก็บเป็นความลับ

ทับทิมมอญมีแหล่งกำเนิดในประเทศพม่าซึ่งเป็นแหล่งล่าสุดที่ค้นพบ ได้มีการศึกษาทับทิมมอญตั้งแต่ปี ค.ศ. 1991 จนถึงปัจจุบันเกี่ยวกับสภาพแหล่งกำเนิด ลักษณะทางแสง สมบัติทางกายภาพและสเปกตรัมของทับทิมก่อนเผาและหลังเผา แต่ไม่มีการรายงานถึงอุณหภูมิ และสภาวะที่เหมาะสมในการเผาอย่างชัดเจน

ลักษณะเด่นของทับทิมมอญคือภายในเม็ดทับทิมมีไส้กลางสีน้ำเงินเข้ม และมีรอยแตกค่อนข้างมาก การเผาทับทิมมอญจึงมีวัตถุประสงค์ไล่แกนสีน้ำเงินเข้มให้หายไปพร้อมทั้งลดรอยแตกด้วย คนไทยนับว่าเป็นชาติที่มีฝีมือในการเผาพลอยได้สวยงามไม่ด้อยไปกว่าประเทศใดๆในโลก ในการเผาทับทิมมอญผู้เผามักใส่สารอื่นลงไปด้วยเพื่อปกปิดรูและรอยแตก รวมทั้งช่วยทำให้ทับทิมสวยขึ้น ปัจจุบันมีการเผาทับทิมมอญกันอย่างแพร่หลายทั้งในท้องปฏิบัติการและโดยชาวบ้าน แต่ไม่มีรายงานกระบวนการเผาที่แน่นอนและชัดเจน มีผู้ประกอบการหลายรายประสบผลสำเร็จในการเผาทับทิมมอญโดยการเติมสารเคมีลงไป แต่เมื่อส่งไปขายต่างประเทศกลับถูกส่งกลับคืน เพราะผู้ซื้อตรวจสอบพบสารเคมีในเนื้อพลอยทำให้ประเทศไทยถูกลดความน่าเชื่อถือซึ่งส่งผลเสียต่อประเทศ งานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาการเผาทับทิมโดยไม่มีการเติมสารใดๆในการเผา ปัญหาของการเผาทับทิมมอญ คือการได้ของแข็งสีขาวเกาะอยู่หรือแทรกตามรอยแตก บางครั้งเกิดเป็นสารสีขาวภายในทับทิมทำให้ทับทิมขุนเหมือนมีหมอกอยู่ภายใน แสงไม่สามารถผ่านเนื้อพลอยได้ บางครั้งนำไปเจียรนัยทำเป็นเครื่องประดับไม่ได้

ในปัจจุบันห้องปฏิบัติการอัญมณีวิทยา (gemological laboratories) ในประเทศที่พัฒนาแล้วจะใช้เครื่องมือทางอัญมณีวิทยา (gemological instruments) และใช้เทคนิคขั้นสูงเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการ ตัวอย่างเทคนิคทางวิทยาศาสตร์ที่มีบทบาทในการศึกษาและให้ความรู้ต่างๆเพื่อนำไปสู่ความเข้าใจในปัญหาเหล่านี้ และใช้กันอย่างแพร่หลายได้สรุปไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างเทคนิคขั้นสูงที่ใช้ในการศึกษาแร่และพลอย

เทคนิค	ชื่อย่อ	ข้อมูลที่ได้
Energy Dispersive X-ray Fluorescence Spectroscopy	EDXRF	ธาตุและองค์ประกอบต่างๆ
Ultraviolet/Visible/Near Infrared Spectroscopy	UV/VIS/NIR	การดูดกลืนแสงของสารให้สี
Fourier Transform Infrared Spectroscopy	FTIR	หมู่ฟังก์ชันในสารประกอบ
Microscope Raman Spectroscopy	Raman	มลทินในพลอย

การศึกษาโดยอาศัยเทคนิคทางวิทยาศาสตร์เหล่านี้ต้องการความรู้พื้นฐานของเทคนิคนั้นๆ และเครื่องมือเหล่านี้มีราคาสูง จึงเป็นการไม่สะดวกนักที่ฝ่ายเอกชนจะดำเนินการโดยลำพัง มหาวิทยาลัยบางแห่งมีเครื่องมือวิทยาศาสตร์เหล่านี้อยู่บ้างและนักวิจัยในมหาวิทยาลัยก็ได้ใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์เหล่านี้อยู่แล้ว ดังนั้นจึงควรมีบทบาทในการศึกษาปัญหาต่างๆ เหล่านี้

การเปลี่ยนแปลงภายในพลอยหลังการเผาเป็นกระบวนการทางเคมีและฟิสิกส์ การใช้ความรู้ความเข้าใจทางด้านวิทยาศาสตร์ น่าจะช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเผาได้ เช่นถ้าทราบว่าสารสีชาที่เกิดขึ้นในการเผาทับทิมมองซูเป็นอะไร เกิดขึ้นได้อย่างไร วิธีการแก้ปัญหานี้น่าจะดีขึ้น

วัตถุประสงค์

- ก) เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเผาทับทิมมونغู
- ข) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ ทางแสงและทางเคมีของทับทิมเมื่อได้รับความร้อน

ขอบเขตการวิจัย

1. อัญมณีที่เลือกใช้ในการวิจัยนี้คือ ทับทิมจากแหล่งมอญู (Mong Hsu Ruby) ประเทศพม่า เพราะพบเป็นจำนวนมากและยังมีปัญหาที่ต้องแก้ไขเกี่ยวกับการเผาอีกมาก จากรายงานและการบอกเล่ายังไม่มีผู้ใดสามารถเพิ่มคุณภาพโดยไม่ใส่สารเติมแต่งใดๆในกระบวนการเผา ในงานวิจัยนี้จะทำการทดลองโดยไม่ใส่สารเติมแต่ง และจะทำการทดลองเผาโดยใส่สารเติมแต่งตามคำบอกเล่าจากผู้เผาเปรียบเทียบกัน
2. เตาไฟฟ้าที่ใช้ในการเผาทับทิมมอญูในรายงานวิจัยนี้พัฒนาจากผลงานการวิจัยของ รศ.ดร. พิเชษฐ์ ลิ้มสุวรรณ ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เป็นแบบ Bottom load ปรับอุณหภูมิสูงสุดได้ 1800°C ควบคุมอัตราการเพิ่มลดอุณหภูมิได้และยังสามารถผ่านแก๊สเพื่อปรับสภาพบรรยากาศในเตาได้
3. การปรับสภาพบรรยากาศภายในเตาเผาในการวิจัยนี้มี 2 สภาวะคือ สภาวะออกซิเดชัน (สภาพบรรยากาศปกติมีออกซิเจนประมาณ 21%) และสภาวะที่มีออกซิเจนน้อยมาก
4. ตัวแปรที่ศึกษาในสภาพบรรยากาศข้อ 3 ในงานวิจัยนี้มี 4 ตัวแปรคือ
 - 4.1 อัตราการเพิ่มอุณหภูมิจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการเผาทับทิม
 - 4.2 อุณหภูมิสูงสุดในการเผา
 - 4.3 ระยะเวลาที่แช่ทับทิมที่อุณหภูมิสูงสุดของการเผา
 - 4.4 อัตราการลดอุณหภูมิใน ข้อ 4.3 จนถึงอุณหภูมิต่ำ
 นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมเช่นการนำพลอยออกจากเตาขณะอุณหภูมิสูง (shock)
5. อธิบายและเชื่อมโยงข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของทับทิมก่อนและหลังเผา เช่นการเกิดสีชาว การเปลี่ยนสีของทับทิม ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการคัดเลือกลักษณะของทับทิมและการเลือกสภาวะที่ใช้ในการเผาได้อย่างถูกต้องและลดการสูญเสียให้น้อยที่สุด

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1 ขั้นตอนการวิจัย

- 1.1 ตั้งรหัสที่ใช้เรียกสภาพการเผาโดยใช้สภาพบรรยากาศในเตาเป็นเกณฑ์ดังนี้
 - การเผาทับทิมภายใต้บรรยากาศแบบมีออกซิเจนมาก ใช้รหัส EHO
 - การเผาทับทิมภายใต้บรรยากาศแบบมีออกซิเจนน้อย ใช้รหัส ELO
- 1.2 คัดเลือกทับทิมที่มีลักษณะคล้ายกันเช่นลักษณะไส้กลาง หรือสีคล้ายกันให้อยู่ กลุ่มเดียวกัน ตั้งรหัสทับทิมแต่ละเม็ดในกลุ่ม ทับทิมดิบที่ใช้ในการทดลองมีน้ำหนักต่ำกว่า 1 กระรัต
- 1.3 เตรียมทับทิมสำหรับบันทึกลักษณะทางแสง และบันทึกสเปกตรัม โดยขัดทับทิมด้านกว้าง 2 ด้าน ให้เรียบเพื่อให้แสงทะลุผ่านได้
- 1.4 บันทึกลักษณะทางแสง ค่าดัชนีหักเห ความถ่วงจำเพาะ และการเรืองแสง บันทึกสเปกตรัมต่างๆ ได้แก่ EDXRF, UV/VIS/NIR และ FTIR
- 1.5 เผาทับทิมที่ได้บันทึกข้อมูลในข้อ 1.4 แล้วเผาตามสภาวะที่กำหนดไว้ ดังตารางที่ 1-9
- 1.6 นำทับทิมที่เผาแล้วในข้อ 1.5 ไปบันทึกข้อมูลเหมือนข้อ 1.4
- 1.7 ศึกษาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ข้อมูลของทับทิมก่อนและหลังเผา

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. บันทึกลักษณะทางแสงด้วยเครื่องมือโพลาไรสโคป GIA
2. บันทึกค่าดัชนีหักเห ด้วยเครื่องรีแฟรกโตมิเตอร์ Rayner DIALEX
3. บันทึกความถ่วงจำเพาะ โดยวิธีไฮโดรสเตติกด้วยเครื่องชั่ง Sartorius AC-211S
4. บันทึกการเรืองแสงของทับทิมภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ตความยาวคลื่น 254 และ 366 nm
5. บันทึกสเปกตรัมด้วยเครื่องมือต่างๆต่อไปนี้
 - ก) EDXRF Spectrometer KEVEX EDX 771
 - ข) UV/VIS/NIR Spectrophotometer Jasco 7800
 - ค) FTIR Spectrophotometer Nicolet Magna IR 760 ที่มี beam condenser

3. วิธีทดลอง

3.1 การเผาทั้งทิมด้วยเตาไฟฟ้าภายใต้สภาพบรรยากาศแบบมีออกซิเจนมาก (EHO)

สภาวะบรรยากาศภายในเตาเป็นอากาศซึ่งมีออกซิเจนประมาณ 21% ไม่ใส่บอแรกซ์ และสารใด ๆ ตลอดการทดลอง

ศึกษาอุณหภูมิการเผา

ทำการทดลองเผาพลอยที่ 7 อุณหภูมิคือ 900 1400 1500 1550 1600 1650 และ 1700 °C โดยให้อัตราการเพิ่มอุณหภูมิคงที่ที่ 329 °C/ชม. เวลาแช่คงที่คือ 2 ชั่วโมง และอัตราการลดอุณหภูมิคงที่ที่ 800 °C/ชม. รหัสการเผาทั้งทิมแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 รหัสการเผาทั้งทิมเพื่อศึกษาอุณหภูมิการเผา

สภาวะการเผา	อุณหภูมิ (°C)	รหัสการเผา
อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 329 °C/ชม. เวลาแช่ทั้งทิม 2 ชม. อัตราการลดอุณหภูมิ 800 °C/ชม.	900	900 329 2 800
	1400	1400 329 2 800
	1500	1500 329 2 800
	1550	1550 329 2 800
	1600	1600 329 2 800
	1650	1650 329 2 800
	1700	1700 329 2 800

ศึกษาอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ

ทำการทดลองหาอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 4 อัตราคือ 260, 331, 433 และ 650 °C/ชั่วโมง โดยให้อุณหภูมิการเผาคงที่ 1600 °C เวลาแช่ 2 ชั่วโมง รหัสการเผาทั้งทิมแสดงไว้ในตารางที่ 3

ศึกษาเวลาแช่พลอย

ทำการทดลองหาเวลาแช่พลอย 4 เวลา คือ 0.5, 1, 3 และ 4 ชั่วโมง โดยใช้อุณหภูมิการเผาคงที่ที่ 1600 °C อัตราการลดอุณหภูมิกงที่ที่ 800 °C/ชม. อัตราการเพิ่มอุณหภูมิกงที่ที่ 260 °C/ชม. รหัสการเผาทั้งทิมแสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 3 รหัสการเผาทั้งหมเพื่อศึกษาอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ

สภาวะการเผา	อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ °C/ชม.	รหัสการเผา
อุณหภูมิที่เผา 1600 °C เวลาแช่ทั้งหม 2 ชม. อัตราการลดอุณหภูมิ 800 °C/ชม.	260	1600 260 2 800
	329	1600 329 2 800
	433	1600 433 2 800
	650	1600 650 2 800

ตารางที่ 4 รหัสการเผาทั้งหมเพื่อศึกษาเวลาแช่พลอย

สภาวะการเผา	เวลาแช่ (ชม.)	รหัสการเผา
เผาที่อุณหภูมิ 1600 °C อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 260 °C/ชม. อัตราการลดอุณหภูมิ 800 °C/ชม.	0.5	1600 260 0.5 800
	1	1600 260 1 800
	3	1600 260 3 800
	4	1600 260 4 800

ศึกษาอัตราการลดอุณหภูมิ

ทำการทดลองหาอัตราการลดอุณหภูมิ 4 อัตราคือ 66, 150, 240 และ 800 °C/ชั่วโมง โดยใช้อุณหภูมิการเผาคงที่ที่ 1600 °C อัตราการเพิ่มอุณหภูมิคงที่ที่ 260 °C/ชม. และเวลาแช่พลอยคงที่ที่ 3 ชม. รหัสการเผาทั้งหมแสดงไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 รหัสการเผาทั้งหมเพื่อศึกษาอัตราการลดอุณหภูมิ

สภาวะการเผา	อัตราการลดอุณหภูมิ (°C/ชม.)	รหัสการเผา
เผาที่อุณหภูมิ 1600 °C อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 260 °C/ชม. เวลาแช่พลอย 3 ชม.	66	1600 260 3 66
	150	1600 260 3 150
	240	1600 260 3 240
	800	1600 260 3 800

3.2 การเผาทั้งทิมด้วยเตาไฟฟ้าภายใต้สภาพบรรยากาศแบบมีออกซิเจนน้อย (ELO)

สภาพบรรยากาศภายในเตาเป็นแก๊สเฉื่อย ไม่ใส่สารบอแรกซ์และสารใด ๆ ตลอดการทดลอง

ศึกษาอุณหภูมิการเผา

ทำการทดลองหาอุณหภูมิการเผา 9 อุณหภูมิคือ 1000 1200 1300 1400 1450 1500 1550 1600 และ 1700 °C โดยให้อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 550 °C/ชม. เวลาแช่ 1 ชั่วโมง และอัตราการลดอุณหภูมิ 700 °C/ชม. รหัสการเผาทั้งทิมแสดงไว้ในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 รหัสการเผาทั้งทิมเพื่อศึกษาอุณหภูมิการเผา

สภาวะการเผา	อุณหภูมิ (°C)	รหัสการเผา
อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 550 ° C/ชม. เวลาแช่ทั้งทิม 1 ชม. อัตราการลดอุณหภูมิ 700 °C/ชม.	1000	1000 550 1 700
	1200	1200 550 1 700
	1300	1300 550 1 700
	1400	1400 550 1 700
	1450	1450 550 1 700
	1500	1500 550 1 700
	1550	1550 550 1 700
	1600	1600 550 1 700
	1700	1700 550 1 700

ศึกษาเวลาแช่พลอย

ทำการทดลองแช่พลอยที่อุณหภูมิ 1000, 1200, 1300, 1400, 1500 1600 และ 1700 °C โดยให้อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 550 °C/ชม. อัตราการลดอุณหภูมิ 700 °C/ชม. รหัสการเผาทั้งทิมแสดงไว้ในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 รหัสการเผาหัตถ์เพื่อศึกษาเวลาแช่พลอย

สภาวะการเผา	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	เวลาแช่ (ชม.)	รหัสการเผา
อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ $550^{\circ}\text{C}/\text{ชม.}$ อัตราการลดอุณหภูมิ $700^{\circ}\text{C}/\text{ชม.}$	1000	8	1000 550 8 700
	1200	4	1200 550 4 700
	1300	1	1300 550 1 700
		4	1300 550 4 700
	1400	1	1400 550 1 700
		3	1400 550 3 700
		$(1+2)^{\#}$	1400 550 $(1+2)^{\#}$ 700
		$(3+2)^{**}$	1400 550 $(3+2)^{**}$ 700
		4	1400 550 4 700
	1500	1	1500 550 1 700
		2	1500 550 2 700
		3	1500 550 3 700
		$(1+1)^{*}$	1500 550 $(1+1)^{*}$ 700
		$(1+2)^{**}$	1500 550 $(1+2)^{**}$ 700
	1600	1	1600 550 1 700
		2	1600 550 2 700
		4	1600 550 4 700
	1700	1	1700 550 1 700
		2	1700 550 2 700
		6	1700 550 6 700
		20 ^{***}	1700 550 20 ^{***} 700
		40 ^{***}	1700 550 40 ^{***} 700
		60 ^{***}	1700 550 60 ^{***} 700

นำพลอยรหัสการเผา ELO 1400 550 1 700 มาเผาซ้ำโดยแช่อีก 2 ชั่วโมง

นำพลอยรหัสการเผา ELO 1400 550 3 700 มาเผาซ้ำโดยแช่อีก 2 ชั่วโมง

* นำพลอยรหัสการเผา ELO 1500 550 1 700 มาเผาซ้ำโดยแช่อีก 1 ชั่วโมง

** นำพลอยรหัสการเผา ELO 1500 550 1 700 มาเผาซ้ำโดยแช่อีก 2 ชั่วโมง

*** พลอยที่นำมาเผาเป็นพลอยดิบที่ไม่ได้รีด จึงไม่ได้ทำการบันทึกสมบัติต่างๆ

3.3 การเผาแบบผสม (EHO+ELO)

ได้ทำการทดลองเผาแบบผสม โดยนำทับทิมที่เผาแบบ EHO แล้วมาเผาแบบ ELO รหัสการเผาทับทิมแบบผสมแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 รหัสการเผาทับทิมแบบผสม (EHO+ELO)

สภาวะการเผาแบบ ELO	รหัสการเผา	รหัสพลอย ^a
อุณหภูมิที่เผา 1400°C อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 550°C/ชม. อัตราการลดอุณหภูมิ 700°C/ชม. เวลาแช่ 3 ชั่วโมง	1400 550 3 700	EHO 49-H13 EHO 73-H25 EHO 76-H25
อุณหภูมิที่เผา 1500°C อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 550°C/ชม. อัตราการลดอุณหภูมิ 700°C/ชม. เวลาแช่ 1 ชั่วโมง	1500 550 1 700	EHO 110-H35 EHO 113-H35 EHO 127-H35
อุณหภูมิที่เผา 1500°C อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 550°C/ชม. อัตราการลดอุณหภูมิ 700°C/ชม. เวลาแช่ 3 ชั่วโมง	1500 550 3 700	EHO 11A-H21 EHO 75-H21 EHO 98-H21
อุณหภูมิที่เผา 1550°C อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 550°C/ชม. อัตราการลดอุณหภูมิ 700°C/ชม. เวลาแช่ 1 ชั่วโมง	1550 550 1 700	EHO 79-H18 EHO 80-H18 EHO 89-H18

- a H13 เป็นการเผาในสภาพบรรยากาศที่มีออกซิเจน โดยมีรหัสการเผา 1400 275 2 700
H18 เป็นการเผาในสภาพบรรยากาศที่มีออกซิเจน โดยมีรหัสการเผา 1550 313 2 775
H21 เป็นการเผาในสภาพบรรยากาศที่มีออกซิเจน โดยมีรหัสการเผา 1500 400 2 750
H25 เป็นการเผาในสภาพบรรยากาศที่มีออกซิเจน โดยมีรหัสการเผา 1400 320 2 800
H13 เป็นการเผาในสภาพบรรยากาศที่มีออกซิเจน โดยมีรหัสการเผา 1600 250 0 5 800

3.4 การเผาแบบใส่สารเติมแต่ง

ทำการทดลองเผาทับทิมตามคำบอกเล่าของนักเผาพลอย และคำแนะนำของนักวิชาการ เช่น ล้างพลอยด้วย HF ก่อนเผา เผาโดยใส่ผงคาร์บอน หรือสารเติมแต่งที่มีได้มาจากผู้ประกอบการ ภายใต้บรรยากาศแบบ EHO หรือ ELO สภาวะการเผาได้แสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 รหัสการเผาทับทิมโดยใส่ผงคาร์บอน น้ำตาลทราย และสารเติมแต่งที่ได้มา
จากผู้ประกอบการ^b

การเตรียมทับทิม ตัวอย่างก่อนเผา	สารที่เติม	สภาพ บรรยากาศ	รหัสการเผา
ไม่ล้างพลอย	น้ำตาลทรายขาว	ELO	1000 - 2 - ^c
ล้างด้วย HF 40%	น้ำตาลทรายขาว	ELO	1000 - 2 - ^c
ไม่ล้างพลอย	ผงคาร์บอน	ELO	1200 550 4 700
ล้างด้วย HNO ₃ เข้มข้น	ผงคาร์บอน	ELO	1400 550 2 700
ไม่ล้างพลอย	ผงคาร์บอน	ELO	1500 550 3 700
ล้างด้วย HCl เข้มข้น	ผงคาร์บอน	ELO	1500 550 3 700
ไม่ล้างพลอย	สารละลายจากผู้ประกอบการ	ELO	1700 550 2 700
ไม่ล้างพลอย	สารละลายจากผู้ประกอบการ	EHO	1700 550 2 700
ไม่ล้างพลอย	สารละลายจากผู้ประกอบการ	EHO	1700 550 6 700

^b พลอยดิบที่นำมาเผาส่วนใหญ่ไม่ได้ขัด จึงรายงานสมบัติต่างๆ ของเม็ดที่ขัดเท่านั้น

^c ไม่ได้ควบคุมอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ และอัตราการลดอุณหภูมิ

ผลการทดลอง

1. การเผา

ทับทิมมองดูตัวอย่างเป็นทับทิมสีแดงอมม่วง ส่วนใหญ่มีแถบสีน้ำเงินอยู่ภายใน ซึ่งมีลักษณะแตกต่างกัน บางเม็ดอยู่ตรงกลางเหมือนไส้กลาง บางเม็ดจะเห็นเพียงบางส่วนของรูปหกเหลี่ยม บางเม็ดอยู่แบบกระจายทั่วเม็ด บริเวณแถบสีน้ำเงินนี้แสงผ่านได้มากน้อยต่างกัน บางเม็ดแสงผ่านได้น้อย บางเม็ดแสงผ่านได้มาก บางเม็ดแสงผ่านไม่ได้เลย

ทับทิมดิบส่วนใหญ่ผิวไม่เรียบ มีขอบขรุขระ และภายในทับทิมมีรอยนิ้วมือ ระบายขนาน เส้นไหม

1.1 การเผาทับทิมด้วยเตาไฟฟ้าภายใต้สภาพบรรยากาศแบบมีออกซิเจนมาก (EHO)

1.1.1 ที่อุณหภูมิ 900 °C ได้สีน้ำเงินยังคงอยู่และลักษณะของทับทิมไม่มีการเปลี่ยนแปลง

1.1.2 ที่อุณหภูมิระหว่าง 1000-1500 °C ได้สีน้ำเงินลดลงน้อยมาก มีหย่อมสีส้มเกิดขึ้นในพลอยบางเม็ด มีของแข็งสีขาวเกิดขึ้นตามขอบและรอยแตกของพลอย

1.1.3 ที่อุณหภูมิ 1600-1700 °C ได้กลางสีน้ำเงินลดลงมาก เหลือเพียงสีน้ำเงินจาง ๆ เกิดเป็นหย่อมสีส้มในเนื้อทับทิม บางเม็ดเห็นเป็นของแข็งสีส้ม เกิดแถบสีขาวขุ่นคล้ายหมอกและมีของแข็งสีขาวเกิดขึ้นบนผิว ตามขอบและรอยแตกในเม็ดทับทิม การเกิดหมอกสีขาวทำให้ความใสของทับทิมลดลง

1.1.4 อัตราการเพิ่มอุณหภูมิและอัตราการลดอุณหภูมิในทุกสภาวะการเผาพบว่าไม่มีผลต่อลักษณะภายในของทับทิม

1.2 การเผาทับทิมด้วยเตาไฟฟ้าภายใต้สภาพบรรยากาศแบบมีออกซิเจนน้อย (ELO)

ผลการทดลองการเผาทับทิมในบรรยากาศแบบมีออกซิเจนน้อยคล้ายคลึงกับการเผาทับทิมในบรรยากาศแบบมีออกซิเจนมากในข้อ 1.1 กล่าวคือ อัตราการเพิ่มและอัตราการลดอุณหภูมิไม่มีผลต่อลักษณะของทับทิม ได้กลางหายไปเมื่ออุณหภูมิสูงและมีหย่อมสีส้ม มีของแข็งสีขาวเกิดขึ้นภายในพลอยหรือตามขอบพลอย แต่มีปริมาณน้อยกว่าเมื่อเผาในบรรยากาศมี

ออกซิเจนมาก อย่างไรก็ตามมีทับทิมบางเม็ดที่ไม่เกิดของแข็งสีขาวเลย จากการทดลองที่ผ่านมา ทั้งการเผาแบบมีออกซิเจนมากและมีออกซิเจนน้อย พบว่าในการไล่แถบสีน้ำเงินที่อุณหภูมิสูงมีแนวโน้มในการใช้เวลาแซ่น้อยกว่าที่อุณหภูมิต่ำ และสิ่งที่น่าสังเกตอีกประการคือ ลักษณะไล่กลางสีน้ำเงินที่เข้มมากแสงไม่ผ่านจะไม่สามารถเผาไล่ให้หายไปได้ แต่ถ้าไล่กลางแสงผ่านได้บ้างแม้สีจะเข้มก็สามารถเผาไล่ออกไปได้เกือบหมด ซึ่งเวลาและอุณหภูมิในการเผาจะขึ้นอยู่กับลักษณะของไล่กลาง และขนาดของทับทิม

1.3 การเผาทับทิมแบบผสม (EHO+ ELO)

ทับทิมที่เผาแบบ EHO แล้วมีสารสีขาวมากได้ถูกนำมาเผาแบบ ELO ผลจากการทดลองเผาทับทิมแบบผสมผลล้นไม่ได้ทำให้สารสีขาวที่เกิดขึ้นจากการเผาแบบ EHO ลดลงแต่อย่างใด

1.4 การเผาแบบใส่สารเติมแต่ง

เมื่อเปรียบเทียบการเผาแบบมีออกซิเจนมาก แบบมีออกซิเจนน้อย และแบบผสมผลล้น พบว่า การเผาแบบบรรยากาศมีออกซิเจนน้อยน่าจะเหมาะสมกับการเผาทับทิมมอซุมมากกว่า จึงได้ทำการทดลองเผาทับทิมในสภาวะที่ไม่ให้พลอยสัมผัสออกซิเจน เช่น กลบพลอยด้วยผงคาร์บอน น้ำตาลทราย หรือสารเติมแต่งที่ได้รับจากผู้ประกอบการ และได้ล้างพลอยก่อนเผาโดยใช้ กรดไฮโดรฟลูออริก (HF) กรดไนตริก (HNO_3) กรดไฮโดรคลอริก (HCl) ตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการทดลองทั้งหมดพบว่าการล้างด้วยกรดต่าง ๆ ก่อนนำไปเผา บางส่วนของผิวทับทิมกลายเป็นสีขาวขุ่น หลังการเผาพลอยจะแตก เนื่องจากกรดซึมเข้าไปในรอยแตกของเม็ดทับทิม และชะล้างสิ่งสกปรกในเนื้อทับทิมออกมา ทำให้เกิดช่องว่างในเนื้อทับทิมและเมื่อได้รับความร้อนจึงแตกได้ง่าย ผลของการเผาที่กลบด้วยผงคาร์บอนและน้ำตาลทรายพบว่าไม่เหมาะสมในการเผาทับทิมมอซุม เพราะเกิดหมอกสีขาวภายในทับทิม และทับทิมที่ได้มีลักษณะคล้ายการเผาแบบมีออกซิเจนมาก สำหรับการเผาโดยใส่สารที่ได้จากผู้ประกอบการ พลอยที่ได้มีสีแดงลดน้อยกว่าการเผาแบบไม่ใส่สารใด ๆ การที่ได้สีแดงลดนี้คาดว่าเกิดจากโครเมียม (III) ออกไซด์ ที่ผสมอยู่ในสารเติมแต่งแพร่เข้าไปในโครงผลึกของทับทิม และการที่เนื้อพลอยโล่งขึ้น อาจเนื่องจากพลอยถูกเคลือบด้วยสารให้สีและบอร์แรกซ์ที่ผสมมากับสารละลายที่ได้รับจากผู้ประกอบการ ทำให้พลอยไม่สัมผัสกับอากาศ บรรยากาศการเผาแบบใส่สารจึงเป็นแบบออกซิเจนน้อย นอกจากนี้รอยแตกถูกกลล้นและเคลือบด้วยบอแรกซ์

การเปรียบเทียบลักษณะของทับทิมก่อน และหลังเผาทุกสภาพบรรยากาศได้บันทึกไว้ในภาคผนวกที่ 1

2. ผลการศึกษาลักษณะทางแสง ค่าดัชนีหักเห ความถ่วงจำเพาะและการเรืองแสง

ทับทิมตัวอย่างทุกเม็ดมีลักษณะทางแสงเป็นทับทิมหักเหคู่แกนเดียว (uniaxial double refractive, DRU) ค่าดัชนีหักเหต่ำสุด (RI_L) และสูงสุด (RI_H) เท่ากับ 1.758 และ 1.776 ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ย RI_L และ RI_H เท่ากับ 1.761 และ 1.769 ค่าไบเรฟรินเจนซ์เฉลี่ย (Birefringence) มีค่าเท่ากับ 0.008 (ภาคผนวก 2) ค่าที่หาได้จากงานวิจัยนี้อยู่ในช่วงเดียวกับที่ Smith (Smith and Surdez, 1994) และ Peretti (Peretti et al, 1995) ได้รายงานไว้ ค่าความถ่วงจำเพาะ (S.G) ของทับทิมตัวอย่างที่หาได้อยู่ในช่วง 3.71-4.02

การเรืองแสงในช่วงความยาวคลื่นยาว (366 nm) ให้แสงสีแดงสว่าง ส่วนการเรืองแสงในช่วงความยาวคลื่นสั้น (254 nm) ส่วนใหญ่สว่างน้อยถึงปานกลาง บางเม็ดไม่เรืองแสง หลังจากการเผาแล้วทับทิมทุกเม็ดยังเป็นทับทิม DRU ค่าดัชนีหักเห ค่าไบเรฟรินเจนซ์ ความถ่วงจำเพาะไม่เปลี่ยนแปลงมาก ส่วนการเรืองแสงในช่วงความยาวคลื่นยาวไม่เปลี่ยนแปลง แต่ในช่วงความยาวคลื่นสั้นมีการเปลี่ยนแปลงบ้าง แต่ไม่ทุกเม็ด (ภาคผนวก 2)

3. ผลการศึกษา EDXRF สเปกตรัม

เนื่องจากเทคนิคนี้เป็นเทคนิคที่ผลการทดลองขึ้นอยู่กับตำแหน่งการวางตัวอย่าง ในการทดลองนี้จึงต้องวางทับทิมก่อนเผาและหลังเผาให้อยู่ในตำแหน่งเดียวกันมากที่สุด และได้ทำการวิเคราะห์ทับทิมเม็ดเดิมซ้ำเพื่อยืนยันผลการทดลอง ปริมาณของธาตุที่ได้จากเทคนิคนี้เป็นค่าเปอร์เซ็นต์สัมพัทธ์ (relative percentage)

จากตัวอย่างทับทิมที่ทดลอง พบว่าธาตุองค์ประกอบที่สำคัญประกอบด้วย อะลูมิเนียม (Al) ส่วนธาตุปริมาณน้อยมีหลายธาตุ ได้แก่ แคลเซียม (Ca) ไทเทเนียม (Ti) วาเนเดียม (V) โครเมียม (Cr) เหล็ก (Fe) ทองแดง (Cu) แกลเลียม (Ga) ยิทเทียม (Yt) และเซอร์โคเนียม (Zr) (ภาคผนวก 3) องค์ประกอบของธาตุดังกล่าวมีปริมาณแตกต่างกัน เช่น พบอะลูมิเนียมในปริมาณต่ำสุด 88.00% และสูงสุด 99.56% ช่วงปริมาณของธาตุที่พบได้แสดงไว้ในตารางที่ 10

Peretti ได้วิเคราะห์ทับทิมมอซุมโดยวิธี EDXRF พบว่ามี อะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) โครเมียม (III) ออกไซด์ (Cr_2O_3) เหล็ก (II) ออกไซด์ (FeO) ไทเทเนียม (IV) ออกไซด์ (TiO_2) วาเนเดียม (III) ออกไซด์ (V_2O_3) แกลเลียมออกไซด์ (Ga_2O_3) แมงกานีส (II) ออกไซด์ (MnO) โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O) แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) แคลเซียมออกไซด์ (CaO) และซิลิกอนได

ออกไซด์ (SiO_2) โดยไม่พบทองแดง (II) ออกไซด์ (CuO) (Peretti, et al,1995) แต่ Smith and Surdez พบทองแดงเป็นธาตุปริมาณน้อยในทับทิมมงชูด้วย (Smith and Surdez, 1994) เช่นเดียวกับงานวิจัยนี้ที่พบว่า ทับทิม 60 เม็ด มี Cu อยู่ในช่วง 0.023 – 3.03 %

ตารางที่ 10 ช่วงปริมาณของธาตุที่พบในทับทิมมงชู

ธาตุ	ช่วงเปอร์เซ็นต์*
Al	88.00 - 99.56
Ca	0.00 - 9.46
Ti	0.00 - 7.04
V	0.00 - 0.84
Cr	0.30 - 8.05
Fe	0.008 - 7.43
Cu	0.00 - 3.03

* เป็นเปอร์เซ็นต์สัมพัทธ์ในแต่ละเม็ด และไม่ได้คิดปริมาณ Ga Yt และ Zr ในการคำนวณเปอร์เซ็นต์

เป็นที่น่าสังเกตว่าทับทิม EHO 90-H24 มีปริมาณอะลูมิเนียมต่ำ (89.09%) แต่มีปริมาณ Ca ค่อนข้างสูง ส่วนเม็ด EHO 83-H23 ที่มีปริมาณ Cr สูงถึง 8.05% นั้นมีปริมาณ Al เพียง 90.7% (ตารางที่ 11) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากว่าทับทิมเป็นของแข็งที่ไม่เป็นเนื้อเดียว การกระจายของธาตุในบริเวณต่างๆไม่เท่ากัน การวิเคราะห์ปริมาณธาตุโดยเปลี่ยนตำแหน่งตัวอย่างน่าจะได้ผลไม่เท่ากัน ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยการเปลี่ยนตำแหน่งการวาง จากตัวอย่างทับทิม 7 เม็ดพบว่าส่วนใหญ่ปริมาณธาตุเปลี่ยนแปลงน้อย บางเม็ดมีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด เช่น เม็ด EHO 90-H24 (ตารางที่ 11)

หลังจากการเผาทับทิมแล้วได้ทำการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบในทับทิมเหล่านั้นพบว่าปริมาณก่อนและหลังการเผาแตกต่างกันไม่มากนัก ซึ่งผลการทดลองนี้เป็นไปในทางเดียวกับผลการทดลองของ Peretti (Peretti, 1995) ตัวอย่างข้อมูลเปรียบเทียบได้แสดงไว้ในภาคผนวก 3

ตารางที่ 11 ตัวอย่างข้อมูลเปรียบเทียบปริมาณของธาตุ (%)* เมื่อวางทับทิมในตำแหน่งที่ต่างกัน

รหัสพลอย	ตำแหน่งที่วางพลอย	Al	Ca	Ti	V	Cr	Fe	Cu
EHC 40-H12	origin	96.87	0.66	0.50	0.39	1.22	0.095	0.26
	หมุนไป 90 องศา	96.84	0.78	0.57	0.30	1.15	0.068	0.28
EHO 55-H20	origin	91.84	0.94	0.36	0.00	5.96	0.19	0.70
	หมุนไป 90 องศา	92.02	0.57	0.50	0.12	6.26	0.15	0.39
	หมุนไป 180 องศา	91.74	1.10	0.50	0.059	6.07	0.098	0.43
EHO 78-H20	origin	93.35	1.15	0.20	0.093	2.46	0.13	2.62
	หมุนไป 180 องศา	94.74	0.28	0.018	0.12	2.79	0.16	1.73
	กลับด้านพลอย	95.46	0.94	0.12	0.10	3.02	0.13	0.24
EHO 83-H23	origin	90.56	0.63	0.31	0.22	8.14	0.057	0.081
	หมุนไป 90 องศา	90.67	0.42	0.29	0.092	8.40	0.023	0.10
	หมุนไป 180 องศา	90.25	0.62	0.28	0.20	8.52	0.037	0.084
	กลับด้านพลอย	88.28	0.39	0.17	0.19	10.80	0.078	0.094
EHO 86-H24	origin	93.55	1.47	0.27	0.17	2.62	0.18	1.74
	หมุนไป 180 องศา	95.36	0.85	0.32	0.24	2.71	0.092	0.43
	กลับด้านพลอย	95.19	0.90	0.47	0.079	2.99	0.10	0.28
EHO 90-H24	origin	89.09	5.49	0.29	0.17	3.86	0.37	0.73
	หมุนไป 90 องศา	94.34	1.07	0.31	0.21	3.76	0.077	0.23
	กลับด้านพลอย	93.92	0.72	0.54	0.21	4.22	0.15	0.25
EHO 103-H26	origin	94.86	2.29	0.00	0.098	2.42	0.19	0.14
	หมุนไป 90 องศา	95.55	1.72	0.29	0.20	2.00	0.12	0.12
	หมุนไป 180 องศา	95.48	1.61	0.31	0.13	2.18	0.14	0.15
	กลับด้านพลอย	94.52	1.48	0.35	0.12	2.50	0.11	0.93

* เป็นเปอร์เซ็นต์สัมพัทธ์ในแต่ละเม็ด และไม่ได้คิดปริมาณ Ga Yt และ Zr ในการคำนวณ

4. ผลการศึกษา UV-VIS-NIR สเปกตรัม

UV-VIS-NIR สเปกตรัมของทับทิมมองซู 200 เม็ด (ภาคผนวก 4) มีลักษณะคล้ายกันเกิดแบนด์ และพีคในช่วงต่างๆ ในลักษณะเดียวกัน โดยที่ตำแหน่งอาจต่างกันบ้าง รูปที่ 1 แสดง UV-VIS-NIR สเปกตรัมของทับทิมมองซูจำนวนหนึ่งที่เลือกมาเป็นตัวแทน จะเห็นได้ว่าทุกสเปกตรัม มีพีคเกิดขึ้นใน 5 บริเวณดังนี้

(1) ในช่วง 800 – 1100 nm. มีพีคที่มีความเข้มต่ำ เกิดขึ้นที่ประมาณ 1065 nm. สเปกตรัมของทับทิมบางเม็ดมีแบนด์กว้างในช่วง 900 – 1000 nm.

(2) ในช่วง 600 - 800 nm. มีพีคเล็กๆ ที่มีลักษณะคล้ายกันเกิดที่ 726 693 และ 659 nm.

(3) บริเวณ 530 – 580 nm. มีแบนด์กว้างหนึ่งแบนด์ซึ่งมีความเข้มสูงในบางสเปกตรัม แบนด์นี้มีลักษณะคล้ายกับมียอดพีค 2 ยอดที่ซ้อนกัน (ตัวอย่างทับทิม EHO 331)

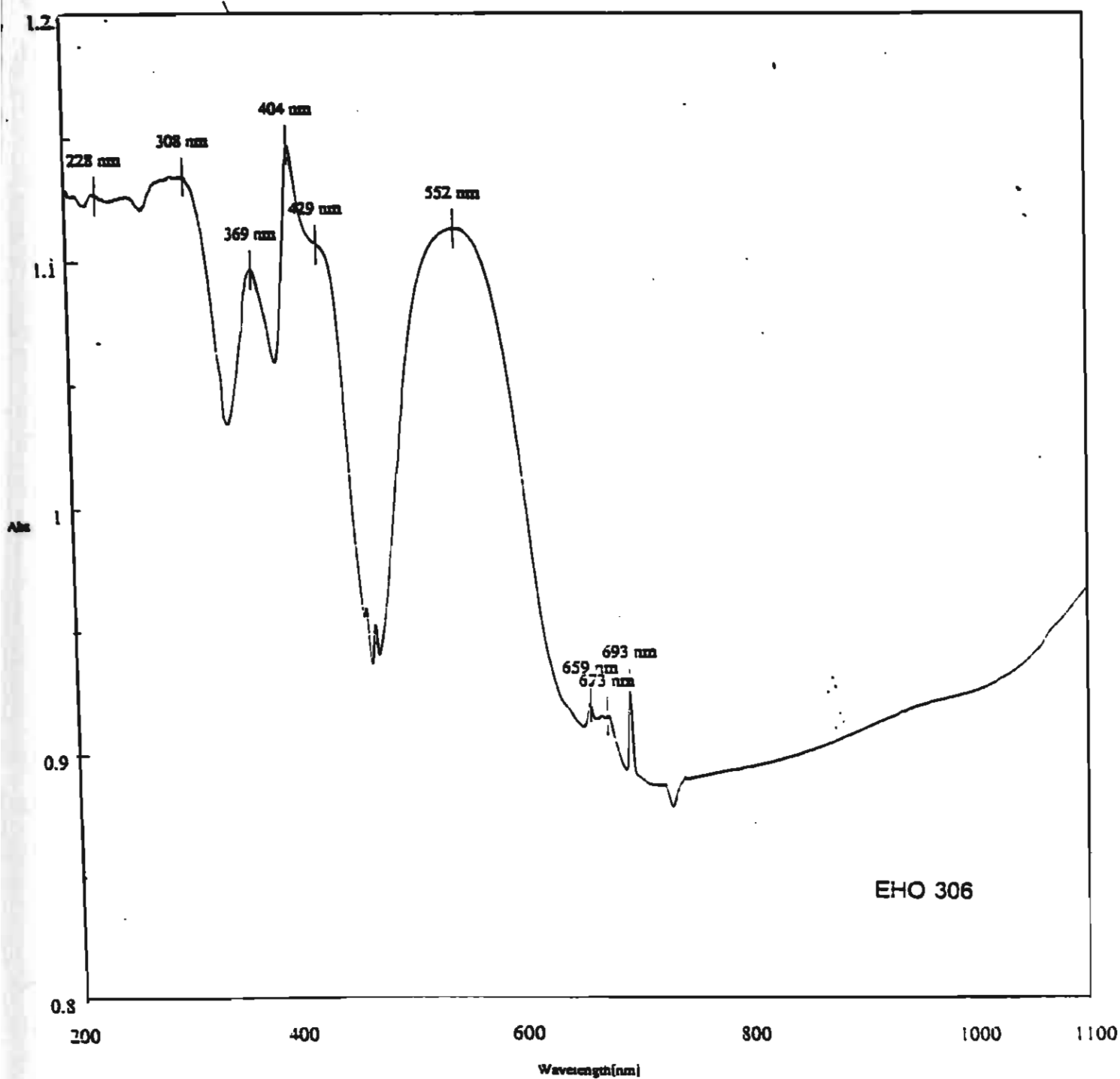
(4) ช่วง 300 – 450 nm. มีแบนด์กว้างซึ่งมีความเข้มสูงหนึ่งแบนด์ บริเวณยอดของแบนด์นี้มีลักษณะแตกต่างกัน เช่นแยกเป็นสองแบนด์ สามแบนด์ หรือมีไหล่แบนด์ ตรงรอยต่อของแบนด์ในบริเวณ (3) และบริเวณ (4) มีพีคเล็กๆ ที่มีความเข้มต่ำเกิดขึ้นที่ 476 nm. ในทุกสเปกตรัม

(5) บริเวณต่ำกว่า 300 nm. มีแบนด์กว้าง และความเข้มสูง เกิดที่ความยาวคลื่นประมาณ 275 – 296 nm.

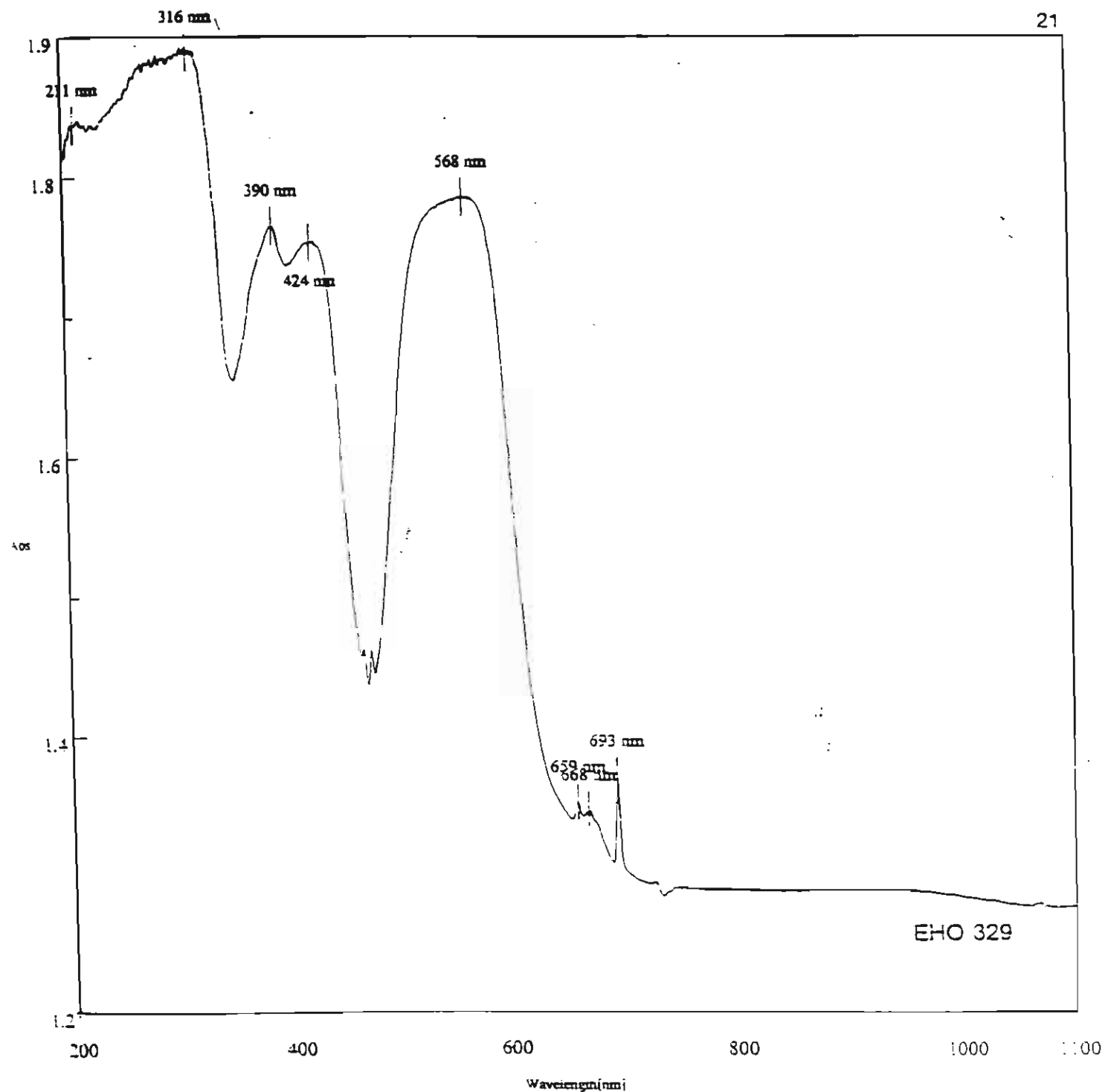
แบนด์และพีคในสเปกตรัมของทับทิมมองซูที่รายงานนี้อยู่ในช่วงเดียวกับสเปกตรัมของทับทิมที่เคยรายงานไว้ (Schmetzer et.al. 1981 ; Bosshart 1982 ; Smith and Surdez 1994 ; Peretti et.al. 1995)

แบนด์และพีคที่เกิดขึ้นในสเปกตรัม เป็นผลจากการดูดกลืนแสงของไอออนของธาตุทรานซิชันในทับทิม Cr(III) เป็นไอออนที่สำคัญในทับทิมมีการดูดกลืนแสง 3 ช่วง ทำให้เกิดแบนด์ 3 แบนด์ คือ แบนด์ในบริเวณ (3) ที่ความยาวคลื่นประมาณ 550 nm. บริเวณ (4) ที่ประมาณ 425 nm. และบริเวณ (5) ที่ประมาณ 280 nm. นอกจากนี้โครเมียมไอออนยังแสดงการดูดกลืนแสงแบบต้องห้ามที่ความยาวคลื่น 693 nm. ซึ่งเป็น characteristic พีค เพราะเป็นพีคฟลูออเรสเซนซ์ของ Cr(III) ธาตุที่มีปริมาณน้อยอื่นๆ ในทับทิมก็เกิดการดูดกลืนแสงในช่วงใกล้กับ Cr(III) ด้วย จึงทำให้แบนด์ที่ได้ค่อนข้างกว้าง บางสเปกตรัมจะเห็นคล้ายยอดสองยอดซ้อนกัน

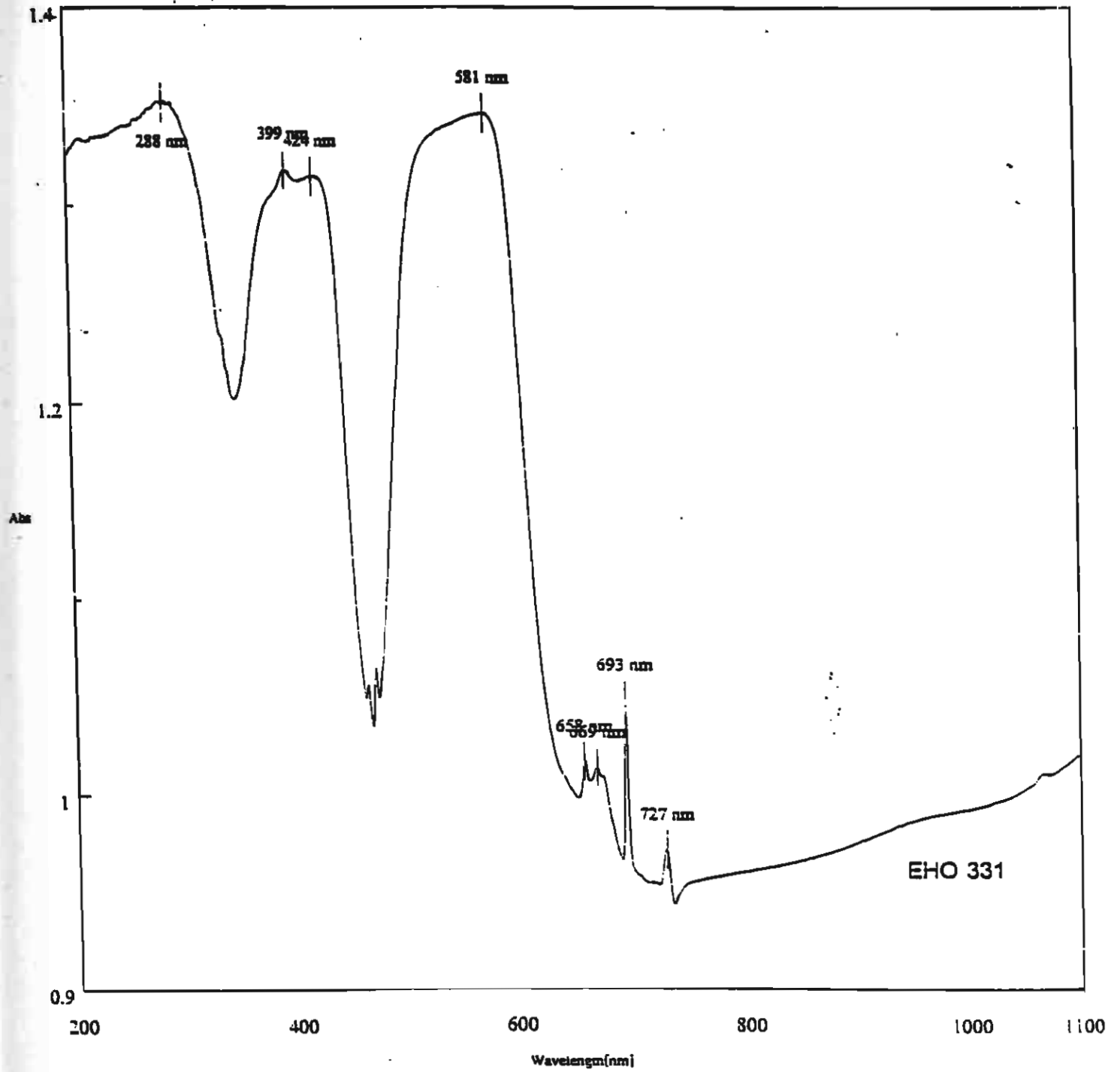
สเปกตรัมของทับทิมมองซูหลังจากเผาที่อุณหภูมิสูงแล้ว มีแบนด์และพีคเกิดขึ้นเหมือนสเปกตรัมก่อนเผา แต่ตำแหน่งของแบนด์บางแบนด์จะเลื่อนไปเล็กน้อย หลังการเผาพบว่าส่วนใหญ่พีคที่ 1065 nm. เลื่อนไปทางความยาวคลื่นสูงขึ้น สเปกตรัมในช่วงความยาวคลื่น 800-700 nm ไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน ในช่วง 600-800 nm พีคที่ 693 nm ไม่มีการเปลี่ยน



รูปที่ 1 UV-VIS-NIR สเปกตรัมของทับทิมมอญ



รูปที่ 1 UV-VIS-NIR สเปกตรัมของทับทิมมอญ (ต่อ)



รูปที่ 1 UV-VIS-NIR สเปกตรัมของทับทิมมอญ (ต่อ)

แปลง แบนด์ในช่วง 530-580 nm ของทับทิมบางเม็ดยังคงมีการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นตำแหน่งเดิม แต่บางเม็ดมีการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นที่ยาวขึ้นหรือสั้นกว่าเดิมเล็กน้อย ในช่วง 300-450 nm ลักษณะสเปกตรัมของทับทิมบางเม็ดเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมและความยาวคลื่นแสงที่ดูดกลืนก็เปลี่ยนแปลงไปด้วย ซึ่งอาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมรอบโลหะไอออนในทับทิม ตัวอย่าง UV-VIS-NIR สเปกตรัมของทับทิมมองชูก่อนเผาและหลังเผาแสดงเปรียบเทียบไว้ใน ภาคผนวก 4

5. ผลการศึกษา FTIR สเปกตรัม

จากการศึกษาอินฟราเรดสเปกตรัมของทับทิมมองชูก่อนเผาประมาณ 200 เม็ด (ภาคผนวก 5) พบว่า พีคและแบนด์ที่เกิดขึ้นมีลักษณะคล้ายกัน ตำแหน่งของพีคอาจแตกต่างกันเล็กน้อย เปอร์เซนต์ทรานสมิตชันแตกต่างกัน แสงผ่านได้มากน้อยต่างกัน ซึ่งอาจเนื่องมาจากเนื้อพลอยแต่ละเม็ดแตกต่างกัน รูปที่ 2 แสดง อินฟราเรดสเปกตรัมของทับทิมมองชูที่เลือกมาเป็นตัวแทน ในที่นี้จะแยกช่วงสเปกตรัมออกเป็น 4 ช่วง ดังนี้

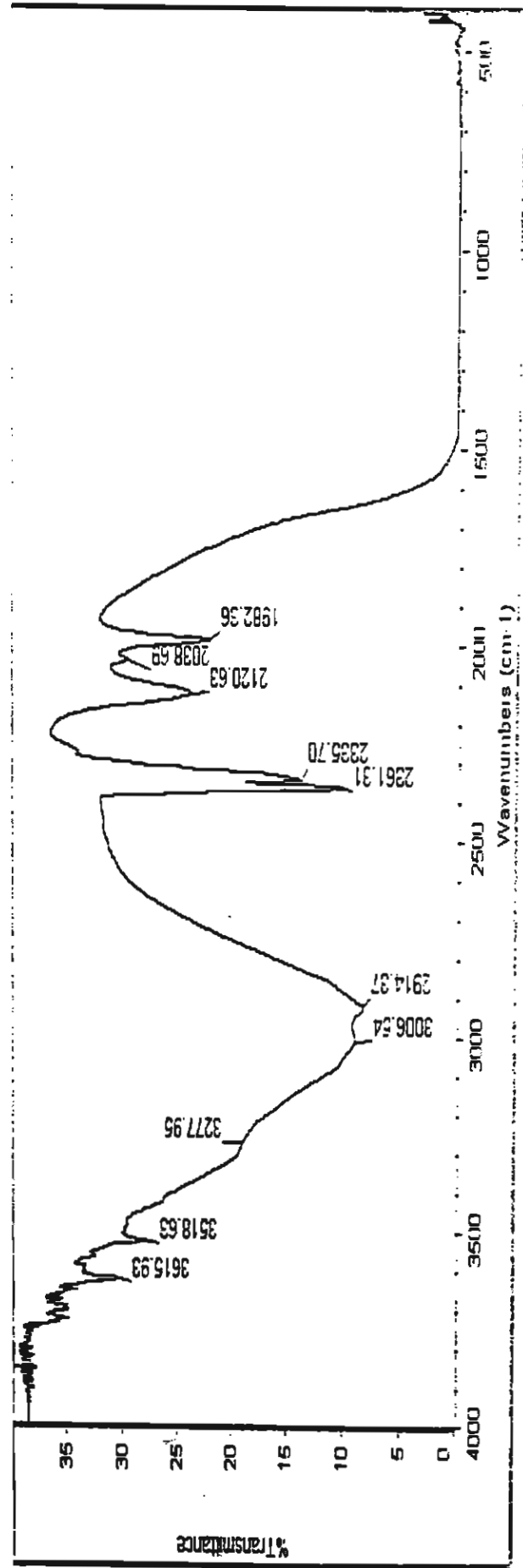
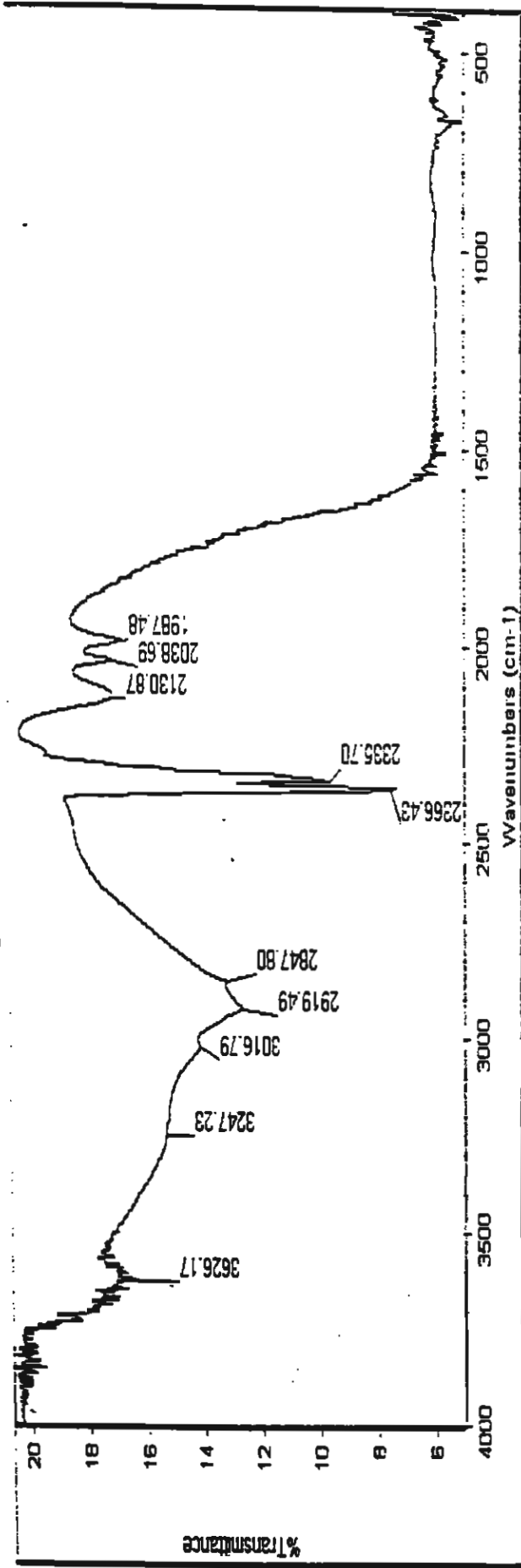
(1) ช่วง $2500 - 4000 \text{ cm}^{-1}$ ส่วนใหญ่เห็นแบนด์กว้างระหว่าง $2700 - 3500 \text{ cm}^{-1}$ บางเม็ดเห็นยอดพีคกว้างที่ประมาณ 2900 และ 3300 cm^{-1} ได้มีรายงานว่า แบนด์ที่บริเวณ 3080 และ 3290 cm^{-1} เกิดจากการยืดหด (stretching) ของพันธะ OH ใน boehmite ซึ่งเป็นมลทินชนิดหนึ่งในคอรัันดัม (Smith, 1995) จึงเป็นไปได้ว่า ทับทิมมองชูมีมลทิน boehmite ปนอยู่

(2) ที่ 2356 cm^{-1} พบพีคคู่ (doublet) ในสเปกตรัมของมองชูก่อนเผาทุกเม็ด มีรายงานว่าพีคคู่นี้เกิดจากการสั่นของพันธะ $\text{C}=\text{O}$ ของ CO_2 ในบรรยากาศ มีข้อน่าสังเกตว่าความเข้มของแบนด์นี้ในอินฟราเรดสเปกตรัมของทับทิมมองชูก่อนเผา ที่ทำการศึกษาเปลี่ยนแปลงมาก บางเม็ดมีความเข้มสูง บางเม็ดค่อนข้างต่ำ จึงเป็นไปได้ว่าในทับทิมน่าจะมีคาร์บอนไดออกไซด์เป็นมลทิน หรือมีแร่มลทินที่เป็นกลุ่มคาร์บอเนต แต่ยังไม่สามารถยืนยันได้ในขณะนี้

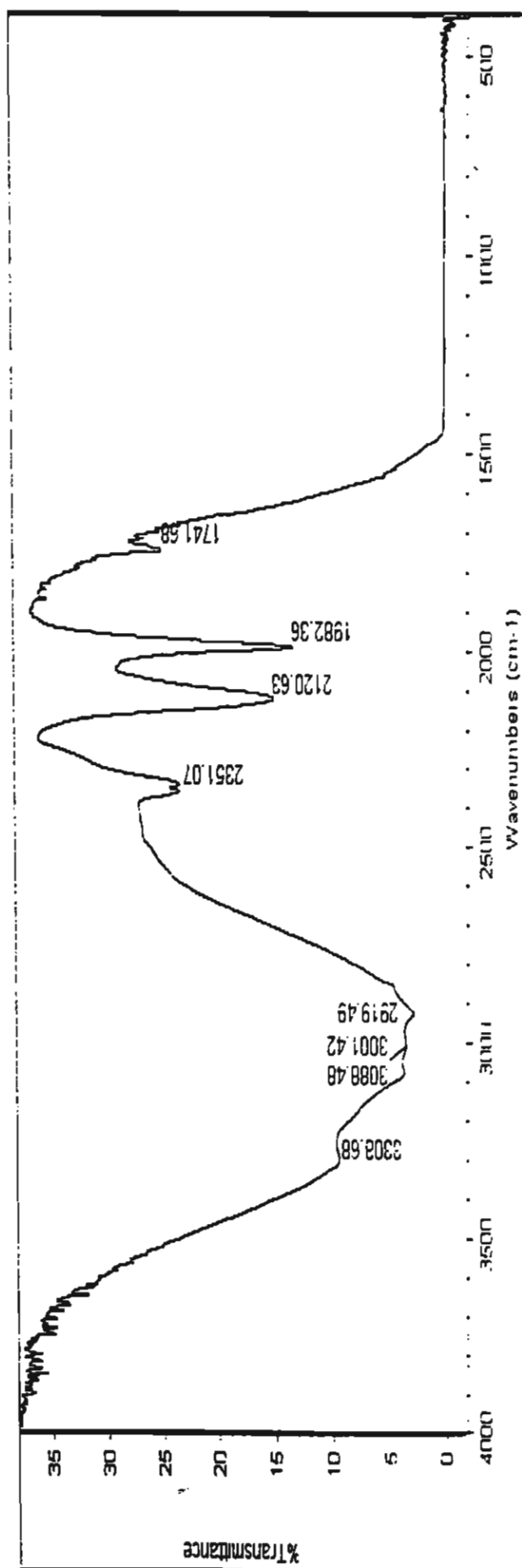
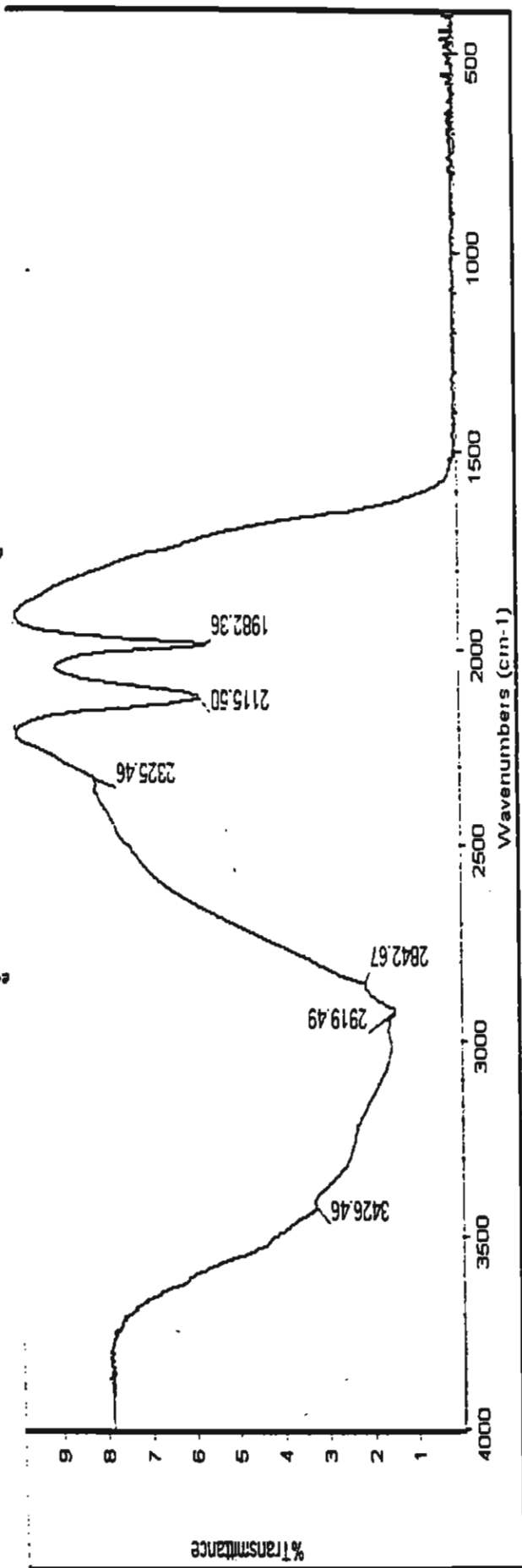
(3) ช่วง $1900 - 2200 \text{ cm}^{-1}$ มีพีคแหลม 2 พีค (2120 และ 1985 cm^{-1}) ซึ่งสอดคล้องกับอินฟราเรดสเปกตรัมของไดอะสปอร์ (Diaspore) ซึ่งเป็นแร่จำพวกอะลูมิเนียมออกไซด์ไฮดรอกไซด์ (Aluminium oxyhydroxide, AlOOH) ทำให้เชื่อได้ว่าทับทิมมองชูมีไดอะสปอร์เป็นมลทิน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการศึกษาทับทิมมองชูด้วยเทคนิค Scanning electron microscopy ร่วมกับเทคนิค XRD microscope sampling (Smith, 1995) ในสเปกตรัมบางอันมีพีคเล็กๆ เกิดขึ้นระหว่างพีคแหลมทั้งสองพีคที่กล่าวไปแล้ว

(4) ช่วง $1700 - 1900 \text{ cm}^{-1}$ ทับทิมมองชูบางเม็ดให้พีคแหลมที่ $1700 - 1800 \text{ cm}^{-1}$ ซึ่งเป็นช่วงของการสั่นแบบ O - H bending

รูปที่ 2 FTIR สเปกตรัมของทับทิมมอญ



รูปที่ 2 FTIR สเปกตรัมของทับทิมเรืองสี (ต่อ)



(5) ช่วงต่ำกว่า 1200 cm^{-1} เป็นช่วงที่เกี่ยวข้องกับการสั่นของพันธะโลหะออกซิเจน สเปกตรัมของอะลูมินา ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) มีแบนด์กว้างในช่วง $800 - 500\text{ cm}^{-1}$ และพีคที่ประมาณ 480 cm^{-1} สเปกตรัมของทับทิมมองซูจะเห็นแบนด์กว้างมาก และมีพีคอยู่ในช่วงใกล้ 500 cm^{-1} เช่นเดียวกัน การศึกษารายละเอียดของสเปกตรัมบริเวณนี้ต้องใช้ Far IR spectrophotometer ซึ่งคณะผู้วิจัยจะดำเนินการศึกษาต่อไป

จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่าทับทิมมองซูต้องมี boehmite และ diasporite เป็นมลทินอยู่ภายใน

อินฟราเรดสเปกตรัมของทับทิมมองซูที่เผาแล้วมีลักษณะแตกต่างจากเดิมอย่างเห็นได้ชัด เมื่อเปรียบเทียบช่วงสเปกตรัมทั้ง 4 ช่วง สรุปผลได้ดังนี้

(1) ช่วง $2500-4000\text{ cm}^{-1}$ แบนด์กว้างกลายเป็นพีค 2 กลุ่มคือ ช่วง $3200-3400\text{ cm}^{-1}$ มีพีค 3 พีค และบริเวณช่วง $2800 - 3000\text{ cm}^{-1}$ มีพีคอีก 3 พีค ทุกพีคมีลักษณะเป็นพีคแหลม

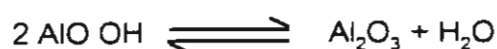
(2) พีคที่ 2356 cm^{-1} ยังคงอยู่ แต่มีความเข้มต่ำลงมาก

(3) ช่วง $1900 - 2200\text{ cm}^{-1}$ พีคแหลมสองพีคหายไป พีคบริเวณนี้เป็นพีคที่พบในสเปกตรัม diasporite แสดงว่า diasporite อาจเปลี่ยนแปลงกลายเป็นสารอื่น

(4) ช่วงต่ำกว่า 1200 cm^{-1} ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงมากนัก

อินฟราเรดสเปกตรัมของทับทิมหลังเผาสอดคล้องกับสเปกตรัมที่รายงานไว้โดย Smith

ข้อมูลจากอินฟราเรดสเปกตรัมของทับทิมมองซูก่อนเผาแสดงให้เห็นว่า เมื่อทำการเผาทับทิมแล้ว แบนด์ดูดกลืนของไดอะสพอร์โดยเฉพาะที่ตำแหน่งประมาณ 2120 และ 1985 cm^{-1} หายไป จากข้อสังเกตนี้สรุปได้ว่าการเผาทับทิม ไดอะสพอร์ได้เปลี่ยนแปลงไป (Smith, 1995) การเปลี่ยนแปลงที่เป็นไปได้คือ เมื่อไดอะสพอร์ได้รับความร้อนจะเกิดปฏิกิริยาดีไฮเดรชัน (Dehydration) ทำให้ได้เป็นอะลูมิเนียมออกไซด์ (Aluminium oxide, Al_2O_3) ดังสมการ



การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น อธิบายได้จากข้อสังเกตจากการทดลองสองประการ คือ การสังเกตเห็นรอยแตกค่อนข้างมากในเม็ดทับทิมหลังจากการเผาซึ่งเป็นผลของการระเหยของน้ำที่อยู่ภายใน และอีกข้อสังเกตหนึ่งคือ การเกิดเป็นหมอก (cloudy) หรือของแข็งสีขาวตามรอยแตก ขอบผิวหรือเนื้อในของเม็ดทับทิม ซึ่งอาจเป็นผลมาจากอะลูมิเนียมออกไซด์ที่เกิดขึ้นใหม่ อยู่ในรูปที่เป็นของแข็งสีขาว สิ่งหนึ่งที่ยังอธิบายได้ไม่ชัดเจนคือ หากไดอะสพอร์เกิดการเสียน้ำไปเป็นอะลูมิเนียมออกไซด์ อินฟราเรดสเปกตรัมของทับทิมหลังเผา ไม่น่าจะมีแบนด์ที่ตำแหน่ง 3306

และ 3230 cm^{-1} ซึ่งเกิดจากการยืดหดของพันธะ O-H แต่ Smith ให้คำอธิบายว่า หมู่ O-H ที่เกี่ยวข้องกับแบนด์เหล่านี้ น่าจะเป็นหมู่ OH ที่เกิดขึ้นในโครงผลึกคอรัันดัม สเปกตรัมของทับทิมมองดูก่อนและหลังเผาแสดงไว้ในภาคผนวก 5

สรุปผลและวิจารณ์

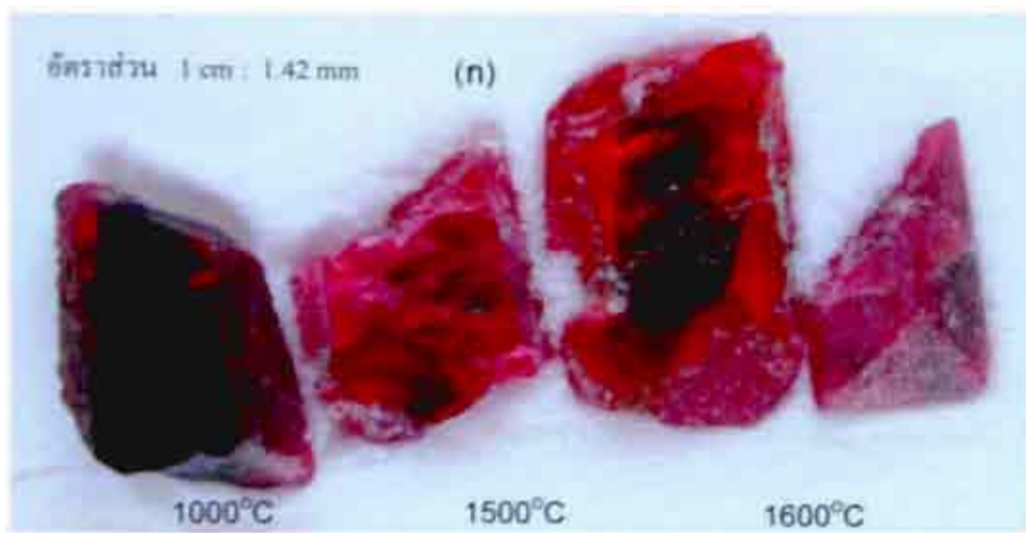
จากผลการเผาทับทิม ในสภาพบรรยากาศแบบมีออกซิเจนมาก 20 สภาวะ (ทับทิม 50 เม็ด) และในสภาพบรรยากาศแบบออกซิเจนน้อย 57 สภาวะ (ทับทิม 180 เม็ด) ได้ผลสรุปดังนี้คือ เมื่อเผาที่สภาวะอุณหภูมิสูง ($>1600^{\circ}\text{C}$) ใส่กลาสีน้ำเงินลดลงมากกว่าเผาที่สภาวะอุณหภูมิต่ำ (รูปที่ 3) ส่วนเวลาเผาจะมากหรือน้อยขึ้นกับลักษณะของใส่กลาสี เช่น ถ้าใส่กลาสีเข้มข้นมากที่บดแสง จะไม่สามารถเผาไล่ออกได้ถึงแม้จะใช้อุณหภูมิสูงและเวลานานหลายชั่วโมง บางเม็ดจะเกิดแถบขุนขาวอมส้มที่บริเวณนี้อย่างชัดเจนมาก แต่ถ้าแถบสีน้ำเงินเข้มแสงทะลุผ่านได้บ้าง การเผาที่อุณหภูมิสูงใช้เวลาเผาไม่มากนัก ความเข้มของสีน้ำเงินลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน และเป็นที่น่าสังเกตว่าถ้าแถบสีน้ำเงินอยู่ในลักษณะที่กระจายในเม็ดทับทิม สีของแถบไม่เข้มข้นมากนักและแสงผ่านได้ แถบสีน้ำเงินจะถูกกำจัดออกหมดเมื่อใช้อุณหภูมิสูงในเวลาไม่นาน แต่ถ้าใช้อุณหภูมิต่ำลงอาจใช้เวลาเผามากขึ้นจึงจะไล่สีน้ำเงินออกได้หมด แต่สิ่งที่ควรคำนึงถึงอีกประการหนึ่งคือการเผาที่อุณหภูมิสูงมักจะเกิดหย่อมสีส้มมากขึ้นด้วย ปัญหาที่สำคัญอีกอย่างคือการเผาทับทิมมองดูทั้งในบรรยากาศแบบออกซิเจนมากและในบรรยากาศแบบออกซิเจนน้อย จะเกิดสารสีขาวตามรอยแตกและขอบพลอย โดยเฉพาะการเผาในบรรยากาศที่มีออกซิเจนมากจะมีสารสีขาวมาก ส่วนการเผาในสภาพบรรยากาศแบบออกซิเจนน้อยเกิดสีขาวน้อยกว่า (รูปที่ 4) นอกจากนี้ขนาดของเม็ดพลอยก็มีผลต่อเวลาที่ใช้ในการเผาพลอยเม็ดใหญ่ต้องใช้เวลาเผาเม็ดเล็ก

ทับทิมมองดูหลังเผาส่วนใหญ่มีสีแดงอมม่วง มีบางเม็ดเป็นสีแดง ถ้าใส่สารเติมแต่งที่เพิ่มสี ทำให้ได้ทับทิมที่มีสีแดงสดกว่าเล็กน้อย แต่บางเม็ดยังมีสีแดงอมม่วงเช่นกัน ถ้าทับทิมมีคุณภาพต่ำ มีรอยแตกมาก การใส่สารเติมแต่งจะช่วยสมานรอยแตกทำให้คุณภาพทับทิมดีขึ้น รูปที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบทับทิมก่อนเผา และทับทิมที่เผาโดยการใส่สารเติมแต่ง และไม่ใส่สารเติมแต่ง ตัวอย่างรูปทับทิมมองดูก่อนเผา ทับทิมมองดูหลังเผา และทับทิมมองดูที่เจียรในแล้วได้แสดงไว้ในภาคผนวก 6

ข้อมูลจากอินฟราเรดสเปกตรัมบริเวณ $3100 - 3400\text{ cm}^{-1}$ จะบอกให้ทราบว่าทับทิมถูกเผาแล้วหรือยังไม่ถูกเผา ข้อมูลสเปกตรัมอื่นๆ ไม่ได้ช่วยในการจัดกลุ่มพลอย

ข้อเสนอแนะ

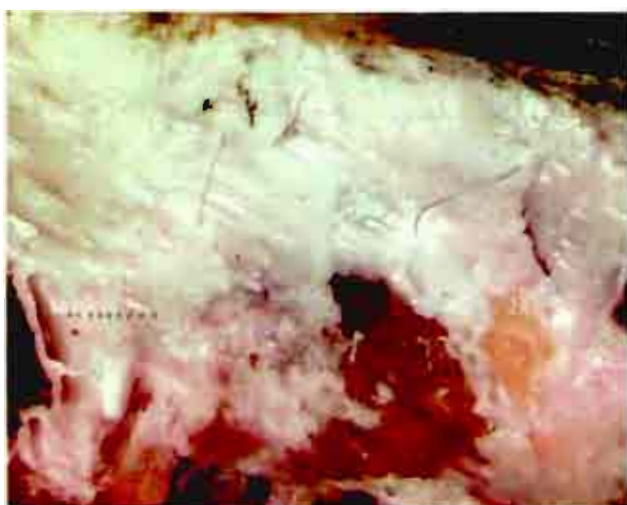
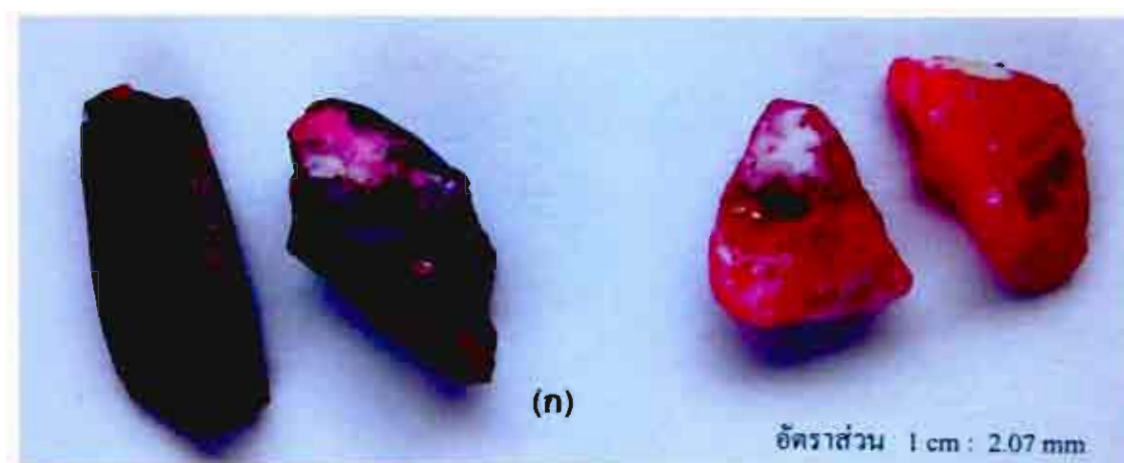
1. ข้อมูลทางสเปกโตรสโกปีที่ได้ศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นเพียงข้อมูลพื้นฐานยังไม่สามารถใช้เป็นแนวทางในการคัดเลือกหรือแยกกลุ่มพลอย เพื่อเลือกสภาวะการเผาที่เหมาะสม จึงน่าจะมีการศึกษาเพิ่มเติมในรายละเอียดด้วยเทคนิคขั้นสูงอื่น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น เช่น การศึกษาปริมาณองค์ประกอบของธาตุบริเวณไส้กลางสีน้ำเงิน บริเวณหมอกสีขาวด้วยเทคนิค X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) ศึกษาตำหนิในพลอยด้วย Raman Spectroscopy ศึกษาโครงสร้างของพลอยด้วย X-ray Diffraction (XRD) เป็นต้น นอกจากนี้การทำความเข้าใจและศึกษารายละเอียดของ phase diagram ของธาตุองค์ประกอบ เช่น TiO_2 , Fe_2O_3 , FeO , Cr_2O_3 และ Al_2O_3 ว่ามีการเปลี่ยนสภาพไปอย่างไรเมื่อได้รับพลังงานความร้อนปริมาณต่างๆ เมื่อรวบรวมสิ่งต่างเหล่านี้ได้อย่างครบถ้วน น่าจะเป็นประโยชน์ที่จะใช้ในการศึกษาวิเคราะห์หาข้อมูลเพื่อใช้เป็นทางเลือกในการเผาพลอยได้ดียิ่งขึ้น
2. พลอยเม็ดใหญ่ที่มีลักษณะไส้กลางคล้ายกับพลอยขนาด 1 กะรัต ด้วยสภาพการเผาเดียวกัน พบว่าไม่สามารถไล่ไส้สีน้ำเงินได้เหมือนพลอยเม็ดเล็ก เพราะฉะนั้นสภาพการเผาพลอยเม็ดใหญ่และเม็ดเล็กจะแตกต่างกันจึงน่าจะมีการศึกษาต่อไป
3. สภาวะการเผาขึ้นอยู่กับคุณภาพของพลอยดิบ ถ้าพลอยดิบมีคุณภาพต่ำมีรอยแตกมาก การเผาให้ได้คุณภาพดีขึ้นทำได้ยาก ควรเผาโดยการเติมสารเติมแต่งจึงควรมีการศึกษาในเรื่องนี้ต่อไป
4. พลอยที่มีไส้กลางสีน้ำเงินแสงผ่านได้และมีรอยแตกล้นน้อย สามารถเผาได้โดยไม่จำเป็นต้องใส่สารเติมแต่งใดๆ ดังนั้นก่อนเผาจึงควรคัดแยกพลอยดิบตามคุณภาพ เพื่อจะได้จัดสภาวะการเผาได้ถูกต้อง การสูญเสียพลอยก็จะน้อยลง



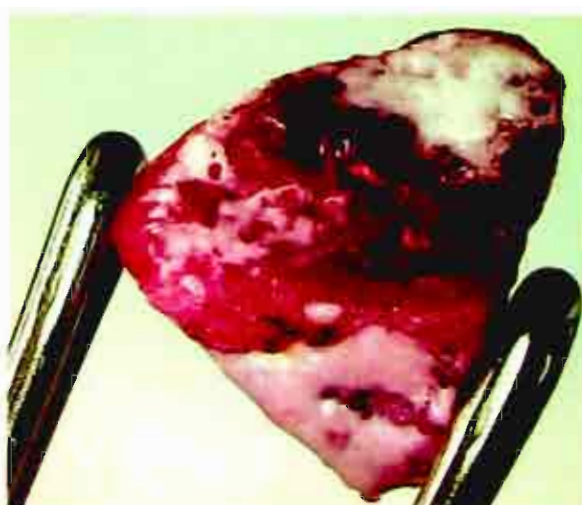
รูปที่ 3 ลักษณะสีกลางสีน้ำเงินภายในทับทิมหลังเผา
ที่อุณหภูมิต่างๆ
(ก) เเผาแบบ EHO
(ข) เเผาแบบ ELO

เผาแบบ EHO

เผาแบบ ELO



(ข)



(ค)

รูปที่ 4 สารสีชาวที่เกิดขึ้นจากการเผา

- (ก) เผาแบบ EHO และ ELO
- (ข) ภาพขยายสารสีชาวเผาแบบ EHO
- (ค) ภาพขยายสารสีชาวเผาแบบ ELO



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 5 ลักษณะของทับทิมมอซงชู

(ก) ก้อนเผา

(ข) เผาโดยไม่ใส่สารเติมแต่งแบบ ELO

(ค) เผาโดยใส่สารเติมแต่งแบบ ELO

เอกสารอ้างอิง

- Bosshart, G., 1982. Distinction of natural and synthetic rubies by ultraviolet spectrophotometry. *Journal of Gemmology*, 18(2), 145-160.
- Clark, C., 1993. Thai cooking class with chef Kwanmuang "Gow" Bumrungrpanichtarworn. *JewelSiam*, 4(5), 57.
- Hlaing, U.T., 1991. A new Myanmar ruby deposit. *Australian Gemmologist*, 17(12), 509-510.
- Laughter, T., 1993. The Mong Hsu mix-up. *JewelSiam*, 4(5), 34-37.
- Peretti, A., 1993. Foreign substances in Mong Hsu rubies. *JewelSiam*, 4(5), 42
- Peretti, A., Schmetzer, K., Bernhardt, H.-J., and Mouawad, F., 1995. Rubies from Mong Hsu, *Gems & Gemology*, 31(1), 2-26.
- Schmetzer, K., and Bank, H., 1981. The colour of natural corundum, *Neues Jahrbuch fur Mineralogie Monatshefte*, 1981(2), 59-68.
- Smith, C.P., and Surdez, N., 1994. The Mong Hsu ruby : A new type of Burmese ruby, *JewelSiam*, 4(6), 82-98.
- Smith, C.P., 1995. A contribution to understanding the infrared spectra of rubies from Mong Hsu, Myanmar, *Journal of Gemmology*, 24(5), 321-335.
- Themelis, T., 1992. *The heat treatment of ruby and sapphire*. 1st edition, Gemlab Inc. U.S.A. pp. 26-34.

ภาคผนวก 1

ลักษณะทั้บทีมมองชูก่อนและหลังเผา

ภาคผนวก 1.1 ลักษณะทับทิมก่อนเผาและหลังเผาแบบ EHO เพื่อศึกษาอุณหภูมิการเผา

สภาวะการเผา ทับทิม / รหัสทับทิม	ลักษณะทับทิมก่อนเผา				ลักษณะทับทิมหลังเผา				Remark
	Blue Zoning	Crack	Remark		Blue Zoning	Crack	Cloudy	Solid	
900 329 2 800 EHO 152 EHO 224B	ชัดเจนมาก ชัดเจนมาก	มาก น้อย	- -		ชัดเจนมาก ชัดเจนมาก	มาก มาก	มาก มาก	ของแข็งสีขาวตามขอบพลอยและรอยแตก ของแข็งสีขาวและสีเหลืองเข้มตามขอบพลอยและรอยแตก	Body Color สีแดงอมม่วง Body Color สีแดงอมม่วง
1400 329 2 800 EHO 73 EHO 74 EHO 76	ชัดเจนมาก ชัดเจนมาก ชัดเจนมาก	น้อย น้อย มาก	- Silk Repeated Twinning Silk Repeated Twinning		ชัดเจนมาก - บาง ๆ	มาก มาก มาก	มาก น้อย มาก	ของแข็งสีขาวและสีส้มตามขอบพลอย ของแข็งสีขาวตามขอบพลอยและรอยแตก ของแข็งสีขาวตามขอบพลอย	Orange Zoning บาง ๆ Silk, Repeated Twinning Orange Zoning บาง ๆ Silk, Repeated Twinning
1500 329 2 800 EHO 115 EHO 116 EHO 117	ชัดเจนมาก ชัดเจนมาก ชัดเจนมาก	มาก มาก น้อยมาก	Silk Crystal - Silk Needle		ชัดเจนมาก บาง ๆ บาง ๆ	มาก มาก น้อยมาก	มาก มาก -	ของแข็งสีขาวตามขอบพลอยและรอยแตก ของแข็งสีขาวและสีเหลืองเข้มตามขอบพลอยและรอยแตก ของแข็งสีขาวและสีเหลืองเข้มตามขอบพลอย	Orange Zoning บาง ๆ - Silk, Needle
1550 329 2 800 EHO 201 EHO 212	ชัดเจนมาก ชัดเจนมาก	น้อยมาก มาก	- -		ชัดเจนมาก ชัดเจนมาก	มาก มาก	มาก มาก	ของแข็งสีขาวและสีเหลืองเข้มตามขอบพลอยมาก ของแข็งสีขาวและสีเหลืองเข้มตามขอบพลอย และรอยแตกมาก	Body Color สีม่วงอมม่วง Body Color สีแดง

ภาคผนวก 1.1 ลักษณะทับทิมของลูกก่อนเผาและหลังเผาแบบ EHO เพื่อศึกษาอุณหภูมิการเผา (ต่อ)

สภาวะการเผา	ลักษณะทับทิมก่อนเผา				ลักษณะทับทิมหลังเผา				Remark
	Blue Zoning	Crack	Remark		Blue Zoning	Crack	Cloudy	Solid	
ทับทิม / รหัสทับทิม									
1600 329 2 800 EHO 101	ชัดเจนมาก	มาก	Silk Crystal		ชัดเจน	มาก	น้อย	ของแข็งสีขาวตามขอบพลอยหนาและมีขวงแข็งสีส้ม	Orange Zoning บาง ๆ Silk, Crystal
EHO 102	ชัดเจนมาก	มาก	Silk		ชัดเจน	มาก	มาก	ของแข็งสีขาวและสีส้มตามขอบพลอยและรอยแตกมาก	Orange Zoning ชัดเจนมาก Silk
1650 329 2 800 EHO 118	ชัดเจนมาก	น้อยมาก	Silk		บาง ๆ	มาก	น้อยมาก	ของแข็งสีขาวตามขอบพลอยและรอยแตก และมีขวงแข็งสีส้มบ้าง	Orange Zoning บาง ๆ Silk
EHO 119	ชัดเจนมาก	น้อย	Repeated Twinning		-	มาก	มาก	ขวงแข็งสีขาวและสีส้มตามขอบพลอยและรอยแตกมาก	Orange Zoning ชัดเจนมาก Repeated Twinning
EHO 136	ชัดเจนมาก	น้อย	-		บาง ๆ	มาก	มาก	ของแข็งสีขาวและสีส้มตามขอบพลอย	Orange Zoning ชัดเจนมาก
1700 329 2 800 EHO 104	ชัดเจนมาก	ขอบแตก	Silk Needle		บาง ๆ	มาก	ขอบแตก	ของแข็งสีขาวตามขอบพลอย	Orange Zoning ชัดเจนมาก Silk, Needle
EHO 105	ชัดเจนมาก	มาก	-		-	มาก	มาก	ของแข็งสีขาวและสีส้มตามขอบพลอยและรอยแตกมาก	Orange Zoning ชัดเจนมาก
EHO 106	ชัดเจนมาก	มาก	Silk		บาง ๆ	มาก	มาก	ขวงแข็งสีขาวและสีส้มตามขอบพลอยและรอยแตกมาก พาหนงแข็งสีขาวปนเขียว 1 กลุ่ม	Orange Zoning ชัดเจนมาก Silk

ภาคผนวก 1.2 ลักษณะทับทิมของชุดก่อนเผาและหลังเผาแบบ EHO เพื่อศึกษาอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ

สภาวะการเผา ทับทิม / รหัสทับทิม	ลักษณะทับทิมก่อนเผา			ลักษณะทับทิมหลังเผา				
	Blue Zoning	Crack	Remark	Blue Zoning	Crack	Cloudy	Solid	Remark
1600 260 2 800 EHO 60 EHO 66	ชัดเจนมาก	น้อย	-	ชัดเจน	น้อย	มาก	ของแข็งสีขาวตามขอบพลอย	Body Color สีมพูมส้ม
	ชัดเจนมาก	น้อย	Silk, Crystal	ชัดเจน	น้อย	มาก	ของแข็งสีขาวตามขอบพลอยและรอยแตก	Body Color สีมพูมส้ม Silk, Crystal
1600 329 2 800 EHO 101 EHO 102	ชัดเจนมาก	มาก	Silk Crystal	ชัดเจน	มาก	น้อย	ของแข็งสีขาวตามขอบพลอยหนามากและมีของแข็งสีส้ม	Orange Zoning บาง ๆ Silk, Crystal
	ชัดเจนมาก	มาก	Silk	ชัดเจน	มาก	มาก	ของแข็งสีขาวและสีส้มตามขอบพลอยและรอยแตกมาก	Orange Zoning ชัดเจนมาก Silk
1600 433 2 800 EHO 67 EHO 70	ชัดเจนมาก	น้อย	Silk	-	มาก	มาก	ของแข็งสีขาวตามขอบพลอยและรอยแตก	Body Color สีมพูมแดง Silk
	ชัดเจนมาก	น้อย	Body Color สีมพูม ม่วงซีด ๆ, Silk	-	มาก	มาก	ของแข็งสีขาวตามขอบพลอยและรอยแตก	Orange Zoning ชัดเจนมาก Silk

ภาคผนวก 1.2 ลักษณะทั้บิทมเองสูงก่อนและหลังเผาแบบ EHO เพื่อศึกษาอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ (ต่อ)

สภาวะการเผา		ลักษณะทับทิมก่อนเผา			ลักษณะทับทิมหลังเผา				
ทับทิม / รหัสทับทิม		Blue Zoning	Crack	Remark	Blue Zoning	Crack	Cloudy	Solid	Remark
1600 650 2 800									
EHO 69	ชัดเจนามาก	น้อย	Silk		-	น้อย	มาก	ของแข็งสีขาวตามขอบพลอย และพบของแข็งสีส้มและสีดำที่ขอบพลอย 1 กลุ่ม	Body Color สีชมพูใส Silk, Repeated Twinning
EHO 72	ชัดเจนามาก	น้อย	Crystal		ชัดเจนามาก	มาก	มาก	ของแข็งสีขาวตามขอบพลอยหนา	Orange Zoning ชัดเจนามาก Crystal
EHO 88	ชัดเจนามาก	น้อยมาก	Silk		-	มาก	น้อย	ของแข็งสีขาวตามขอบพลอย	Body Color สีส้มใสปนชมพู Silk, Repeated Twinning

ภาคผนวก 1.3 ลักษณะทับทิมก่อนและหลังเผาแบบ EHO เพื่อศึกษาเวลาแช่พลอย

ผลการการณา รหัสทับทิม	ลักษณะทับทิมก่อนเผา						ลักษณะทับทิมหลังเผา					
	Blue Zoning	Orange	Crack	Cloudy	White Solid	Body Color	Blue Zoning	Orange	Crack	Cloudy	White Solid	Body Color
1600 260 0.5 800 EHO 110 EHO 127 EHO 113	ชัดเจน ชัดเจนมาก ชัดเจน	- - -	มาก มาก มาก	- - -	ขอบน้อย ขอบน้อยมาก ขอบน้อย	ชมพูอมม่วง แดง แดงอมส้ม	ชัดเจน ชัดเจน ชัดเจน	- - ชัดเจน	มาก มาก มาก	- - -	ขอบน้อย ขอบน้อยมาก ขอบมาก	ชมพูอมม่วง แดง แดงอมส้ม
1600 260 1 800 EHO 114 EHO 163 EHO 126	ชัดเจน ชัดเจน ชัดเจน	- - -	มาก มาก มาก	- - -	ขอบน้อย ขอบน้อย -	ชมพูอมแดง แดงอมชมพู ชมพูอมแดง	ชัดเจน ชัดเจน ชัดเจน	ชัดเจน - -	มาก มาก มาก	- - -	ขอบน้อย ขอบหนามาก -	ชมพูอมแดง ชมพูอมแดง แดงอมชมพู
1600 260 3 800 EHO 121 EHO 172 EHO 138	ชัดเจน ชัดเจน ชัดเจน	- - -	มาก มาก มาก	- - -	ขอบน้อย ขอบน้อย ขอบน้อย	ชมพูอมม่วง แดงอมส้มจางๆ ชมพูอมม่วง	ชัดเจน ชัดเจน ชัดเจน	ชัดเจน - -	มาก มาก มาก	- - -	ขอบน้อย ขอบน้อย ขอบน้อย	ชมพูอมม่วง แดงอมส้มจางๆ ชมพูอมม่วง
1600 260 4 800 EHO 124 EHO 147 EHO 148	ชัดเจน ชัดเจน ชัดเจน	- - -	มาก มาก มาก	- - -	ขอบน้อย ขอบน้อย ขอบน้อย	ชมพู ชมพูอมม่วง ชมพู	ชัดเจน ชัดเจน ชัดเจน	ชัดเจน - -	มาก มาก มาก	- ชัดเจน -	ขอบน้อย ขอบน้อย ขอบน้อย	ชมพูอมม่วง ชมพู ชมพู

ภาคผนวก 1.4 ลักษณะทับทิมของลูกก่อนและหลังเผาแบบ EHO เพื่อศึกษาอัตราการลดอุณหภูมิ

สภาวะการเผา	ลักษณะทับทิมก่อนเผา						ลักษณะทับทิมหลังเผา					
	Blue Zoning	Orange	Crack	Cloudy	White Solid	Body Color	Blue Zoning	Orange	Crack	Cloudy	White Solid	Body Color
1600 260 3 66	ชัดเจน	-	น้อย	-	-	ชมพู	จาง ๆ	-	น้อย	-	-	ชมพู ชมพูอมแดง แดงอมชมพู
EHO 141		-	มาก	-	น้อย	ชมพูอมแดง	-	-	มาก	ชัดเจนมาก	ขอบผิวมาก	
EHO 151		-	มาก	-	ขอบน้อย	แดงอมชมพู	-	จาง ๆ	มาก	-	ขอบน้อย	
EHO 134	ชัดเจน	-	มาก	-			-					
1600 260 3 150	ชัดเจน	-	มาก	-	ขอบน้อย	ชมพูอมม่วง	จาง ๆ	-	มาก	-	ขอบน้อย	ชมพูอมม่วง ชมพูอมส้มอมม่วง ชมพูอมแดง
EHO 150		-	มาก	-	น้อย	ชมพูอมม่วง	จาง ๆ	จาง ๆ	มาก	-	น้อย	
EHO 139		-	มาก	-	น้อย	ชมพูอมม่วง	จาง ๆ	จาง ๆ	มาก	-	ขอบมาก	
EHO 128	ชัดเจน	-	มาก	-		ชมพูอมแดง	จาง ๆ	จาง ๆ				
1600 260 3 240	จาง ๆ	-	น้อย	-	ขอบน้อย	ชมพู	จาง ๆ	-	น้อย	-	ขอบน้อย	ชมพู ชมพูอมส้ม ชมพู
EHO 153		-	น้อย	-	ขอบน้อย	ชมพูอมส้ม	ชัดเจน	-	น้อย	-	ขอบน้อย	
EHO 133		-	น้อย	-	ขอบน้อยมาก	ชมพู	ชัดเจน	ชัดเจน	น้อย	-	ขอบน้อยมาก	
EHO 154	ชัดเจน	-	น้อย	-			ชัดเจน					
1600 260 3 800	ชัดเจน	-	มาก	-	ขอบน้อย	ชมพูอมม่วง	ชัดเจน	ชัดเจน	มาก	-	ขอบน้อย	ชมพูอมม่วง แดงอมส้มจาง ๆ ชมพูอมม่วง
EHO 121		-	มาก	-	ขอบน้อย	แดงอมส้มจาง ๆ	ชัดเจน	-	มาก	-	ขอบน้อย	
EHO 172		-	มาก	-	ขอบน้อย	ชมพูอมม่วง	ชัดเจน	-	มาก	-	ขอบน้อย	
EHO 138	ชัดเจน	-	มาก	-	ขอบน้อย		ชัดเจน		มาก		ขอบน้อย	

ภาคผนวก 1.5 ลักษณะทับทิมของลูกก่อนเผาและหลังเผาแบบ ELO เพื่อศึกษาอุณหภูมิ

สภาวะการเผา	ลักษณะทับทิมก่อนเผา						ลักษณะทับทิมหลังเผา					
	Blue Zoning	Orange	Crack	Cloudy	White Solid	Body Color	Blue Zoning	Orange	Crack	Cloudy	White Solid	Body Color
1000 550 1 700												
ELO 129	ชัดเจน	-	มาก	-	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง						
ELO 145	ชัดเจน	รอบๆZoning	มาก	มาก	มาก	ชมพูอมส้ม						
ELO 203	ชัดเจน	จางๆ	มาก	-	น้อย	ชมพูอมแดง						
1200 550 1 700												
ELO 230	ชัดเจน	-	มาก	-	ขอบมาก	ชมพูอมแดง						
ELO 251	ชัดเจน	-	มาก	-	น้อย	ชมพูอมส้ม						
ELO 259	ชัดเจน	-	มาก	-	น้อย	ชมพูอมส้ม						
1300 550 1 700												
ELO 146	ชัดเจน	-	มาก	-	ขอบน้อย	แดงอมชมพู						
ELO 159	ชัดเจน	-	น้อย	-	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง						
ELO 169	ชัดเจน	จางๆ	มาก	-	ขอบน้อย	ชมพูอมส้ม						
1400 550 1 700												
ELO 109	ชัดเจน	-	มาก	-	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง						
ELO 307	ชัดเจน	-	มาก	-	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง						
ELO 108	ชัดเจน	-	มาก	-	ขอบน้อย	แดงอ่อน						
FLO 216	ชัดเจน	-	มาก	-	ขอบน้อย	หลายสี						
ELO 221	ชัดเจน	-	มาก	-	ขอบน้อย	แดงอมชมพู						

ภาคผนวก 1.5 ลักษณะทั้ปมของลูกก่อนเผาและหลังเผาแบบ ELO เพื่อศึกษาอุณหภูมิ(ต่อ)

สภาวะการเผา	ลักษณะที่เห็นก่อนเผา						ลักษณะที่เห็นหลังเผา					
	Blue Zoning	Orange	Crack	Cloudy	White Solid	Body Color	Blue Zoning	Orange	Crack	Cloudy	White Solid	Body Color
1450 550 1 700												
ELO 140	ชัดเจน	ชัดเจน	มาก	-	-	ชมพูอมแดง	ลดลง	มากขึ้น	มาก	มากขึ้น	-	ชมพูอมแดง
ELO 142	ชัดเจน	ชัดเจน	มาก	-	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง	ลดลง	เหมือนเดิม	มาก	-	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง
ELO 164	ชัดเจน	-	มาก	-	มาก	แดงอมชมพู	ลดลง	มากขึ้น	มาก	มากขึ้น	มากขึ้น	แดงอมชมพู
1500 550 1 700												
ELO 215	ทั่วไปชัดเจน	-	มาก	-	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง	หย่อมๆ	-	มาก	มากขึ้น	มากขึ้น	ชมพูอมแดง
ELO 231	ทั่วไปชัดเจน	-	-	-	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง	ลดลง	-	-	ขอบน้อย	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง
ELO 234	ทั่วไปชัดเจน	-	มาก	-	ขอบน้อย	แดงอมชมพู	ลดลง	-	มาก	มากขึ้น	มากขึ้น	แดงอมชมพู
ELO 241	ชัดเจน		มาก	มุ่มมาก	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง	น้อยลงมาก	-	มาก	มากขึ้น	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง
ELO 249	ชัดเจน	-	มาก	มาก	ผิวน้อย	ชมพูอมแดง	ลดลง	-	มาก	มากขึ้น	ผิวน้อย	ชมพูอมแดง
ELO 252	ชัดเจน	รอบๆ zoning	มาก	-	หลุมมาก	ชมพูอมชมพู	ลดลง	จางมาก	มาก	-	หลุมมาก	ชมพูอมแดง
1550 550 1 700												
ELO 149	ชัดเจน	จางๆ	มาก	-	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง	ลดลง	มากขึ้น	มาก	-	มากขึ้น	ส้มอมชมพู
ELO 156	ชัดเจน	-	มาก	-	มาก	แดงอมชมพู	ชัดเจน	-	มาก	-	มากขึ้น	ชมพูอมแดง
ELO 208	ชัดเจน	-	มาก	-	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง	ลดลง	มากขึ้น	มาก	มากขึ้น	ขอบน้อย	ชมพูอมส้ม

ภาคผนวก 1.5 ลักษณะทับทิมของลูกก่อนเผาและหลังเผาแบบ ELO เพื่อศึกษาอุณหภูมิ(ต่อ)

สภาวะการเผา	ลักษณะทับทิมก่อนเผา						ลักษณะทับทิมหลังเผา					
	Blue Zoning	Orange	Crack	Cloudy	White Solid	Body Color	Blue Zoning	Orange	Crack	Cloudy	White Solid	Body Color
1600 550 1 700												
ELO 202	ชัดเจน	-	มาก	-	ขอบน้อย	ชมพู	น้อยลง	มากขึ้น	มาก	มาก	ขอบน้อย	ชมพู
ELO 204	ชัดเจน	-	มาก	-	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง	น้อยลง	มากขึ้น	มาก	น้อย	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง
ELO 254	ชัดเจน	-	น้อย	-	น้อย	ชมพูอมแดง	น้อยลง	มากขึ้น	น้อย	-	น้อย	ชมพูอมแดง
1700 550 1 700												
CH 49	แสงผ่าน	-	-	-	-	ชมพูอมแดง	-	-	-	น้อย	น้อย	แดงอมชมพู
CH 54	ทั่วไป	-	ปานกลาง	-	-	ชมพูอมแดง	-	-	ปานกลาง	เพิ่มขึ้น	ขอบพลอย	ชมพูอมแดง
CH 61	แสงผ่าน	-	มาก	-	-	แดงอมชมพู	-	-	มาก	มาก	-	แดงอมชมพู
CZ 100	แสงผ่าน	ชัดเจน	มาก	-	-	ชมพูอมส้ม	-	เพิ่มขึ้น	มาก	มาก	-	ชมพูอมแดงอ่อน
CF 70	-	-	น้อย	-	-	แดงอมส้มซีด	-	ชัดเจน	น้อย	-	-	แดงอมส้มซีด
CF 72	แยกตัว	-	-	-	-	แดงอมม่วง	Cloudy	เพิ่มขึ้น	น้อย	ค.บ. Zoning	-	ชมพูอมม่วง

ภาคผนวก 1.6 ลักษณะทับทิมมองชุก่อนผาและหลังผาแบบ ELO เพื่อศึกษาเวลาแช่พลอย

สถานะการผา	ลักษณะทับทิมก่อนผา						ลักษณะทับทิมหลังผา					
	Blue Zoning	Orange	Crack	Cloudy	White Solid	Body Color	Blue Zoning	Orange	Crack	Cloudy	White Solid	Body Color
1000 550 8 700 CF 90 CG 115 CH 65 CZ 113	ทั่วไป	-	มาก	ขอบพลอย	ขอบพลอย	ชมพูอมแดง	จาง ๆ	-	มาก	ขอบพลอย	ขอบพลอย	ชมพูอมแดง
	แสงผ่าน	-	มาก	-	-	ชมพูอมส้ม	จางลง	-	มาก	มาก	-	ชมพูอมส้ม
	แสงผ่าน	-	มาก	-	-	ชมพูอมส้ม	จางลง	-	มาก	-	-	ชมพูอมส้ม
	แยกตัว	-	มาก	-	-	ชมพูอมส้ม	ชัดเจน	-	มาก	-	-	ชมพูอมแดง
1200 550 4 700 CG 117 CH 64 CZ 111	แสงผ่าน	-	มาก	-	ขอบพลอย	ชมพูอมแดง	จางลง	-	มาก	มาก	มาก	ชมพูอมแดง
	แยกตัว	-	มาก	-	-	ชมพูอมส้ม	-	มาก	มาก	-	-	ชมพูอมส้ม
	แสงผ่าน	-	มาก	-	ตัวพลอย	ชมพูอมแดง	-	มาก	มาก	มาก	มาก	ชมพูอมแดง
1300 550 1 700 ELO 146 ELO 159 ELO 169	ชัดเจน	-	มาก	-	ขอบน้อย	แดงอมชมพู	ลดลง	-	มาก		ขอบน้อย	แดงอมชมพู
	ชัดเจน	-	น้อย	-	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง	ลดลง	จาง ๆ	น้อย		ขอบน้อย	ชมพูอมแดง
	ชัดเจน	จาง ๆ	มาก	-	ขอบน้อย	ชมพูอมส้ม	ลดลง	มากขึ้น	มาก	มากขึ้น	ขอบน้อย	ชมพูอมส้ม
1300 550 4 700 ELO 220 ELO 240 ELO 243	ชัดเจน	รอบ ๆ Zoning	มาก	-	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง	ชัดเจน	-	มาก	-	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง
	ชัดเจน	จาง ๆ	มาก	-	ขอบ, หลุมน้อย	ชมพูอมแดง	ลดลง	จาง ๆ	มาก	มากขึ้น	มากขึ้น	ชมพูอมแดง
	ชัดเจน	-	มาก	-	ขอบ, หลุมน้อย	ชมพูอมแดง	ชัดเจน	มากขึ้น	มาก	-	คาบ, หลุมเล็ก	ชมพูอมแดง

ภาคผนวก 1.6 ลักษณะทับทิมของลูกอเนผาและหลังผาแบบ ELO เพื่อศึกษาเวลาที่แช่พลอย (ต่อ)

สภาพการเผา	ลักษณะทับทิมก่อนเผา						ลักษณะทับทิมหลังเผา					
	Blue Zoning	Orange	Crack	Cloudy	White Solid	Body Color	Blue Zoning	Orange	Crack	Cloudy	White Solid	Body Color
1400 550 1 700												
ELO 109	ชัดเจน	-	มาก	-	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง	ชัดเจน	ชัดเจน	มาก	ชัดเจน	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง
ELO 307	ชัดเจน	-	มาก	-	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง	จางมาก	-	มาก	ชัดเจน	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง
ELO 108	ชัดเจน	-	มาก	-	ขอบน้อย	แดงอ่อน	ชัดเจน	ชัดเจน	มาก	มาก	ขอบน้อย	แดงอ่อน
ELO 216	ชัดเจน	-	มาก	-	ขอบน้อย	หลายสี	ชัดเจน	ชัดเจน	มาก	มาก	ขอบน้อย	หลายสี
ELO 221	ชัดเจน	-	มาก	-	ขอบน้อย	แดงอมชมพู	ชัดเจน	ชัดเจน	มาก	มาก	ขอบน้อย	แดงอมชมพู
1400 550 3 700												
ELO 158	ชัดเจน	รอบๆZoning	มาก	-	ขอบ, หลุน้อย	ชมพูอมม่วง	อ่อนลง	มากขึ้น	มาก	มากขึ้น	มากขึ้น	ชมพูอมแดง
ELO 170	ชัดเจน	ข้างๆZoning	มาก	ชัดเจน	ขอบน้อย	ชมพูอมม่วง	อ่อนลง	มากขึ้น	มาก	มากทั่วไป	มากขึ้น	ชมพูอมแดง
ELO 245	ชัดเจน	จางๆ	ปานกลาง	-	ขอบน้อย	ชมพูอมส้ม	ชัดเจน	มากขึ้น	ปานกลาง	-	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง
1400 550 (1+2) 700												
ELO 108	จางๆ	ชัดเจน	มาก	มาก	น้อย	แดงอ่อน	ลดลง	มากขึ้น	มาก	มาก	น้อย	ชมพู
ELO 216	ชัดเจน	ชัดเจน	มาก	มาก	น้อย	หลายสี	ไม่เปลี่ยนแปลง					
ELO 221	ชัดเจน	ชัดเจน	มาก	มาก	น้อย	แดงอมชมพู	ลดลง	มากขึ้น	มาก	มาก	น้อย	แดงอมชมพู

ภาคผนวก 1.6 ลักษณะทับทิมก่อนเผาและหลังเผาแบบ ELO เพื่อศึกษาเวลาที่แช่พลอย (ต่อ)

ผลการการเผา	ลักษณะทับทิมก่อนเผา						ลักษณะทับทิมหลังเผา					
	Blue Zoning	Orange	Crack	Cloudy	White Solid	Body Color	Blue Zoning	Orange	Crack	Cloudy	White Solid	Body Color
รหัสทับทิม												
1400 550 (3+2) 700							ไม่เปลี่ยน					
ELO 158	ขัดเจิน	ขัดเจิน	มาก	มาก	น้อย	ชมพูอมแดง						
ELO 170	จางๆ	ขัดเจิน	มาก	มาก	น้อย	ชมพูอมแดง						
ELO 245	ขัดเจิน	ขัดเจิน	มาก	น้อย	น้อย	ชมพูอมแดง						
1400 550 4 700												
CZ 108	แสงผ่าน	ขัดเจิน	มาก	-	ขอบพลอย	ชมพูอมส้ม						ชมพูอมส้ม
CZ 109	แสงผ่าน	-	มาก	มาก	น้อย	ชมพูอมม่วง						ชมพูอมส้ม
1500 550 1 700												
ELO 215	หัวไปขัดเจ	-	มาก	-	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง	ห้อยม ๆ	-	มาก	มากขึ้น	มากขึ้น	ชมพูอมแดง
ELO 231	หัวไปขัดเจ	-	-	-	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง	ลดลง	-	-	-	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง
ELO 234	หัวไปขัดเจ	-	มาก	-	ขอบน้อย	แดงอมชมพู	ลดลง	-	มาก	มากขึ้น	มากขึ้น	แดงอมชมพู
ELO 241	ขัดเจิน	-	มาก	มุมมาก	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง	น้อยลงมาก	-	มาก	มากขึ้น	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง
ELO 249	ขัดเจิน	-	มาก	มาก	ผิวน้อย	ชมพูอมแดง	ลดลง	-	มาก	มากขึ้น	ผิวน้อย	ชมพูอมแดง
ELO 252	ขัดเจิน	รอบๆ Zoning	มาก	-	หลุมมาก	ชมพูอมแดง	ลดลง	จางลง	มาก	-	หลุมมาก	ชมพูอมแดง

ภาคผนวก 1.6 ลักษณะทับทิมก่อนเผาและหลังเผาแบบ ELO เพื่อศึกษาเวลาที่แช่พลอย (ต่อ)

สภาวะการเผา รหัสทับทิม	ลักษณะทับทิมก่อนเผา						ลักษณะทับทิมหลังเผา					
	Blue Zoning	Orange	Crack	Cloudy	White Solid	Body Color	Blue Zoning	Orange	Crack	Cloudy	White Solid	Body Color
1500 550 2 700												
ELO 129	ชัดเจน	-	มาก	-	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง	ลดลงมาก	มากขึ้น	มาก	มากขึ้น	มากขึ้น	ชมพูเข้มอมแดง
ELO 145	ชัดเจน	จางๆ	มาก	น้อย	ขอบน้อย	ชมพูอมส้ม	ลดลงมาก	มากขึ้น	มาก	มากขึ้น	มากขึ้น	ชมพูอมแดง
ELO 203	จางๆ	จางๆ	มาก	-	-	ชมพูอมแดง	ลดลง	มากขึ้น	มาก	มากขึ้น	มากขึ้น	ชมพูอมแดง
ELO 218	ชัดเจน	-	มาก	-	ขอบน้อยมาก	ชมพูอมแดง	จางๆ	มากขึ้น	มาก	มากขึ้น	มากขึ้น	แดงอมชมพู
ELO 223	ชัดเจน	-	ปานกลาง	-	-	ชมพูอมแดง	ลดลง	จางๆ	ปานกลาง	-	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง
ELO 256	ชัดเจน	-	น้อย	-	หน้าTable	ชมพูอมแดง	ลดลงมาก	มากขึ้น	มาก	มากขึ้น	เพิ่มขึ้น	แดงอมชมพู
1500 550 3 700												
ELO 217	ชัดเจน	-	มาก	-	ขอบน้อย	แดงอมชมพู	ลดลง	-	มาก	-	ขอบน้อย	แดงอมชมพู
ELO 246	ชัดเจน	-	มาก	-	ขอบน้อย	แดงอมชมพู	ลดลง	มากขึ้น	มาก	มากขึ้น	ขอบน้อย	แดงอมชมพู
ELO 255	ชัดเจน	-	มาก	-	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง	ลดลง	มากขึ้น	มาก	มากขึ้น	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง
1500 550 (1+1)* 700												
ELO 241	จางมาก	-	มาก	มาก	มาก	ชมพูอมแดง	จางมาก	จางๆ	มาก	มาก	มาก	ชมพูอมแดง
ELO 249	จางๆ	-	มาก	มาก	มาก	ชมพูอมแดง	จางๆ	จางๆ	มาก	มาก	มาก	ชมพูอมแดง
ELO 252	จางมาก	จางๆ	มาก	-	มาก	ชมพูอมแดง	จางมาก	จางมาก	มาก	-	มาก	ชมพูอมแดง

ภาคผนวก 1.6 ลักษณะทับทิมก่อนเผาและหลังเผาแบบ ELO เพื่อศึกษาเวลาที่แช่พลอย (ต่อ)

สภาวะการเผา	ลักษณะทับทิมก่อนเผา						ลักษณะทับทิมหลังเผา					
	Blue Zoning	Orange	Crack	Cloudy	White Solid	Body Color	Blue Zoning	Orange	Crack	Cloudy	White Solid	Body Color
1500 550 (1+2)**700												
ELO 215	หย่อมๆ	-	มาก	มาก	มาก	ชมพูอมแดง	หย่อมๆ	-	มาก	มาก	มาก	ชมพูอมแดง
ELO 231	ชัดเจน	-	-	-	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง	ชัดเจน	-	-	-	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง
ELO 234	ชัดเจน	-	มาก	มาก	มาก	แดงอมชมพู	ชัดเจน	-	มาก	มาก	มาก	แดงอมชมพู
1600 550 1 700												
ELO 202	ชัดเจน	-	มาก	-	ขอบน้อย	ชมพู	น้อยลง	มากขึ้น	มาก	มาก	ขอบน้อย	ชมพู
ELO 204	ชัดเจน	-	มาก	-	ขอบน้อย	ชมพูแดง	น้อยลง	มากขึ้น	มาก	น้อย	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง
ELO 254	ชัดเจน	-	น้อย	-	น้อย	ชมพูอมแดง	น้อยลง	มากขึ้น	น้อย	-	มาก	ชมพูอมแดง
1600 550 2 700												
CF 89	แสงผ่าน	ชัดเจน	-	-	ขอบพลอย	ชมพูอมส้มแดง	-	1 หย่อม	-	-	ขอบพลอย	ชมพูอมแดง
CG 111	ทั่วไป	-	มาก	-	-	ชมพูอมม่วง	จางลง	-	มาก	จางๆ	-	ชมพูอมม่วง
CH 69	ทั่วไป	-	มาก	-	-	ชมพูอมแดง	-	-	มาก	-	มาก	ชมพูอมแดง
CH 71	แสงผ่าน	-	มาก	-	ขอบพลอย	ชมพูอมส้ม	-	1 หย่อม	มาก	จางๆ	ตัวพลอย	ชมพูอมแดง
CZ 106	แสงผ่าน	-	มาก	-	-	ชมพูอมแดง	-	-	มาก	น้อย	-	ชมพูอมแดง
CG 109	ทั่วไป	-	มาก	-	-	ชมพูอมแดง	-	-	มาก	มาก	-	ชมพูอมแดง

ภาคผนวก 1.6 ลักษณะทับทิมก่อนเผาและหลังเผาแบบ ELO เพื่อศึกษาเวลาที่แช่พลอย (ต่อ)

สภาวะการเผา	ลักษณะทับทิมก่อนเผา						ลักษณะทับทิมหลังเผา					
	Blue Zoning	Orange	Crack	Cloudy	White Solid	Body Color	Blue Zoning	Orange	Crack	Cloudy	White Solid	Body Color
1600 550 4 700												
CF 85	แสงผ่าน	-	มาก	-	-	ชมพูอมแดง	-	-	มาก	มาก	สีส้ม	ชมพูอมแดง
CF 87	แสงผ่าน	-	มาก	-	-	ชมพูอมแดง	-	-	มาก	-	-	ชมพูอมแดง
CF 90	แสงผ่าน	-	-	-	-	ชมพูอมแดง	จางลง	-	เพิ่มขึ้น	ขอบพลอย	ขอบพลอย	ชมพูอมแดง
CH 73	แสงผ่าน	-	มาก	-	สีเขียว	ชมพูอมแดง	-	-	มาก	มาก	ขอบพลอย	ชมพูอมม่วง
1700 550 1 700												
CH 54	ทั่วไป	-	ปานกลาง	-	-	ชมพูอมแดง	-	-	ปานกลาง	เพิ่มขึ้น	ขอบพลอย	ชมพูอมแดง
CH 61	แสงผ่าน	-	มาก	-	-	แดงอมชมพู	-	-	มาก	มาก	-	แดงอมชมพู
CZ 100	แสงผ่าน	ชัดเจน	มาก	-	-	ชมพูอมส้ม	-	เพิ่มขึ้น	มาก	มาก	-	ชมพูอมแดงอ่อน
1700 550 2 700												
CH 56	แยกตัว	-	น้อย	-	-	ชมพูอมม่วง	-	-	น้อย	เพิ่มขึ้น	ขอบพลอย	ชมพูอมม่วง
CH 58	แสงผ่าน	-	น้อย	-	-	แดงอมชมพู	-	-	น้อย	-	-	ชมพูอมม่วง
CZ 102	ทั่วไป	-	ปานกลาง	-	-	ชมพูอมม่วง	-	-	ปานกลาง	เพิ่มขึ้น	-	ชมพูอมม่วง
CF 68	ทั่วไป	-	มาก	-	-	แดงอมชมพู	-	-	มาก	-	ขอบพลอย	แดงอมชมพู
CG 116	แยกตัว	-	มาก	-	ตัวพลอย	ชมพูอมแดง	-	-	มาก	ทั้งหมด	ตัวพลอย	ชมพูอมม่วง
CH 52	แสงผ่าน	-	มาก	-	-	แดงอมชมพู	-	-	มาก	-	-	แดงอมชมพู

ภาคผนวก 1.6 ลักษณะทับทิมของชุดก่อนเผาและหลังเผาแบบ ELO เพื่อศึกษาเวลาแช่พลอย (ต่อ)

สภาวะการเผา	ลักษณะทับทิมก่อนเผา						ลักษณะทับทิมหลังเผา					
	Blue Zoning	Orange	Crack	Cloudy	White Solid	Body Color	Blue Zoning	Orange	Crack	Cloudy	White Solid	Body Color
1700 550 6 700												
CH 48	ทั่วไป	-	มาก	-	สีเขียว	แดงอมม่วง	-	-	มาก	-	-	แดงอมม่วง
CH 51	ทั่วไป	-	มาก	-	-	แดงอมชมพูอมม่วง	-	-	มาก	Zoning เดิม	ตัวพลอย	แดงอมม่วง
CZ 101	แสงผ่าน +แยกตัว	-	มาก	-	-	ชมพูอมม่วง	ลดลง	-	มาก	Zoning เดิม	ตัวพลอย	ชมพูอมม่วง

ภาคผนวก 1.7 ลักษณะทับทิมของลูกอ่อนและหลังเผาแบบผสม (EHO+ ELO)

ลักษณะการเผาครั้งที่ 2	ลักษณะทับทิมก่อนเผา(เผาครั้งที่ 1 แบบ EHO)						ลักษณะทับทิมหลังเผา(เผาครั้งที่ 2 แบบ ELO)					
	Blue Zoning	Orange	Crack	Cloudy	White Solid	Body Color	Blue Zoning	Orange	Crack	Cloudy	White Solid	Body Color
แบบ ELO รหัสทับทิม												
1400 550 3 700	ชัดเจน	ชัดเจนมาก	มาก	-	ขอบน้อย	ส้มอมชมพู	อ่อนลง	มากขึ้น	มาก	-	ขอบน้อย	ส้มปนชมพู
EHO 49-H 13	-	จางๆ	มาก	มาก	ขอบน้อย	ชมพูอมขาว	-	มากขึ้น	มาก	มาก	ขอบน้อย	ชมพูอมขาว
EHO 73-H 25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EHO 76-H 25	ชัดเจน	จางๆ	มาก	ทั่วไป	ขอบน้อย	ชมพูอมส้ม	ชัดเจน	มากขึ้น	มาก	มาก	ขอบน้อย	ชมพูอมส้ม
1500 550 1 700												
EHO 110-H 35	จางๆ	-	มาก	-	รอยแตกน้อย	ชมพูอมแดง	จางๆ	-	มาก	-	รอยแตกน้อย	แดงอมชมพู
EHO 113-H 35	ชัดเจน	จางๆ	มาก	-	ขอบน้อย	ชมพูอมส้ม	ลดลง	มากขึ้น	มาก	-	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง
EHO 127-H 35	ชัดเจน	-	มาก	-	น้อย	ชมพูอมแดง	ลดลง	-	มาก	-	มากขึ้น	แดงอมชมพู
1500 550 3 700												
EHO 11A-H 21	ชัดเจน	จางๆ	มาก	มาก	มาก	ชมพูอ่อน	ชัดเจน	จางๆ	มาก	มากขึ้น	มากขึ้น	ชมพูอ่อน
EHO 75-H 21	ชัดเจน	-	น้อย	-	ขอบน้อย	ชมพูอมแดง	ชัดเจน	-	น้อย	-	มากขึ้น	ชมพูอมแดง
EHO 98-H 21	ชัดเจน	-	มาก	มาก	มาก	แดงอมชมพู	ลดลง	มากขึ้น	มาก	มาก	มาก	ชมพูอมแดง
1550 550 1 700												
EHO 79-H 18	ชัดเจน	กลางๆ	มาก	น้อย	น้อย	ชมพูอมขาว	ขาวปน	เข้มขึ้น	มาก	มากขึ้น	มากขึ้น	ชมพู
EHO 80-H 18	-	มาก	มาก	ขอบน้อย	ขอบน้อย	แดงอมชมพู	-	มากขึ้น	มาก	รอยแตก	ขอบน้อย	แดงอมชมพู
EHO 89-H 18	ชัดเจน	ชัดเจน	มาก	มาก	มาก	แดงอมชมพู	ชัดเจน	แดง	มาก	มากขึ้น	มากขึ้น	แดงอมชมพู

ภาคผนวก 1.8 ลักษณะของทับทิมของชูก่อนและหลังเผาแบบใส่ผงคาร์บอน น้ำตาลทราย และสารเติมแต่งที่ได้จากผู้ประกอบการ

สภาวะการเผา	ลักษณะทับทิมก่อนเผา						ลักษณะทับทิมหลังเผา						
	Blue Zoning	Orange	Crack	Cloudy	White Solid	Body Color	Blue Zoning	Orange	Crack	Cloudy	White Solid	Body Color	
1000 - 2 - ^c ELO ใส่น้ำตาลทราย													
ELO 30	จาง ๆ	-	มาก	-	-	ชมพูอมแดง	จางลงมาก	-	มาก	-	-	ชมพูอมแดง	
D 60	ชัดเจน	-	ไม่ชัด	-	-	ชมพูอมแดง	ชัดเจน	-	ไม่ชัด	-	เพิ่มขึ้น	ชมพูอมแดง	
D 69 (HF)	ชัดเจน	-	ไม่ชัด	-	-	ชมพูอมม่วง	ชัดเจน	-	ไม่ชัด	-	เพิ่มขึ้น	ชมพูอมม่วง	
D 70 (HF)	ชัดเจน	-	ไม่ชัด	-	-	ชมพูอมแดง	ชัดเจน	-	ไม่ชัด	-	เพิ่มขึ้น	ชมพูอมแดง	
1200 550 4 700 ELO ใส่ผงคาร์บอน													
R 33	ชัดเจน	-	น้อย	-	-	แดงอมชมพู	แตกละเอียด						
R 34	ชัดเจน	-	น้อย	-	-	ชมพูอมแดง							ชัดเจน
1400 550 2 700 ELO ใส่ผงคาร์บอน													
D 66 (HNO ₃)	ชัดเจน	-	มาก	-	-	ชมพูอมแดง	ชัดเจน	-	มาก	มาก	เพิ่มขึ้น	ชมพูอมแดง	

^c ไม่ได้ควบคุมอัตรา การเพิ่มและลดอุณหภูมิ

ภาคผนวก 1.8 ลักษณะของทับทิมมองชุก่อนและหลังเผาแบบใส่ผงคาร์บอน น้ำตาลทราย

และสารเติมแต่งที่ได้จากผู้ประกอบการ(ต่อ)

สภาวะการเผา		ลักษณะทับทิมก่อนเผา						ลักษณะทับทิมหลังเผา					
		Blue Zoning	Orange	Crack	Cloudy	White Solid	Body Color	Blue Zoning	Orange	Crack	Cloudy	White Solid	Body Color
1500 550 3 700 ELOใส่ผงคาร์บอน													
EHO 304	ชัดเจน	-	-	-	-	-	ชมพูอมแดง	ชัดเจน	-	-	มาก	-	ชมพูอมแดง
D 32	ชัดเจน	-	มาก	-	-	-	ชมพูอมแดง	ชัดเจน	-	มาก	มาก	-	ชมพูอมแดง
EHO 335 (HCl)	ชัดเจน	-	มาก	-	-	-	ชมพูอมแดง	ไม่มี	ด้านข้าง	มาก	-	-	ชมพูอมแดง
D 31 (HCl)	ชัดเจน	-	มาก	-	-	-	แดงอมชมพู		ตน. Zoning	มาก	มากขึ้น	-	แดงอมชมพู
1700 550 2 700 ELO ใส่สารจากตู้ประกอบการ													
CF 69	แสงผ่าน	-	-	-	-	-	แดงเข้มอมม่วง	จาง ๆ	ชัดเจน	-	-	-	แดงอมม่วง
CF 73	แสงผ่าน	-	-	-	-	-	แดงเข้มอมม่วง	จาง ๆ	เพิ่มขึ้น	-	เพิ่มขึ้น	-	แดงอมชมพู
CF 05	ทั่วไป	ชัดเจน	น้อย	-	-	-	ชมพูอมส้มอมม่วง	จาง ๆ	ชัดเจน	น้อย	เพิ่มขึ้น	ตัวพลอย	แดงอมชมพู
CG 05	ทั่วไป	-	น้อย	-	-	-	ชมพูอมแดง	-	ตน. Zoning	น้อย	-	-	แดงอมชมพู
CH 08	ทั่วไป	-	น้อย	-	-	-	ชมพูอมม่วง	-	ตน. Zoning	น้อย	-	-	ชมพูเข้มอมม่วง
CZ 05	ทั่วไป	ชัดเจน	มาก	-	-	สีเหลือง+สีส้ม	ชมพูอมส้ม	-	-	มาก	เพิ่มขึ้น	สีขาว	ชมพูอมม่วงค่อนข้าง

**ภาคผนวก 1.8 ลักษณะของทับทิมมองซูก่อนและหลังเผาแบบใส่ผงคาร์บอน น้ำตาลทราย
และสารเติมแต่งที่ได้จากผู้ประกอบการ(ต่อ)**

สถานะการเผา	ลักษณะทับทิมก่อนเผา						ลักษณะทับทิมหลังเผา					
	Blue Zoning	Orange	Crack	Cloudy	White Solid	Body Color	Blue Zoning	Orange	Crack	Cloudy	White Solid	Body Color
1700 550 2 700												
EH0 ได้สารจากผู้ประกอบการ												
CF 06	แยกตัว	-	มาก	-	-	ชมพูอมแดง	-	จาง ๆ	มาก	-	-	แดงอมชมพู
CG 06	แสงผ่าน	-	มาก	-	น้อย	ชมพูอมแดง	-	-	มาก	-	น้อย	ชมพูอมส้มอมแดง
CH 09	แสงผ่าน	-	มาก	-	ขอบพลอย	ชมพูอมม่วง	-	-	มาก	-	ขอบพลอย	แดงอมชมพู
CZ 06	แสงผ่าน	-	มาก	-	ขอบพลอย	ชมพูอมแดง	-	เพิ่มขึ้น	มาก	-	-	แดงอมชมพู
1700 550 6 700												
EH0 ได้สารจากผู้ประกอบการ												
EH0 03	แสงผ่าน	-	มาก	-	-	ชมพูอมม่วง	-	-	มาก	-	ขอบพลอย	ชมพูอมแดง
ELO 12	แสงผ่าน	-	มาก	-	-	ชมพูอมม่วง	-	-	มาก	-	-	ชมพูอมแดง
CG 100	แสงผ่าน	1 หย่อม	มาก	-	-	ชมพูอมส้ม	-	เพิ่มขึ้น	มาก	-	-	ชมพู
CH 45	แสงผ่าน	-	มาก	-	ขอบพลอย	แดงอมชมพูอมม่วง	-	-	มาก	-	-	แดงเข้มอมชมพูอมม่วง

ภาคผนวก 2

ค่าดัชนีหักเห ค่าไบเรฟริเจนซ์
ค่าความถ่วงจำเพาะ และการเรืองแสง
ของทับทิมมองชูก่อนและหลังเผา

ภาคผนวก 2.1 ค่าดัชนีหักเห ค่าไบเรฟริเจนซ์ ค่าความด่างจำเพาะ และการเรืองแสงของ
ทับทิมมอซงก่อนและหลังการเผาแบบ EHO เพื่อศึกษาอุณหภูมิการเผา

สภาวะ การเผาทับทิม	รหัสทับทิม	สภาวะ	ดัชนีหักเหต่ำสุด	ดัชนีหักเหสูงสุด	ไบเรฟริเจนซ์	ความด่างจำเพาะ	การเรืองแสง	การเรืองแสง
			(n_{L})	(n_{H})	(Birefringence)	(S.G.)	(L.W.)	(S.W.)
900 329 2 800	EHO 152	ก่อน	1.768	1.776	0.008	3.83	Strong	Weak
		หลัง	1.768	1.776	0.008	3.83	Strong	Weak
	EHO 2248	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.97	Weak	Inert
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.97	Weak	Inert
1400 329 2 800	EHO 73	ก่อน	*	1.770	*	4.00	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.98	Strong	Weak
	EHO 74	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.99	Strong	Weak
		หลัง	1.763	1.771	0.008	3.99	Strong	Weak
	EHO 76	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.98	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.97	Strong	Weak
1500 329 2 800	EHO 115	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.92	Strong	Inert
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.99	Strong	Weak
	EHO 116	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.93	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.00	Strong	Strong
	EHO 117	ก่อน	1.758	1.767	0.009	4.02	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.00	Strong	Weak
1550 329 2 800	EHO 201	ก่อน	1.764	1.772	0.008	3.93	Strong	Weak
		หลัง	1.764	1.772	0.008	3.93	Strong	Weak
	EHO 212	ก่อน	*	1.770	*	4.00	Strong	Weak
		หลัง	*	1.770	*	4.00	Strong	Weak
1600 329 2 800	EHO 101	ก่อน	1.763	1.771	0.008	3.85	Strong	Weak
		หลัง	1.764	1.772	0.008	3.98	Strong	Strong
	EHO 102	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.95	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.99	Strong	Strong
1650 329 2 800	EHO 118	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.94	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.97	Strong	Medium
	EHO 119	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.96	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.97	Strong	Strong
	EHO 136	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.97	Strong	Inert
		หลัง	1.762	1.770	0.008	✓ 3.99	Weak	Inert

ภาคผนวก 2.1 ค่าดัชนีหักเห ค่าไบเรฟริเจนซ์ ค่าความถ่วงจำเพาะ และการเรืองแสงของ

ทับทิมมองชุก่อนและหลังการเผาแบบ EHO เพื่อศึกษาอุณหภูมิการเผา (ต่อ)

สภาวะ	รหัสทับทิม	สภาวะ	ดัชนีหักเหต่ำสุด	ดัชนีหักเหสูงสุด	ไบเรฟริเจนซ์	ความถ่วงจำเพาะ	การเรืองแสง	การเรืองแสง
การเผาทับทิม			(n_{min})	(n_{max})	(Birefringence)	(S.G.)	(L.W.)	(S.W.)
1700 329 2 800	EHO 104	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.99	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.00	Strong	Weak
	EHO 105	ก่อน	1.763	1.772	0.009	3.95	Strong	Weak
		หลัง	1.761	1.768	0.007	3.97	Strong	Strong
	EHO 106	ก่อน	1.761	1.769	0.008	3.94	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.99	Strong	Weak

ภาคผนวก 2.2 ค่าดัชนีหักเห ค่าไบเรฟรินเจนซ์ ค่าความถี่จำเพาะ และการเรียงแสงของ
ทับทิมมองชุก่อนและหลังการเผาแบบ EHO เพื่อศึกษาอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ

สภาวะ การเผาทับทิม	รหัสทับทิม	สภาวะ	ดัชนีหักเหต่ำสุด	ดัชนีหักเหสูงสุด	ไบเรฟรินเจนซ์	ความถี่จำเพาะ	การเรียงแสง	การเรียงแสง
			($n_{\lambda_{\min}}$)	($n_{\lambda_{\max}}$)	(Birefringence)	(S.G.)	(L.W.)	(S.W.)
1600 260 2 800	EHO 60	ก่อน	1.761	1.770	0.009	3.81	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.98	Strong	Strong
	EHO 66	ก่อน	1.758	1.766	0.008	4.00	Strong	Inert
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.00	Strong	Inert
1600 329 2 800	EHO 101	ก่อน	1.764	1.772	0.008	3.93	Strong	Weak
		หลัง	1.764	1.772	0.008	3.98	Strong	Strong
	EHO 102	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.00	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.99	Strong	Strong
1600 433 2 800	EHO 67	ก่อน	1.759	1.768	0.009	4.00	Strong	Strong
		หลัง	1.763	1.772	0.009	4.01	Strong	Strong
	EHO 70	ก่อน	1.758	1.765	0.007	3.94	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.98	Strong	Inert
1600 650 2 800	EHO 69	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.98	Strong	Medium
		หลัง	1.761	1.769	0.008	4.00	Strong	Medium
	EHO 72	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.92	Strong	Inert
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.98	Weak	Inert
	EHO 88	ก่อน	1.765	1.773	0.008	3.99	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.99	Medium	Weak

ภาคผนวก 2.3 ค่าดัชนีหักเห ค่าไบเรฟริเจนซ์ ค่าความถ่วงจำเพาะ และการเรืองแสงของ
ทับทิมมองชูก่อนและหลังการเผาแบบ EHO เพื่อศึกษาเวลาแช่พลอย

สภาวะ การเผาทับทิม EHO	รหัสทับทิม	สภาวะ	ดัชนีหักเหต่ำสุด	ดัชนีหักเหสูงสุด	ไบเรฟริเจนซ์	ความถ่วงจำเพาะ	การเรืองแสง	การเรืองแสง
			($R.I._L$)	($R.I._H$)	(Birefringence)	(S.G.)	(L.W.)	(S.W.)
1600 260 0.5 800	EHO 110	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9700	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0000	Strong	Weak
	EHO 127	ก่อน	1.765	1.773	0.008	3.8900	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9700	Weak	Inert
	EHO 113	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9600	Strong	Weak
		หลัง	1.760	1.768	0.008	3.9800	Weak	Inert
1600 260 1 800	EHO 114	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9500	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9800	Strong	Weak
	EHO 163	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9000	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9900	Strong	Weak
	EHO 126	ก่อน	1.764	1.772	0.008	3.9700	Strong	Weak
		หลัง	1.760	1.768	0.008	4.0082	Strong	Weak
1600 260 3 800	EHO 121	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0000	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9900	Strong	Weak
	EHO 172	ก่อน	1.768	1.775	0.007	3.9500	Weak	Inert
		หลัง	1.768	1.775	0.007	4.0000	Weak	Inert
1600 260 4 800	EHO 138	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9600	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0000	Strong	Weak
	EHO 124	ก่อน	1.768	1.775	0.007	3.9100	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9300	Strong	Weak
	EHO 147	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9900	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0000	Strong	Weak
	EHO 148	ก่อน	1.760	1.768	0.008	3.9600	Strong	Medium
		หลัง	1.761	1.768	0.007	4.0000	Strong	Medium

ภาคผนวก 2.4 ค่าดัชนีหักเห ค่าไบเรฟริเจนซ์ ค่าความถ่วงจำเพาะ และการเรืองแสง
ของทับทิมมองดูก่อนและหลังเผาแบบ EHO เพื่อศึกษาอัตราการลดอุณหภูมิ

สถานะ การเผาทับทิม EHO	รหัสทับทิม	สถานะ	ดัชนีหักเหต่ำสุด	ดัชนีหักเหสูงสุด	ไบเรฟริเจนซ์	ความถ่วงจำเพาะ	การเรืองแสง	การเรืองแสง
			(n_{L})	(n_{H})	(Birefringence)	(S.G.)	(L.W.)	(S.W.)
1600 260 3 66	EHO 141	ก่อน	1.760	1.768	0.008	3.9500	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9900	Strong	Weak
	EHO 151	ก่อน	1.762	1.771	0.009	3.9200	Strong	Inert
		หลัง	1.763	1.771	0.008	4.0700	Strong	Weak
	EHO 134	ก่อน	1.765	1.772	0.007	3.9300	Strong	Medium
		หลัง	1.761	1.769	0.008	3.9800	Strong	Inert
1600 260 3 150	EHO 139	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0230	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9700	Strong	Weak
	EHO 150	ก่อน	1.763	1.770	0.007	3.9900	Strong	Medium
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9900	Strong	Strong
	EHO 128	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9200	Strong	Medium
		หลัง	1.764	1.772	0.008	3.9700	Strong	Strong
1600 260 3 240	EHO 153	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9800	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9700	Strong	Medium
	EHO 133	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9300	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0000	Strong	Strong
	EHO 154	ก่อน	1.763	1.771	0.008	3.9200	Strong	Weak
		หลัง	1.761	1.769	0.008	3.9900	Strong	Medium
1600 260 3 800	EHO 121	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0000	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9900	Strong	Weak
	EHO 172	ก่อน	1.768	1.775	0.007	3.9500	Weak	Inert
		หลัง	1.768	1.775	0.007	4.0000	Weak	Inert
	EHO 138	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9600	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0000	Strong	Weak

ภาคผนวก 2.5 ค่าดัชนีหักเห ค่าไบเรฟรินเจนซ์ ค่าความถ่วงจำเพาะ และการเรืองแสงของ
ทับทิมมองชุก่อนและหลังการเผาแบบ ELO เพื่อศึกษาอุณหภูมิการเผา

สภาวะ การเผาทับทิม	รหัสทับทิม	สภาวะ	ดัชนีหักเหต่ำสุด	ดัชนีหักเหสูงสุด	ไบเรฟรินเจนซ์	ความถ่วงจำเพาะ	การเรืองแสง	การเรืองแสง
			(n_{min})	(n_{max})	Birefringence	(S.G.)	(L.W.)	(S.W.)
1000 550 1 700	ELO 129	ก่อน	1.765	1.772	0.007	3.8700	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9946	Strong	Strong
	ELO 145	ก่อน	1.759	1.767	0.008	3.9000	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0066	Strong	Strong
	ELO 203	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0100	Strong	Weak
		หลัง	1.758	1.767	0.009	4.0261	Strong	Weak
1200 550 1 700	ELO 230	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0100	Strong	Weak
		หลัง	1.758	1.767	0.009	4.0261	Strong	Weak
	ELO 251	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9909	Medium	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9909	Strong	Weak
	ELO 259	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9600	Medium	Inert
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.1101	Strong	Inert
1300 550 1 700	ELO 146	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.7200	Strong	Weak
		หลัง	1.761	1.769	0.008	3.9781	Weak	Weak
	ELO 159	ก่อน	1.758	1.767	0.009	3.9600	Strong	Medium
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9722	Strong	Weak
	ELO 169	ก่อน	1.760	1.768	0.008	3.9600	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9701	Weak	Weak
1400 550 1 700	ELO 109	ก่อน	1.763	1.771	0.008	3.7700	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.8283	Weak	Inert
	ELO 307	ก่อน	1.763	1.770	0.007	4.0041	Strong	Medium
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0089	Strong	Strong
	ELO 108	ก่อน	1.768	1.775	0.007	3.7800	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0071	Strong	Medium
	ELO 216	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9100	Weak	Inert
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0000	Strong	Weak
	ELO 221	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0100	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0119	Strong	Inert

ภาคผนวก 2.5 ค่าดัชนีหักเห ค่าไบเรฟริเจนซ์ ค่าความถ่วงจำเพาะ และการเรืองแสงของ
ทับทิมมองซูก่อนและหลังการเผาแบบ ELO เพื่อศึกษาอุณหภูมิการเผา (ต่อ)

สภาวะ การเผาทับทิม	รหัสทับทิม	สภาวะ	ดัชนีหักเหต่ำสุด	ดัชนีหักเหสูงสุด	ไบเรฟริเจนซ์	ความถ่วงจำเพาะ	การเรืองแสง	การเรืองแสง
			(n_{min})	(n_{max})	Birefringence	(S.G.)	(L.W.)	(S.W.)
1450 550 1 700	ELO 140	ก่อน	1.760	1.768	0.008	3.9700	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9665	Strong	Weak
	ELO 142	ก่อน	1.763	1.772	0.009	3.9400	Strong	Weak
		หลัง	1.761	1.769	0.008	3.9565	Strong	Weak
	ELO 164	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9100	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9331	Strong	Weak
1500 550 1 700	ELO 215	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0000	Medium	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9963	Strong	Strong
	ELO 231	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0000	Weak	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9831	Weak	Inert
	ELO 234	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9900	Medium	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9729	Strong	Strong
	ELO 241	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0000	Strong	Medium
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9965	Strong	Weak
	ELO 249	ก่อน	1.760	1.770	1.010	3.9300	Medium	Weak
		หลัง	1.760	1.770	0.010	4.0043	Strong	Medium
	ELO 252	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9700	Strong	Weak
		หลัง	1.760	1.768	0.008	3.9948	Strong	Medium
1550 550 1 700	ELO 149	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9000	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0000	Weak	Inert
	ELO 156	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9601	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9774	Strong	Strong
	ELO 208	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0100	Weak	Inert
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0134	Medium	Weak
1600 550 1 700	ELO 202	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0000	Strong	Weak
		หลัง	1.763	1.771	0.008	3.9624	Medium	Weak
	ELO 204	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0000	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9751	Strong	Strong
	ELO 254	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0000	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9751	Strong	Strong

ภาคผนวก 2.5 ค่าดัชนีหักเห ค่าไบเรฟริเจนซ์ ค่าความถ่วงจำเพาะ และการเรืองแสงของ
ทับทิมมองซูก่อนและหลังการเผาแบบ ELO เพื่อศึกษาอุณหภูมิการเผา (ต่อ)

สภาวะ การเผาทับทิม	รหัสทับทิม	สภาวะ	ดัชนีหักเหต่ำสุด	ดัชนีหักเหสูงสุด	ไบเรฟริเจนซ์	ความถ่วงจำเพาะ	การเรืองแสง	การเรืองแสง
			(n_{L})	(n_{H})	Birefringence	(S.G.)	(L.W.)	(S.W.)
1700 550 1 700	CH 49	ก่อน	1.763	1.772	0.009	4.0000	Strong	Strong
		หลัง	1.763	1.772	0.009	4.0059	Strong	Strong
	CH 54	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0000	Strong	Medium
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0103	Strong	Medium
	CH 61	ก่อน	1.760	1.768	0.008	4.0000	Strong	Medium
		หลัง	1.760	1.768	0.008	4.0000	Strong	Medium
	CZ 100	ก่อน	1.758	1.763	0.005	3.9300	Strong	Medium
		หลัง	1.758	1.763	0.005	3.9367	Strong	Medium
	CF 70	ก่อน	1.758	1.767	0.009	4.0000	Strong	Weak
		หลัง	1.758	1.767	0.009	4.0177	Strong	Weak
	CF 72	ก่อน	1.760	1.769	0.009	3.9900	Medium	Inert
		หลัง	1.760	1.769	0.009	3.9960	Medium	Inert

ภาคผนวก 2.6 ค่าดัชนีหักเห ค่าไบเรฟรินเจนซ์ ค่าความถ่วงจำเพาะ และการเรืองแสงของ
ทับทิมมองดูก่อนและหลังเผาแบบ ELO เพื่อศึกษาเวลาแช่พลอย

สภาวะ การเผาทับทิม EHO	รหัสทับทิม	สภาวะ	ดัชนีหักเหต่ำสุด	ดัชนีหักเหสูงสุด	ไบเรฟรินเจนซ์	ความถ่วงจำเพาะ	การเรืองแสง	การเรืองแสง
			(n_{min})	(n_{max})	(Birefringence)	(S.G.)	(L.W.)	(S.W.)
1000 550 8 700	CF 90	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9900	Strong	Strong
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0000	Strong	Strong
	CG 115	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9900	Strong	Strong
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0000	Strong	Strong
	GH 65	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0200	Strong	Strong
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0027	Strong	Strong
	CZ 113	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9942	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0058	Strong	Weak
1200 550 4 700	CG 117	ก่อน	1.759	1.767	0.008	3.9919	Strong	Weak
		หลัง	1.759	1.767	0.008	3.9798	Strong	Weak
	CH 64	ก่อน	1.762	1.768	0.006	4.0000	Strong	Medium
		หลัง	1.762	1.768	0.006	3.9504	Strong	Medium
	CZ 111	ก่อน	1.761	1.769	0.007	4.0124	Strong	Medium
		หลัง	1.761	1.770	0.009	3.9835	Strong	Medium
1300 550 1 700	ELO 146	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.7200	Strong	Weak
		หลัง	1.761	1.769	0.008	3.9781	Weak	Weak
	ELO 159	ก่อน	1.758	1.767	0.009	3.9600	Strong	Medium
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9722	Strong	Weak
	ELO 169	ก่อน	1.760	1.768	0.008	3.9600	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9701	Weak	Weak
1300 550 4 700	ELO 220	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0100	Weak	Inert
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9817	Medium	Medium
	ELO 240	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9800	Weak	Inert
		หลัง	1.766	1.775	0.009	3.9625	Weak	Weak
	ELO 243	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9700	Medium	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9653	Strong	Strong

ภาคผนวก 2.6 ค่าดัชนีหักเห ค่าไบเรฟรินเจนซ์ ค่าความถ่วงจำเพาะ และการเรืองแสงของ
ทับทิมมองชุก่อนและหลังเผาแบบ ELO เพื่อศึกษาเวลาแช่พลอย (ต่อ)

สถานะ การเผาทับทิม EHC	รหัสทับทิม	สถานะ	ดัชนีหักเหต่ำสุด	ดัชนีหักเหสูงสุด	ไบเรฟรินเจนซ์	ความถ่วงจำเพาะ	การเรืองแสง	การเรืองแสง
			($n_{\min}$)	($n_{\max}$)	(Birefringence)	(S.G.)	(L.W.)	(S.W.)
1400 550 1 700	ELO 109	ก่อน	1.763	1.771	0.008	3.9504	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9624	Weak	Inert
	ELO 307	ก่อน	1.763	1.770	0.007	4.0041	Strong	Medium
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0089	Strong	Strong
	ELO 108*							
	ELO 216*							
	ELO 221*							
1400 550 3 700	ELO 158	ก่อน	1.763	1.771	0.008	3.8700	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9775	Strong	Weak
	ELO 170	ก่อน	1.763	1.770	0.008	3.9300	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0099	Strong	Strong
	ELO 245	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9500	Medium	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9848	Strong	Strong
1400 550 (1+2) ¹ 700	ELO 108	ก่อน	1.768	1.775	0.007	3.7800	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0071	Strong	Medium
	ELO 216	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9100	Weak	Inert
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0000	Strong	Weak
	ELO 221	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0100	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0119	Strong	Inert
1400 550 (3+2) ¹ 700	ELO 158	ก่อน	1.763	1.771	0.008	3.8700	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9775	Strong	Weak
	ELO 170	ก่อน	1.763	1.770	0.008	3.9300	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0099	Strong	Strong
	ELO 245	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9500	Medium	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9848	Strong	Strong
1400 550 4 700	CZ 108	ก่อน	1.761	1.768	0.007	4.0000	Strong	Medium
		หลัง	1.761	1.768	0.007	4.0032	Strong	Medium
	CZ 109	ก่อน	1.760	1.768	0.008	4.0114	Strong	Medium
		หลัง	1.760	1.768	0.008	3.9621	Strong	Medium

* ไม่ได้บันทึกข้อมูล

ภาคผนวก 2.6 ค่าดัชนีหักเห ค่าไบเรฟรินเจนซ์ ค่าความถ่วงจำเพาะ และการเรืองแสงของ
ทับทิมมองชุก่อนและหลังเผาแบบ ELO เพื่อศึกษาเวลาแช่พลอย (ต่อ)

สภาวะ การเผาทับทิม EHO	รหัสทับทิม	สภาวะ	ดัชนีหักเหต่ำสุด	ดัชนีหักเหสูงสุด	ไบเรฟรินเจนซ์	ความถ่วงจำเพาะ	การเรืองแสง	การเรืองแสง
			(n_{min})	(n_{max})	(Birefringence)	(S.G.)	(L.W.)	(S.W.)
1500 550 1 700	ELO 215	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0000	Medium	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9963	Strong	Strong
	ELO 231	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0000	Weak	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9831	Weak	Inert
	ELO 234	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9900	Medium	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9729	Strong	Strong
	ELO 241	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0000	Strong	Medium
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9965	Strong	Weak
	ELO 249	ก่อน	1.760	1.770	1.010	3.9300	Medium	Weak
		หลัง	1.760	1.770	0.010	4.0043	Strong	Medium
	ELO 252	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9700	Strong	Weak
		หลัง	1.760	1.768	0.008	3.9948	Strong	Medium
1500 550 2 700	ELO 129	ก่อน	1.765	1.772	0.007	3.8700	Strong	Medium
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9946	Strong	Strong
	ELO 145	ก่อน	1.759	1.767	0.008	3.9000	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0046	Strong	Strong
	ELO 203	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0100	Strong	Weak
		หลัง	1.758	1.767	0.009	4.0261	Strong	Weak
1500 550 3 700	ELO 218	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9800	Strong	Inert
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0000	Strong	Medium
	ELO 223	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0000	Medium	Inert
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0041	Strong	Weak
	ELO 256	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9600	Medium	Inert
		หลัง	1.770	1.778	0.008	4.0043	Strong	Weak
	ELO 217	ก่อน	1.770	1.778	0.008	3.9900	Inert	Inert
		หลัง	1.770	1.778	0.008	3.9909	Inert	Inert
	ELO 246	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9000	Medium	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9825	Medium	Strong
	ELO 255	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9900	Medium	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9889	Medium	Medium

ภาคผนวก 2.6 ค่าดัชนีหักเห ค่าไบเรฟรินเจนซ์ ค่าความถ่วงจำเพาะ และการเรืองแสงของ
ทับทิมมองดูก่อนและหลังเผาแบบ ELO เพื่อศึกษาเวลาแช่พลอย (ต่อ)

สภาวะ การเผาทับทิม EHO	รหัสทับทิม	สภาวะ	ดัชนีหักเหต่ำสุด	ดัชนีหักเหสูงสุด	ไบเรฟรินเจนซ์	ความถ่วงจำเพาะ	การเรืองแสง	การเรืองแสง
			(n_{min})	(n_{max})	(Birefringence)	(S.G.)	(L.W.)	(S.W.)
1500 550 (1+1)*700	ELO 241	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0000	Strong	Medium
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0142	Strong	Weak
	ELO 249	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9300	Medium	Weak
		หลัง	1.760	1.770	0.010	4.1092	Strong	Medium
	ELO 252	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9700	Strong	Weak
		หลัง	1.760	1.768	0.008	3.9641	Strong	Medium
1500 550 (1+2)** 700	ELO 215	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0000	Medium	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9963	Strong	Strong
	ELO 231	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0000	Weak	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9831	Weak	Inert
	ELO 234	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9900	Medium	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9730	Strong	Medium
1600 550 1 700	ELO 202	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0000	Strong	Weak
		หลัง	1.763	1.771	0.008	3.9624	Medium	Weak
	ELO 204	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0000	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9751	Strong	Strong
	ELO 254	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0000	Strong	Weak
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9751	Strong	Strong
1600 550 2 700	CF 89	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0000	Strong	Medium
		หลัง	1.760	1.768	0.008	4.0436	Strong	Medium
	CG 111	ก่อน	1.762	1.769	0.007	3.9800	Strong	Strong
		หลัง	1.760	1.768	0.008	4.0408	Strong	Strong
	CH 69	ก่อน	1.760	1.768	0.008	4.0000	Strong	Strong
		หลัง	1.760	1.768	0.008	4.0029	Strong	Strong
	CH 71	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9800	Strong	Medium
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9677	Strong	Medium
	CZ 106	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9954	Strong	Strong
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0419	Strong	Strong
	CZ 109	ก่อน	1.760	1.768	0.008	4.0114	Strong	Medium
		หลัง	1.760	1.769	3.973	3.9621	Strong	Medium

ภาคผนวก 2.6 ค่าดัชนีหักเห ค่าไบเรฟรินเจนซ์ ค่าความถ่วงจำเพาะ และการเรืองแสงของ
ทับทิมมองดูก่อนและหลังเผาแบบ ELO เพื่อศึกษาเวลาแช่พลอย (ต่อ)

สภาวะ การเผาทับทิม EHO	รหัสทับทิม	สภาวะ	ดัชนีหักเหต่ำสุด	ดัชนีหักเหสูงสุด	ไบเรฟรินเจนซ์	ความถ่วงจำเพาะ	การเรืองแสง	การเรืองแสง
			(n_{min})	(n_{max})	(Birefringence)	(S.G.)	(L.W.)	(S.W.)
1600 550 4 70C	CF 85	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9900	Strong	Strong
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0169	Strong	Strong
	CF 87	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0000	Strong	Strong
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0026	Strong	Strong
	CF 90	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9900	Strong	Medium
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0000	Strong	Medium
	CH 73	ก่อน	1.763	-	-	3.9900	Strong	Strong
		หลัง	1.763	-	-	3.9965	Strong	Strong
1700 550 1 700	CH 54	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0000	Strong	Medium
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0103	Strong	Medium
	CH 61	ก่อน	1.760	1.768	0.008	4.0000	Strong	Medium
		หลัง	1.760	1.768	0.008	4.0000	Strong	Medium
	CZ 100	ก่อน	-	-	-	3.9300	Strong	Medium
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9367	Strong	Medium
1700 550 2 700	CH 56	ก่อน	1.760	-	-	3.9600	Strong	Inert
		หลัง	1.760	-	-	3.9615	Strong	Inert
	CH 58	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9800	Strong	Medium
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9868	Strong	Medium
	CZ 102	ก่อน	1.766	-	-	4.0000	Strong	Medium
		หลัง	1.766	-	-	4.0118	Strong	Medium
	CF 68	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9800	Strong	Strong
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9814	Strong	Strong
	CG 116	ก่อน	1.761	1.769	0.008	3.9900	Strong	Strong
		หลัง	1.761	1.769	0.008	4.0034	Strong	Strong
	CH 52	ก่อน	-	1.770	-	3.9900	Strong	Weak
		หลัง	-	1.770	-	3.9938	Strong	Weak

ภาคผนวก 2.6 ค่าดัชนีหักเห ค่าไบเรฟริเจนซ์ ค่าความถ่วงจำเพาะ และการเรืองแสงของ
ทับทิมมองซูก่อนและหลังเผาแบบ ELO เพื่อศึกษาเวลาแช่พลอย (ต่อ)

สถานะ การเผาทับทิม EHO	รหัสทับทิม	สถานะ	ดัชนีหักเหต่ำสุด	ดัชนีหักเหสูงสุด	ไบเรฟริเจนซ์	ความถ่วงจำเพาะ	การเรืองแสง	การเรืองแสง
			($n_{\lambda_{\min}}$)	($n_{\lambda_{\max}}$)	(Birefringence)	(S.G.)	(L.W.)	(S.W.)
1700 550 6 700	CH 48	ก่อน	1.760	1.768	0.008	3.9800	Strong	Strong
		หลัง	1.760	1.768	0.008	3.9887	Strong	Strong
	CH 51	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0000	Strong	Strong
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0000	Strong	Strong
	CZ 101	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0000	Strong	Medium
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0156	Strong	Medium

ภาคผนวก 2.7 ค่าดัชนีหักเห ค่าไบเรฟริเจนซ์ ค่าความถ่วงจำเพาะ และการเรืองแสง
ของทับทิมมอซงุก่อนและหลังเผาแบบผสมระหว่างEHO+ ELO

สภาวะ การเผาทับทิม EHO	รหัสทับทิม	สภาวะ	ดัชนีหักเหต่ำสุด	ดัชนีหักเหสูงสุด	ไบเรฟริเจนซ์	ความถ่วงจำเพาะ	การเรืองแสง	การเรืองแสง
			(R.I. _L)	(R.I. _H)	(Birefringence)	(S.G.)	(L.W.)	(S.W.)
1400 550 3 700	EHO 49	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9900	Strong	Medium
	H-13	หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9603	Medium	Weak
	EHO 73	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9800	Strong	Weak
	H-25	หลัง	1.758	1.765	0.007	4.0106	Strong	Strong
	EHO 76	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9700	Strong	Weak
	H-25	หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9664	Medium	Medium
1500 550 1 700	EHO 110	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9700	Strong	Weak
	H-35	หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9972	Strong	Medium
	EHO113	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9600	Strong	Weak
	H-35	หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9625	Strong	Medium
	EHO 127	ก่อน	1.765	1.773	0.008	3.8900	Strong	Weak
	H-35	หลัง	1.765	1.773	0.008	3.9368	Strong	Medium
1500 550 3 700	EHO 11A	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0100	Strong	Weak
	H-21	หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0037	Medium	Weak
	EHO 75	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0000	Strong	Strong
	H-21	หลัง	1.762	1.770	0.008	4.1000	Strong	Strong
	EHO 98	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0000	Medium	Medium
	H-21	หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9669	Medium	Medium
1550 550 1 700	EHO 79	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0100	Strong	Medium
	H-18	หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9944	Strong	Strong
	EHO 80	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9900	Strong	Strong
	H-18	หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9969	Strong	Strong
	EHO 89	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9800	Weak	Weak
	H-18	หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9839	Weak	Weak

ภาคผนวก 2.8 ค่าดัชนีหักเห ค่าไบเรฟริเจนซ์ ค่าความถ่วงจำเพาะ และการเรืองแสงของ
ทับทิมมอซอ ก่อนและหลังเผาแบบไฮดรคาร์บอน น้ำตาลทรายและสารเติมแต่งจากผู้ประกอบการ

สถานะ การเผาทับทิม	รหัสทับทิม	สถานะ	ดัชนีหักเหต่ำสุด	ดัชนีหักเหสูงสุด	ไบเรฟริเจนซ์	ความถ่วงจำเพาะ	การเรืองแสง	การเรืองแสง
			(R.L.L)	(R.L.u)	(Birefringence)	(S.G.)	(L.W.)	(S.W.)
1000 - 2 - ° ELO ใส่น้ำตาลทราย	D 70 (HF)	ก่อน	ไม่ได้วัด	ไม่ได้วัด	-	-	Strong	Strong
		หลัง	ไม่ได้วัด	ไม่ได้วัด	-	3.9327	Strong	Medium
1200 550 4 700 ELO ใส่มงคาร์บอน	R 33	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0133	Strong	Medium
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0185	Strong	Medium
	R 34	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9919	Strong	Strong
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0079	Strong	Weak
1400 550 2 700 ELO ใส่มงคาร์บอน	D 66(HNO ₃)	ก่อน	ไม่ได้วัด	ไม่ได้วัด	-	-	Strong	Medium
		หลัง	ไม่ได้วัด	ไม่ได้วัด	-	-	Strong	Medium
1500 550 3 700 ELO ใส่มงคาร์บอน	EHO 304	ก่อน	-	1.770	-	4.0067	Strong	Weak
		หลัง	หลอมด้วย Crucible					
	D 32	ก่อน	ไม่ได้วัด	ไม่ได้วัด	-	-	Strong	Inert
		หลัง	ไม่ได้วัด	ไม่ได้วัด	-	4.0112	Strong	Inert
	EHO 335 (HCl)	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0038	Weak	Inert
		หลัง	ทับแสง		-	3.5298	Strong	Inert
	D 31 (HCl)	ก่อน	ไม่ได้วัด	ไม่ได้วัด	-	-	Strong	Inert
		หลัง	ไม่ได้วัด	ไม่ได้วัด	-	3.9722	Strong	Inert
	CF 69	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9900	Strong	Medium
		หลัง	1.762	1.770	0.008	3.9930	Strong	Medium
1700 550 2 700 ELO ใสสารจากผู้ประกอบการ	CF 73	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0000	Strong	Weak
		หลัง	1.766	1.770	0.004	4.0069	Strong	Weak
	CF 05	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9900	Strong	Medium
		หลัง	1.766	1.770	0.004	3.9915	Strong	Medium
	CG 05	ก่อน	1.759	1.766	0.007	4.0000	Strong	Medium
		หลัง	1.759	1.766	0.007	4.0142	Strong	Medium
	CH 08	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0000	Strong	Strong
		หลัง	1.762	1.770	0.008	4.0309	Strong	Strong
	CZ 05	ก่อน	1.761	1.769	0.008	4.0000	Strong	Medium
		หลัง	1.761	1.769	0.008	4.0065	Strong	Medium

* ไม่ได้ควบคุมอัตราการเพิ่มและลดอุณหภูมิ

**ภาคผนวก 2.8 ค่าดัชนีหักเห ค่าไบเรฟริเจนซ์ ค่าความถ่วงจำเพาะ และการเรืองแสงของ
มองชูก่อนและหลังเผาแบบใส่ผงคาร์บอน น้ำตาลทรายและสารเติมแต่ง
จากผู้ประกอบการ(ต่อ)**

สภาวะ การเผาหัตถ์	รหัสหัตถ์	สภาวะ	ดัชนีหักเหต่ำสุด	ดัชนีหักเหสูงสุด	ไบเรฟริเจนซ์	ความถ่วงจำเพาะ	การเรืองแสง	การเรืองแสง
			(R.I.L)	(R.I.H)	(Birefringence)	(S.G.)	(L.W)	(S.W)
1700 550 2 700 EHO ได้สารจากผู้ประกอบการ	CF 06	ก่อน	1.765	1.773	0.008	4.0000	Strong	Medium
		หลัง	1.765	1.773	0.008	4.0380	Strong	Medium
	CG 06	ก่อน	1.760	1.769	0.009	3.9600	Strong	Medium
		หลัง	1.760	1.769	0.009	3.9628	Strong	Medium
	CH 09	ก่อน	1.759	1.768	0.009	4.0000	Strong	Strong
		หลัง	1.759	1.768	0.009	4.0262	Strong	Strong
	CZ 06	ก่อน	1.766	1.775	0.009	3.9700	Strong	Medium
		หลัง	1.766	1.775	0.009	3.9765	Strong	Medium
1700 550 6 700 EHO ได้สารจากผู้ประกอบการ	EHO 03	ก่อน	1.762	1.770	0.008	3.9700	Strong	Inert
		หลัง	ทึบแสง	ทึบแสง	-	4.0630	Strong	Weak
	ELO 12	ก่อน	1.762	1.770	0.008	4.0000	Strong	Weak
		หลัง	แตก	แตก	-	4.0156	Strong	Weak
	CG 100	ก่อน	-	1.770	-	3.9300	Strong	Inert
		หลัง	-	1.770	-	3.9367	Strong	Inert
	CH 45	ก่อน	-	1.770	-	3.9800	Strong	Medium
		หลัง	-	1.770	-	3.9824	Strong	Medium

หมายเหตุ ลักษณะทางแสงของหัตถ์ที่เผาโดยใส่สารเติมแต่งส่วนใหญ่ไม่ได้ทำการขัด จึงไม่ได้บันทึกข้อมูลทุกเม็ด

ภาคผนวก 3

เปรียบเทียบธาตุองค์ประกอบ
ในทัณฑ์มมองฐก่อนและหลังเผา

ภาคผนวก 3.1 เปรียบเทียบธาตุองค์ประกอบในทับทิมมอญก่อนและหลังการเผาแบบ EHO เพื่อศึกษาอุณหภูมิการเผา

สภาวะการเผา	รหัสทับทิม	Al			Ca			Cr			Cu			Fe			Ti			V		
		ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง
900 329 2 800	EHO 152	92.16	92.73	0.57	1.25	1.03	-0.22	4.44	4.19	-0.25	1.53	1.45	-0.08	0.099	0.059	-0.04	0.35	0.44	0.09	0.17	0.10	-0.07
	EHO 224B	88.69	94.48	5.79	7.69	1.46	-6.23	2.64	2.97	0.33	0.14	0.10	-0.04	0.11	0.07	-0.04	0.39	0.56	0.17	0.34	0.92	0.58
1400 329 2 800	EHO 73	93.96	92.25	-1.71	2.10	1.71	-0.39	2.19	2.01	-0.18	0.78	0.48	-0.30	0.17	0.12	-0.05	0.53	0.29	-0.24	0.28	0.14	-0.14
	EHO 74	93.89	94.00	0.11	2.20	2.40	0.20	2.95	2.43	-0.52	0.53	0.26	-0.27	0.035	0.062	0.027	0.21	0.69	0.48	0.18	0.16	-0.02
	EHO 76	94.81	93.96	-0.85	1.49	2.34	0.85	2.90	2.77	-0.13	0.39	0.18	-0.21	0.081	0.084	0.003	0.25	0.44	0.19	0.073	0.23	0.157
1500 329 2 800	EHO 115	92.70	92.38	-0.32	3.71	3.83	0.12	2.04	2.40	0.36	0.36	0.19	-0.17	0.55	0.61	0.06	0.41	0.27	-0.14	0.22	0.02	-0.20
	EHO 116	88.00	88.83	0.83	4.10	4.27	0.17	5.21	4.92	-0.29	1.77	1.16	-0.61	0.45	0.35	-0.10	0.36	0.26	-0.10	0.10	0.20	0.10
	EHO 117	96.43	96.07	-0.36	0.75	1.01	0.26	2.17	2.31	0.14	0.24	0.16	-0.08	0.13	0.00	-0.13	0.28	0.25	-0.03	0.00	0.19	0.19

ภาคผนวก 3.1 เปรียบเทียบธาตุองค์ประกอบในทัณฑ์มองลูกและการเผาแบบ EHO เพื่อศึกษาอุณหภูมิการเผา (ต่อ)

สภาวะการเผา	รหัสทัณฑ์	Al			Ca			Cr			Cu			Fe			Ti			V		
		ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง
1550 329 2 800	EHO 201	94.69	95.75	1.06	0.81	0.43	-0.38	3.54	3.18	-0.36	0.083	0.054	-0.029	0.16	0.14	-0.02	0.48	0.26	-0.22	0.24	0.20	-0.04
	EHO 212	93.78	93.50	-0.28	0.62	0.84	0.22	4.63	4.66	0.03	0.14	0.16	0.02	0.30	0.11	-0.19	0.44	0.64	0.20	0.094	0.09	-0.004
1600 329 2 800	EHO 101	89.92	92.48	2.56	4.38	2.17	-2.21	2.46	2.81	0.35	2.46	1.93	-0.53	0.30	0.18	-0.12	0.40	0.36	-0.04	0.09	0.076	-0.014
	EHO 102	93.09	93.90	0.81	1.36	1.20	-0.16	3.76	3.79	0.03	1.09	0.32	-0.77	0.14	0.13	-0.01	0.36	0.47	0.11	0.21	0.19	-0.02
1650 329 2 800	EHO 118	90.38	92.10	1.72	5.89	4.46	-1.43	2.23	2.35	0.12	0.58	0.36	-0.22	0.39	0.28	-0.11	0.45	0.34	-0.11	0.069	0.11	0.041
	EHO 119	93.45	94.34	0.89	1.03	0.83	-0.20	3.84	3.90	0.06	0.96	0.29	-0.67	0.091	0.15	0.059	0.46	0.39	-0.07	0.18	0.10	-0.08
	EHO 136	94.87	95.04	0.17	1.17	1.08	-0.09	2.39	2.55	0.16	0.37	0.12	-0.25	0.097	0.12	0.023	0.82	0.93	0.11	0.29	0.18	-0.11
1700 329 2 800	EHO 104	95.10	96.39	1.29	1.17	0.42	-0.75	1.98	2.04	0.06	1.01	0.23	-0.78	0.047	0.071	0.024	0.55	0.73	0.18	0.14	0.12	-0.02
	EHO 105	93.99	95.56	1.57	1.67	0.83	-0.84	2.89	2.73	-0.16	0.86	0.21	-0.65	0.15	0.089	-0.061	0.29	0.38	0.09	0.14	0.20	0.06
	EHO 106	94.18	95.34	1.16	1.37	0.78	-0.59	2.86	2.88	0.02	1.33	0.68	-0.65	0.098	0.12	0.022	0.15	0.11	-0.04	0.092	0.083	0.093

ภาคผนวก 3.2 เปรียบเทียบธาตุในทับทิมมอญก่อนและหลังการเผาแบบ EHO เพื่อศึกษาอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ

สภาวะการเผา	รหัสทับทิม	Al			Ca			Cr			Cu			Fe			Ti			V		
		ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง
1600 260 2 800	EHO 60	95.27	95.93	0.66	0.92	0.71	-0.21	2.74	2.63	-0.11	0.51	0.27	-0.24	0.29	0.26	-0.03	0.30	0.19	-0.11	0.036	0.078	-0.042
	EHO 66	95.37	95.65	0.28	0.63	0.87	0.24	2.30	2.23	-0.07	1.07	0.44	-0.63	0.17	0.17	0.00	0.50	0.54	0.04	0.090	0.096	0.006
1600 329 2 800	EHO 101	89.92	92.48	2.56	4.38	2.17	-2.21	2.46	2.81	0.35	2.46	1.93	-0.53	0.39	0.18	-0.21	0.40	0.36	-0.04	0.094	0.076	-0.018
	EHO 102	93.09	93.90	0.81	1.36	1.20	-0.16	3.76	3.79	0.03	1.09	0.32	-0.77	0.14	0.13	-0.01	0.36	0.47	0.11	0.21	0.19	-0.02
1600 433 2 800	EHO 67	94.15	94.30	0.15	0.65	0.59	-0.06	4.30	4.44	0.14	0.62	0.19	-0.43	0.069	0.17	0.10	0.16	0.22	0.06	0.051	0.079	0.028
	EHO 70	96.34	97.37	1.03	0.96	0.39	-0.57	1.33	1.12	-0.21	0.28	0.19	-0.09	0.15	0.15	0.00	0.70	0.66	-0.04	0.23	0.38	0.15
1600 650 2 800	EHO 69	96.01	96.52	0.51	1.25	0.96	-0.29	2.10	1.91	-0.19	0.17	0.092	-0.078	0.13	0.097	-0.033	0.21	0.23	0.02	0.13	0.19	0.06
	EHO 72	93.24	95.19	1.95	1.58	0.82	-0.76	2.57	2.75	0.18	1.29	0.25	-1.04	0.15	0.16	0.01	0.79	0.77	-0.02	0.20	0.052	-0.148
	EHO 88	94.92	95.62	0.70	1.43	0.57	-0.86	2.30	2.67	0.37	0.66	0.16	-0.5	0.099	0.11	0.011	0.46	0.59	0.13	0.12	0.12	0.00

ภาคผนวก 3.3 เปรียบเทียบธาตุองค์ประกอบในัทบัทมของสุกัอนและหลังเผาแบบ EHO เพื่อกศกษาเวลาแช่พลอย

สภาวะการเผา	รัทบัทม	Al			Ca			Ti			V			Cr			Fe			Cu		
		กัอน	หลัง	ผลต่าง	กัอน	หลัง	ผลต่าง	กัอน	หลัง	ผลต่าง	กัอน	หลัง	ผลต่าง	กัอน	หลัง	ผลต่าง	กัอน	หลัง	ผลต่าง	กัอน	หลัง	ผลต่าง
1600 260 0.5 800	EHO 110	96.42	98.97	2.55	2.88	0.35	2.53	0.063	0.049	0.014	0.015	0.007	0.008	0.54	0.45	0.01	0.037	0.04	0.003	0.047	0.048	0.009
	EHO 127	97.09	99.37	7.72	1.76	4.89	3.13	0.10	0.40	0.30	0.07	0.089	0.069	0.88	4.47	3.59	0.013	0.077	0.064	0.14	0.70	0.56
	EHO 113	93.4	98.5	5.10	3.10	0.93	2.17	0.23	0.035	0.195	0.025	0.025	0.23	2.51	0.41	2.1	0.069	0.017	0.022	0.41	0.055	0.355
1600 260 1 800	EHO 114	99.04	98.8	0.24	0.19	0.41	0.22	0.11	0.075	0.035	0.028	0.008	0.030	0.064	0.53	0.476	0.015	0.013	0.002	0.082	0.16	0.078
	EHO 163	99.37	94.87	4.50	0.077	1.51	1.433	0.042	0.25	0.208	0.025	0.11	0.085	0.46	3.09	2.63	0.016	0.088	0.072	0.007	0.078	0.071
	EHO 126	98.51	98.3	0.21	1.00	1.19	0.19	0.075	0.089	0.014	0.021	0.005	0.016	0.30	0.31	0.01	0.014	0.024	0.01	0.075	0.081	0.006
1600 260 3 600	EHO 121	98.8	95.51	3.29	0.19	3.65	3.46	0.038	0.076	0.038	0.00	0.00	0.00	0.89	0.71	0.18	0.015	0.02	0.005	0.067	0.04	0.027
	EHO 138	99.2	96.94	2.26	0.097	2.47	2.373	0.067	0.082	0.015	0.055	0.023	0.032	0.41	0.36	0.05	0.011	0.015	0.004	0.16	0.11	0.05
	EHO 172*																					

* ไม้ได้รัทบัทมที่เคลมุด

ภาคผนวก 3.3 เปรียบเทียบธาตุองค์ประกอบในทับทิมมอญก่อนและหลังเผาแบบ EHO เพื่อศึกษาเวลาแช่พลอย (ต่อ)

สภาวะการเผา	รหัสทับทิม	Al			Ca			Ti			V			Cr			Fe			Cu		
		ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง
1600 260 4 800	EHO 124	94.13	95.25	1.12	1.66	1.07	-0.59	0.29	0.14	-0.15	0.18	0.043	-0.137	2.28	2.35	0.07	0.21	0.10	-0.11	1.24	1.04	-0.2
	EHO 147	99.36	93.42	-5.94	0.13	3.66	3.53	0.014	0.39	0.376	0.01	0.11	0.10	0.39	1.97	1.58	0.019	0.078	0.059	0.08	0.37	0.29
	EHO 148	98.12	91.64	-6.48	0.71	2.69	1.98	0.00	0.075	0.075	0.03	0.086	0.056	0.92	4.76	3.84	0.027	0.110	0.083	0.20	0.64	0.44

ภาคผนวก 3.4 เปรียบเทียบธาตุองค์ประกอบในทับทิมมอญก่อนและหลังเผาแบบ EHO เพื่อศึกษาอัตราการลดอุณหภูมิ

สภาวะการเผา	รหัสทับทิม	Al			Ca			Ti			V			Cr			Fe			Cu		
		ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง
1600 260 3 66	EHO 141	98.62	94.00	-4.62	0.43	1.19	0.76	0.028	0.21	0.182	0.024	0.17	0.146	0.65	3.58	2.93	0.016	0.12	0.104	0.23	0.73	0.50
	EHO 151	98.59	95.69	-2.90	0.44	1.12	0.68	0.00	0.17	0.17	0.018	0.043	0.025	0.91	2.75	1.84	0.019	0.10	0.081	0.025	0.13	0.105
	EHO 134	99.11	93.78	-5.33	0.19	1.77	1.58	0.10	0.37	0.27	0.032	0.13	0.098	0.52	3.29	2.77	0.016	0.34	0.324	0.043	0.33	0.287
1600 260 3 150	EHO 150	98.86	93.34	-5.52	0.24	1.59	1.35	0.061	0.20	0.139	0.02	0.094	0.074	0.75	4.38	3.63	0.042	0.24	0.198	0.025	0.16	0.135
	EHO 139	94.62	95.26	0.64	1.22	0.68	-0.54	0.19	0.31	0.12	0.19	0.31	0.12	2.33	2.64	0.31	0.065	0.15	0.085	1.38	0.65	-0.73
	EHO 128	93.06	93.3	0.24	0.79	0.76	-0.03	0.20	0.041	-0.159	0.063	0.059	-0.004	5.42	5.41	-0.01	0.052	0.074	0.022	0.43	0.35	-0.08
1600 260 3 240	EHO 153	98.98	95.36	-3.62	0.24	0.53	0.29	0.053	0.14	0.087	0.028	0.11	0.082	0.56	3.28	2.72	0.02	0.089	0.069	0.11	0.50	0.39
	EHO 133	99.02	95.29	-3.73	0.35	1.47	1.12	0.091	0.36	0.269	0.028	0.13	0.102	0.42	2.17	1.75	0.029	0.23	0.201	0.059	0.34	0.281
	EHO 154	97.01	88.69	-8.31	2.40	8.08	5.68	0.16	0.71	0.55	0.029	0.51	0.481	0.36	1.78	1.42	0.028	0.00	-0.028	0.031	0.23	0.199

ภาคผนวก 3.4 เปรียบเทียบธาตุองค์ประกอบในทับทิมของชุดก่อนและหลังเผาแบบ EHO เพื่อศึกษาอัตราการลดอุณหภูมิ (ต่อ)

สภาวะการเผา	รหัสทับทิม	Al			Ca			Ti			V			Cr			Fe			Cu		
		ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง
1600 260 3 800	EHO 121	98.8	95.51	-3.29	0.19	3.65	3.46	0.038	0.076	0.038	0.00	0.00	0.00	0.89	0.71	-0.18	0.015	0.02	0.005	0.067	0.04	-0.027
	EHO 172*																					
	EHO 138	99.2	96.94	-2.26	0.097	2.47	2.373	0.067	0.082	0.015	0.055	0.023	-0.032	0.41	0.36	-0.05	0.011	0.015	0.004	0.16	0.11	-0.05

* ไม่ได้บันทึกข้อมูล

ภาคผนวก 3.5 เปรียบเทียบธาตุองค์ประกอบในทับทิมมอซงูก่อนและหลังเผาแบบ ELO เพื่อศึกษาอุณหภูมิการเผา

สภาวะการเผา	รหัสทับทิม	Al			Ca			Ti			V			Cr			Fe			Cu		
		ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง
1000 550 1 700	ELO 129	92.55	93.19	0.64	0.83	1.11	0.28	0.37	0.46	0.09	0.54	0.54	0.06	4.41	4.55	0.14	0.34	0.32	0.02	2.44	1.54	0.99
	ELO 145	94.01	94.08	0.07	0.94	1.59	0.65	0.35	0.35	0.00	0.12	0.07	0.04	3.48	3.09	0.39	0.11	0.11	0.00	0.98	0.71	-0.27
	ELO 203	94.99	95.17	0.18	0.62	1.05	0.43	0.26	0.16	0.10	0.20	0.00	0.20	3.74	3.47	0.27	0.10	0.05	0.05	0.98	0.96	0.02
1200 550 1 700	ELO 230*																					
	ELO 251	95.34	96.10	0.76	1.31	0.58	0.73	0.40	0.33	0.07	0.13	0.13	0.08	2.48	2.62	0.14	0.20	0.16	0.04	0.07	0.08	0.01
	ELO 259	93.59	94.13	0.54	2.84	1.39	-1.45	0.61	0.86	0.25	0.23	0.16	0.07	2.47	3.12	0.65	0.17	0.22	0.05	0.91	0.13	0.039
1300 550 1 700	ELO 146	93.24	92.81	-0.43	1.30	1.11	-0.19	0.26	0.40	0.14	0.00	0.20	0.20	4.50	4.80	0.30	0.14	0.17	0.03	0.55	0.51	-0.04
	ELO 159	93.79	94.18	0.39	2.34	2.14	0.20	0.12	0.12	0.00	0.08	0.08	0.00	2.23	2.40	0.17	0.17	0.13	0.04	1.27	0.95	-0.32
	ELO 169	96.06	95.91	0.15	0.55	0.49	-0.15	0.24	0.48	0.24	0.31	0.17	0.14	2.51	2.68	0.17	0.24	0.26	0.02	0.88	0.92	0.047

* ไม่ได้บันทึกข้อมูล

ภาคผนวก 3.5 เปรียบเทียบธาตุองค์ประกอบในทับทิมมอญก่อนและหลังเผาแบบ ELO เพื่อศึกษาอุณหภูมิการเผา (ต่อ)

สภาวะการเผา	รหัสทับทิม	Al			Ca			Ti			V			Cr			Fe			Cu		
		ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง
1400 550 1 700	ELO 109	98.98	96.16	-2.82	0.50	0.98	0.48	0.10	0.63	0.53	0.04	0.20	0.16	0.31	1.79	1.48	0.034	0.16	0.126	0.039	0.084	0.045
	ELO 307	94.53	94.33	-0.20	0.54	0.47	0.07	0.071	0.12	0.049	0.087	0.16	0.073	4.06	4.77	0.11	0.086	0.076	0.01	0.025	0.067	0.042
	ELO 108*																					
	ELO 216*																					
	ELO 221*																					
1450 550 1 700	FLO 140	94.32	96.81	2.49	2.97	0.75	2.22	0.37	0.17	0.20	0.091	0.14	0.049	1.17	1.53	0.36	0.39	0.22	0.17	0.69	0.39	0.30
	FLO 142	92.26	92.47	0.21	0.42	0.62	0.20	0.11	0.26	0.15	0.07	0.17	0.10	6.88	6.24	0.64	0.21	0.14	0.07	0.064	0.096	0.032
	FLO 164*																					
1500 550 1 700	FLO 215	94.97	94.43	-0.54	0.15	0.68	0.53	0.27	0.39	0.12	0.11	0.14	0.03	4.30	4.13	0.17	0.17	0.16	0.01	0.019	0.072	0.053

* ไม่ได้บันทึกค่าเฉลี่ย

ภาคผนวก 3.5 เปรียบเทียบธาตุองค์ประกอบในทับทิมของชุดก่อนและหลังแผนแบบ ELO เพื่อศึกษาอุณหภูมิการเผา (ต่อ)

สภาวะการเผา	รหัสทับทิม	Al			Ca			Ti			V			Cr			Fe			Cu		
		ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง
1500 550 1 700 (ต่อ)	ELO 231	98.75	93.75	-5.00	0.11	0.51	0.40	0.10	0.35	0.25	0.031	0.13	0.099	0.96	5.04	4.08	0.022	0.12	0.098	0.015	0.062	0.047
	ELO 234	95.04	95.21	0.17	0.53	0.26	-0.27	0.37	0.43	0.06	0.14	0.11	-0.03	3.68	3.75	0.07	0.20	0.16	0.04	0.047	0.082	0.035
	ELO 241	99.21	96.1	-3.11	0.14	0.65	0.51	0.011	0.09	0.079	0.027	0.13	0.103	0.55	2.76	2.21	0.027	0.13	0.103	0.043	0.15	0.107
	ELO 249	94.24	95.2	0.96	1.49	0.56	0.93	0.42	0.53	0.11	0.18	0.075	-0.105	3.44	3.32	0.12	0.18	0.25	0.07	0.065	0.072	0.007
	ELO 252	96.09	95.28	-0.81	0.88	1.87	0.99	0.20	0.27	0.07	0.29	0.16	-0.13	1.75	1.72	-0.03	0.70	0.61	0.09	0.09	0.084	-0.006
1550 550 1 700	ELO 149*																					
	ELO 156	94.37	94.99	0.62	0.89	0.68	-0.21	0.21	0.10	-0.11	0.099	0.11	0.011	3.82	3.81	-0.01	0.20	0.20	0.00	0.04	0.10	0.06
	ELO 208*																					
1600 550 1 700	FLO 202	95.36	95.34	0.02	0.45	0.86	0.41	0.34	0.46	0.12	0.11	0.20	0.09	3.08	2.84	0.24	0.56	0.23	0.33	0.09	0.064	0.036

* ไปได้เกินที่คำนวณ

ภาคผนวก 3.6 เปรียบเทียบธาตุองค์ประกอบในทับทิมมอซงูก่อนและหลังเผาแบบ ELO เพื่อศึกษาเวลาแช่พลอย

สภาวะการเผา	รหัสทับทิม	Al			Ca			Ti			V			Cr			Fe			Cu		
		ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง
1000 550 8 700 ไม่ได้เก็บข้อมูล ก่อนเผา	CF 90	•	84.01		•	•		•	2.89		•	0.83		•	10.58		•	1.69		•	•	
	CG 115	•	95.03		•	•		•	0.88		•	•		•	3.18		•	0.90		•	•	
	CH 65	•	95.30		•	•		•	0.42		•	0.15		•	3.89		•	0.23		•	•	
	CZ 113*																					
1200 550 4 700 ไม่ได้เก็บข้อมูล ก่อนเผา	CG 117	•	93.08		•	3.40		•	0.12		•	0.140		•	2.98		•	0.22				
	CH 64	•	96.31		•	•		•	0.14		•	0.08		•	3.06		•	0.41				
	CZ 111	•	93.89		•	2.79		•	0.51		•	0.16		•	2.28		•	0.37				
1300 550 1 700	ELO 146	93.24	92.81	-0.43	1.30	1.11	-0.19	0.26	0.40	0.14	0.00	0.20	0.20	4.50	4.80	0.30	0.14	0.17	0.03	0.55	0.51	-0.04
	ELO 159	93.79	94.18	0.39	2.34	2.14	0.20	0.12	0.12	0.00	0.081	0.080	0.008	2.23	2.40	0.17	0.17	0.13	-0.04	1.27	0.95	-0.32

- ไม่ได้บันทึกข้อมูล

ภาคผนวก 3.6 เปรียบเทียบธาตุองค์ประกอบในทับทิมมอซงก่อนและหลังเผาแบบ ELO เพื่อศึกษาเวลาแช่พลอย (ต่อ)

สภาวะการเผา	รหัสทับทิม	Al			Ca			Ti			V			Cr			Fe			Cu		
		ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง
1300 550 1 700 (ต่อ)	ELO 169	96.06	95.91	-0.15	0.55	0.40	0.15	0.24	0.48	0.24	0.31	0.17	0.14	2.54	2.68	0.17	0.24	0.26	0.02	0.086	0.092	0.007
	ELO 220	98.76	98.90	0.14	0.22	0.12	-0.10	0.065	0.078	0.013	0.031	0.096	0.084	0.88	0.83	0.05	0.027	0.22	0.193	0.008	0.008	0.00
	ELO 240	90.99	91.26	0.27	0.62	0.23	-0.39	0.23	0.22	0.01	0.10	0.06	-0.04	7.80	7.90	0.10	0.20	0.27	0.07	0.053	0.60	0.547
1400 550 1 700	ELO 243	99.08	99.13	0.05	0.097	0.077	0.02	0.084	0.099	0.045	0.042	0.044	0.009	0.68	0.63	0.05	0.022	0.017	0.006	0.009	0.007	0.002
	ELO 109	98.98	96.16	-2.82	0.50	0.98	0.48	0.10	0.63	0.53	0.04	0.20	0.16	0.31	1.79	1.48	0.64	0.16	0.126	0.039	0.084	0.045
	ELO 307	94.53	94.33	-0.20	0.54	0.47	0.07	0.074	0.12	0.049	0.087	0.16	0.073	4.66	4.77	0.11	0.086	0.076	0.01	0.026	0.067	0.042
	ELO 108*																					
	ELO 216*																					
	ELO 221*																					

* ไม่ได้บันทึกค่า

ภาคผนวก 3.6 เปรียบเทียบธาตุองค์ประกอบในทับทิมมอญก่อนและหลังเผาแบบ ELO เพื่อศึกษาเวลาแช่พลอย (ต่อ)

สถานะการเผา	รหัสทับทิม	Al			Ca			Ti			V			Cr			Fe			Cu		
		ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง
1400 550 3 700	ELO 158	98.43	95.3	-3.13	0.42	0.52	0.10	0.087	0.37	0.283	0.027	0.12	0.093	0.64	3.43	2.79	0.051	0.20	0.149	0.33	0.072	-0.258
	ELO 170	94.42	99.23	4.81	0.83	0.097	-0.733	0.49	0.037	-0.453	0.079	0.015	-0.064	3.94	0.58	-3.36	0.19	0.028	-0.162	0.054	0.011	-0.043
	ELO 245	99.24	99.16	-0.08	0.054	0.059	0.005	0.054	0.10	0.046	0.022	0.036	0.014	0.59	0.62	0.03	0.016	0.013	-0.003	0.02	0.005	-0.015
1400 550 (1+2) ¹ 700 ไม่ได้เก็บข้อมูล ก่อนเผา	ELO 108	*	94.06		*	1.88		*	0.42		*	0.097		*	2.69		*	0.14		*	0.19	
	ELO 216	*	99.13		*	0.071		*	0.095		*	0.047		*	0.62		*	0.024		*	0.011	
	ELO 221	*	95.08		*	1.11		*	0.60		*	0.20		*	2.87		*	0.14		*	*	
1400 550 (3+2) ² 700	ELO 158	95.30	95.03	-0.27	0.52	0.68	0.16	0.37	0.27	-0.10	0.12	0.12	0.00	3.43	3.59	0.16	0.20	0.23	0.03	0.720	0.081	-0.639
	ELO 170	99.23	94.89	-4.34	0.097	0.90	0.803	0.037	0.40	0.363	0.015	0.07	0.055	0.058	3.56	3.507	0.028	0.18	0.152	0.011	0.00	-0.011
	ELO 245	99.16	95.39	-3.77	0.059	0.25	0.191	0.10	0.40	0.30	0.036	0.17	0.134	0.62	3.64	3.07	0.013	0.099	0.086	0.005	0.057	0.052

* ไม่ได้เก็บข้อมูล

ภาคผนวก 3.6 เปรียบเทียบธาตุองค์ประกอบในทับทิมมอซอและหลังผาแบบ ELO เพื่อศึกษาเวลาแช่พลอย (ต่อ)

สภาวะการเผา	รหัสทับทิม	Al			Ca			Ti			V			Cr			Fe			Cu		
		ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง
1400 550 4 700	CZ 108	90.20	93.20	3.00	1.83	.	.	0.770	1.740	0.970	0.210	1.150	0.940	2.99	3.29	0.30	0.380	0.620	0.240	0.130	.	.
	CZ 109	93.07	94.40	1.33	0.940	1.730	0.79	0.32	0.43	0.11	0.160	0.260	0.10	2.01	2.02	0.01	2.100	1.160	-0.94	0.220	.	.
1500 550 1 700	ELO 215	94.97	94.43	-0.54	0.15	0.68	0.53	0.27	0.39	0.12	0.11	0.14	0.03	4.30	4.13	0.17	0.17	0.16	-0.01	0.019	0.072	0.053
	ELO 231	98.75	93.75	-5.00	0.11	0.51	0.40	0.10	0.35	0.25	0.031	0.13	0.099	0.96	5.04	4.08	0.022	0.12	0.098	0.015	0.062	0.047
	ELO 234	95.04	95.21	0.17	0.53	0.26	-0.27	0.37	0.43	0.06	0.14	0.11	-0.03	3.68	3.75	0.07	0.20	0.16	-0.04	0.047	0.082	0.035
	ELO 241	99.21	96.10	-3.11	0.14	0.65	0.51	0.011	0.09	0.079	0.027	0.13	0.103	0.55	2.76	2.21	0.027	0.13	0.103	0.043	0.15	0.107
	ELO 249	94.24	95.20	0.96	1.49	0.56	-0.93	0.42	0.53	0.11	0.18	0.075	-0.105	3.44	3.32	-0.12	0.18	0.25	0.07	0.065	0.072	0.007
1500 550 2 700	ELO 252	96.09	95.28	-0.81	0.88	1.87	0.99	0.20	0.27	0.07	0.29	0.16	-0.13	1.75	1.72	-0.03	0.70	0.61	-0.09	0.09	0.084	-0.006
	ELO 129*																					

* ไม่ได้บันทึกข้อมูล

ภาคผนวก 3.6 เปรียบเทียบธาตุองค์ประกอบในทัพบิมของชุดก่อนและหลังเผาแบบ ELO เพื่อศึกษาเวลาแช่พลอย (ต่อ)

สภาวะการเผา	รหัสทัพบิม	Al			Ca			Ti			V			Cr			Fe			Cu		
		ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง
1500 550 2 700 (ต่อ)	ELO 145*																					
	ELO 203*																					
	ELO 218	99.31	95.21	-4.10	0.11	1.21	1.10	0.033	0.31	0.277	0.031	0.16	0.129	0.49	3.04	2.55	0.013	0.065	0.052	0.013	*	*
	ELO 223	99.26	96.02	-3.24	0.15	0.59	0.44	0.049	0.33	0.281	0.039	0.23	0.191	0.47	2.75	2.28	0.023	0.089	0.066	0.014	*	*
	ELO 256	91.43	91.61	0.18	0.51	0.44	-0.07	0.11	0.048	-0.062	0.17	0.074	-0.096	7.63	7.64	0.01	0.11	0.19	0.08	0.045	*	*
1500 550 3 700	ELO 217	90.07	90.48	0.41	1.19	0.58	-0.61	0.20	0.33	0.13	0.11	0.12	0.01	8.28	8.30	0.02	0.065	0.13	0.065	0.086	0.066	-0.02
	ELO 246	92.26	92.73	0.47	1.22	0.87	-0.35	0.19	0.20	0.01	0.25	0.16	-0.09	5.93	5.87	-0.06	0.11	0.11	0.00	0.049	0.058	0.009
	ELO 255	93.71	93.63	-0.06	0.89	0.70	-0.19	0.092	0.12	0.028	0.19	0.13	-0.06	4.95	5.18	0.23	0.14	0.19	0.05	0.032	0.033	0.001
1500 550 (1+1)* 700	ELO 241	96.10	96.32	0.22	0.65	0.47	-0.18	0.09	0.17	0.08	0.13	0.17	0.04	2.76	2.66	-0.10	0.13	0.13	0.00	0.15	0.085	-0.065

* ไม่ได้บันทึกข้อมูล

ภาคผนวก 3.6 เปรียบเทียบธาตุองค์ประกอบในทับทิมมอซงก่อนและหลังเผาแบบ ELO เพื่อศึกษาเวลาแช่พลอย (ต่อ)

สภาวะการเผา	รหัสทับทิม	Al			Ca			Ti			V			Cr			Fe			Cu		
		ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง
1500 550 (1+1)* 700 (ต่อ)	ELO 249	95.20	95.16	-0.04	0.56	0.74	0.18	0.53	0.42	-0.11	0.075	0.077	0.002	3.32	3.27	0.05	0.25	0.22	-0.03	0.0/2	0.12	0.048
	ELO 252	95.28	96.10	0.82	1.87	1.07	-0.80	0.27	0.35	0.08	0.16	0.21	0.05	1.72	1.65	-0.07	0.61	0.51	-0.10	0.084	0.11	0.026
1500 550 (1+2)** 700	ELO 215	94.43	99.12	4.69	0.68	*	*	0.39	0.053	-0.337	0.14	0.025	0.115	4.13	0.75	-3.38	0.16	0.031	-0.129	0.072	0.014	-0.058
	ELO 231	93.75	93.3	-0.45	0.51	0.72	0.21	0.35	0.47	0.12	0.13	0.059	-0.071	5.04	3.21	-1.83	0.12	0.18	0.06	0.062	0.066	0.004
	ELO 234	95.21	95.06	-0.15	0.26	0.68	0.42	0.43	0.34	-0.09	0.11	0.086	-0.024	3.75	3.60	-0.15	0.16	0.18	0.02	0.082	0.058	-0.024
1600 550 1 700	ELO 202	95.36	95.34	-0.02	0.45	0.86	0.41	0.34	0.46	0.12	0.11	0.20	0.09	3.08	2.84	-0.24	0.56	0.23	-0.33	0.09	0.064	-0.026
	ELO 204	89.98	94.66	4.68	6.53	1.48	-5.05	0.23	*	*	0.22	0.13	-0.09	2.85	3.55	0.70	0.10	0.10	0.00	0.0/3	0.084	0.011
	ELO 254	91.12	94.62	3.30	5.38	1.41	-3.97	0.44	0.17	-0.27	0.059	0.11	0.051	2.56	3.45	0.89	0.18	0.22	0.04	0.061	0.018	-0.043
1600 550 2 700	CF 89	96.06	95.68	-0.38	*	*	*	0.28	*	*	*	0.27	*	3.43	3.81	0.38	0.23	0.24	0.01	*	*	*

* ไม่ได้บันทึกข้อมูล

ภาคผนวก 3.6 เปรียบเทียบธาตุองค์ประกอบในทับทิมมอญก่อนและหลังเผาแบบ ELO เพื่อศึกษาเวลาแช่พลอย (ต่อ)

สภาวะการเผา	รหัสทับทิม	Al			Ca			Ti			V			Cr			Fe			Cu		
		ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง
1600 550 2 700 (ต่อ)	CG 111	89.22	93.36	4.14	4.08	2.43	-1.65	0.13	0.22	0.09	0.19	0.18	-0.01	3.75	3.55	-0.20	0.68	0.26	-0.42	*	*	*
	CH 69	95.33	95.30	-0.03	1.10	1.09	-0.01	0.10	0.29	0.19	*	0.09	*	3.21	3.03	-0.18	0.26	0.19	-0.07	*	*	*
	CH 71	94.26	95.81	1.55	1.00	0.52	-0.48	0.53	0.30	-0.23	0.085	0.085	-0.145	3.27	2.87	-0.40	0.70	0.41	-0.29	*	*	*
	CZ 106	94.65	95.47	0.82	*	*	*	0.25	0.33	0.08	0.20	0.12	-0.08	4.11	3.82	-0.29	0.66	0.27	-0.39	*	*	*
	CG 109*																					
1600 550 4 700	CF85	95.69	96.07	0.38	*	0.52	*	0.00	0.20	0.20	0.11	0.10	-0.01	3.47	3.40	-0.07	0.22	0.12	-0.10	*	0.120	*
	CF 87	93.93	93.63	-0.30	2.05	3.03	0.98	0.530	0.460	-0.070	0.210	0.220	0.010	2.54	2.34	-0.20	0.750	0.310	-0.440	*	*	*
	CF 90	94.60	แตก	-	1.00	*	-	0.20	*	-	0.17	*	-	3.63	*	-	0.29	*	-	0.110	*	*
	CH 73	94.77	94.16	-0.61	0.660	1.800	1.14	0.31	0.44	0.13	0.084	0.170	0.086	3.77	3.25	-0.52	0.410	0.170	-0.240	*	*	*

* ไม่ได้บันทึกข้อมูล

ภาคผนวก 3.6 เปรียบเทียบธาตุองค์ประกอบในทัพบิมของลูกก่อนและหลังเผาแบบ ELO เพื่อศึกษาเวลาแช่พลอย (ต่อ)

สภาวะการเผา	รหัสทัพบิม	Al			Ca			Ti			V			Cr			Fe			Cu		
		ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง
1700 550 1 700	CH54	99.56	99.38	-0.18	0.054	0.22	0.166	0.025	0.030	0.005	0.026	0.024	-0.002	0.30	0.32	0.02	0.035	0.034	-0.001	•	•	•
	CH61	97.01	99.32	2.31	0.42	0.23	-0.19	•	0.060	•	•	0.027	•	2.18	0.32	-1.86	0.39	0.004	-0.386	•	•	•
	CZ100	94.53	94.24	-0.29	1.83	2.80	0.97	0.33	0.62	0.29	0.12	0.26	0.14	1.98	1.72	-0.26	1.21	0.36	-0.85	•	•	•
1700 550 2 700	CH56*	97.73	นตก					0.340			0.210			1.41			0.300					
	CH58	97.56	97.38	-0.18	•	•	•	0.190	0.350	0.160	0.097	0.140	0.043	1.75	1.73	-0.02	0.390	0.390	0.000	•	•	•
	CZ102	95.95	97.15	1.20	1.290	•	•	•	0.420	•	•	0.190	•	1.800	1.890	0.090	0.850	0.350	-0.500	0.120	•	•
	CF68	90.76	95.94	5.18	•	•	•	0.210	0.20	-0.01	0.160	0.061	0.009	4.42	3.60	-0.82	0.350	0.290	-0.150	•	•	•
	CG116	94.00	95.14	1.14	0.93	0.79	-0.14	0.40	0.49	0.09	0.21	0.11	-0.10	4.11	3.23	0.88	0.35	0.24	-0.11	•	•	•
	CH52	93.92	91.43	-2.49	2.98	2.69	-0.29	0.350	•	•	0.160	0.120	0.040	1.40	5.63	4.23	1.170	0.120	-1.050	•	•	•

* ไม่ได้บันทึกข้อมูล

ภาคผนวก 3.6 เปรียบเทียบธาตุองค์ประกอบในพิมพ์มอของลูกก่อนและหลังเผาแบบ ELO เพื่อศึกษาเวลาแช่พลอย (ต่อ)

สภาวะการเผา	รหัสพิมพ์	Al			Ca			Ti			V			Cr			Fe			Cu		
		ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง
1700 550 6 700	CH48	94.50	94.88	0.38	1.88	*	*	0.32	0.53	0.21	0.24	0.36	0.12	2.73	3.84	1.11	0.33	0.39	0.06	*	*	*
	CH51	96.60	95.59	-1.01	*	*	*	0.120	0.380	0.260	0.170	0.250	0.080	2.94	3.62	0.68	2.350	0.160	2.190	*	*	*
	CZ101	94.27	95.50	1.23	1.90	1.60	-0.30	0.41	0.36	-0.05	0.150	0.160	0.010	1.97	2.12	0.15	1.30	0.25	1.05	*	*	*

* ไม่ได้บันทึกข้อมูล

ภาคผนวก 3.7 เปรียบเทียบธาตุองค์ประกอบในพิมพ์มอของลูกก่อนและหลังเผาแบบผสม (EHO+ELO)

สภาวะการเผา ครั้งที่ 2 แบบ ELO	รหัสพิมพ์	Al			Ca			Ti			V			Cr			Fe			Cu		
		ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง
1400 550 3 700	EHO 49-H13	95.95	99.4	3.45	0.63	0.084	-0.546	0.58	0.056	-0.524	0.097	0.015	-0.082	2.45	0.42	-2.03	0.11	0.019	-0.091	0.19	0.012	-0.178
	EHO 73-H25	95.25	99.15	3.9	1.71	0.031	-1.679	0.29	0.11	-0.18	0.14	0.041	-0.099	2.01	0.36	-1.65	0.12	0.013	-0.107	0.48	0.012	-0.468
	EHO 76-H25	93.96	99.1	5.14	2.34	0.21	-2.13	0.44	0.095	-0.345	0.23	0.057	-0.173	2.77	0.51	-2.26	0.084	0.018	-0.066	0.18	0.012	-0.168
1500 550 1 700	EHO 110-H3	98.97	94.36	-4.61	0.35	0.168	-0.182	0.049	0.28	0.231	0.007	0.11	0.103	0.55	3.19	2.64	0.04	0.23	0.19	0.038	0.15	0.112
	EHO113-H35	98.5	95.37	-3.13	0.93	0.124	-0.806	0.035	0.31	0.275	0.05	0.24	0.19	0.41	2.67	2.26	0.017	0.099	0.082	0.055	0.065	0.01
	EHO127-H35	89.37	93.41	4.04	4.89	0.39	-4.5	0.4	0.41	0.01	0.089	0.19	0.101	4.47	5.39	0.92	0.077	0.10	0.023	0.70	0.099	-0.601
1500 550 3 700	EHO11A-H21	95.76	95.98	0.22	1.26	0.96	-0.30	0.28	0.37	0.09	0.15	0.19	0.04	2.21	2.30	0.09	0.15	0.12	-0.03	0.10	0.073	-0.027
	EHO 75-H21	93.15	94.75	1.60	2.77	1.18	-1.59	0.12	0.32	0.20	0.15	0.13	-0.02	3.57	3.38	-0.19	0.13	0.13	0.00	0.12	0.12	0.00
	EHO 98-H21	92.96	92.03	-0.93	0.40	0.60	0.20	0.30	0.44	0.14	0.44	0.49	0.05	5.60	6.01	0.41	0.25	0.38	0.13	0.045	0.051	0.006

ภาคผนวก 3.7 เปรียบเทียบธาตุองค์ประกอบในพื้นผิวของรูปก่อนและหลังเผาแบบผสม (EHO+ELO) (ต่อ)

ลักษณะการเผา	รหัสหีบห่อ	Al			Ca			Ti			V			Cr			Fe			Cu		
		ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง
1550 550 x 700	EHO 79-H18	96.13	95.65	-0.48	0.44	0.80	0.36	0.21	0.31	0.10	0.069	0.18	0.111	2.91	2.91	0.00	0.087	0.12	0.033	0.16	0.032	-0.128
	EHO 80-H18	94.29	93.52	-0.77	0.28	0.83	0.55	0.10	0.094	-0.006	0.16	0.29	0.13	4.96	5.06	0.10	0.057	0.10	0.043	0.09	0.053	-0.037
	EHO 89-H18	92.47	91.54	-0.93	0.65	1.25	0.60	0.45	0.45	0.00	0.15	0.18	0.03	5.93	6.31	0.38	0.12	0.15	0.03	0.23	0.11	-0.12

ภาคผนวก 3.8 เปรียบเทียบธาตุองค์ประกอบในทับทิมมอซงก่อนและหลังเผาแบบใส่ผงคาร์บอน น้ำตาลทราย และสารเติมแต่งจากผู้ประกอบการ

สภาวะการเผา	รหัสทับทิม	Al			Ca			Ti			V			Cr			Fe			Cu		
		ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง
ELO 1700 550 2 700	CF69	91.37	96.15	4.78	*	0.31	0.49	0.18	0.180	0.170	0.010	3.54	3.05	-0.49	0.27	0.13	-0.14	*	*	*	*	
	CF73	94.18	95.10	0.92	0.88	0.74	-0.14	0.24	0.31	0.07	0.15	0.092	-0.058	3.74	3.58	-0.16	0.95	0.18	-0.77	*	*	
EHO 1700 550 6 700	CG100	96.71	95.19	-1.52	*	0.780	0.15	-0.63	0.120	0.059	-0.06	1.77	3.84	2.07	0.620	0.200	-0.42	*	*	*	*	
	CH45	93.41	95.39	1.98	1.450	*	0.190	0.23	0.04	0.000	0.076	0.076	4.27	4.13	-0.14	0.470	0.180	-0.290	*	*	*	

หมายเหตุ - ธาตุองค์ประกอบในทับทิมที่เผาโดยใช้สารเติมแต่งส่วนใหญ่ไม่ได้วัด จึงไม่ได้บันทึกข้อมูลทุกเม็ด

ภาคผนวก 4

เปรียบเทียบการดูดกลืนแสงในช่วง UV-VIS-NIR
ของทับทิมมองชูก่อนและหลังเผา

ภาคผนวก 4.1 เปรียบเทียบการดูดกลืนแสงในช่วง UV-VIS-NIR ของทับทิมมอญก่อนและหลังเผาแบบ EHO เพื่อศึกษาอุณหภูมิการเผา

สภาวะการเผาทับทิม	รหัสทับทิม	สภาวะ	ช่วง 700-800nm	ช่วง 480-200nm
1600 3.39 2.8800	EHO 152	ก่อน	693	573
		หลัง	694	583
	EHO 224B	ก่อน	693	580
		หลัง	693	580
1600 3.39 2.8800	EHO 73	ก่อน	693	557
		หลัง	693	560
	EHO 74	ก่อน	693	547
		หลัง	694	550
1600 3.39 2.8800	EHO 76	ก่อน	693	552
		หลัง	693	551
	EHO 115	ก่อน	693	568
		หลัง	694	563
1600 3.39 2.8800	EHO 116	ก่อน	693	580
		หลัง	694	580
	EHO 117	ก่อน	693	557
		หลัง	694	556
1600 3.39 2.8800	EHO 201	ก่อน	694	570
		หลัง	693	586
	EHO 212	ก่อน	693	545
		หลัง	693	568
			436	390
			436	405
			433	391
			428	390
			426	400
			425	395
			418	395
			423	396
			426	391
			422	388
			431	393
			434	394
			404	290
			405	385
			400	339
			433	402
			424	395
			428	394

สภาวะการเผาทับทิม	รหัสทับทิม	สภาวะ	ช่วง 700-800nm	ช่วง 480-200nm
1600 3.39 2.8800	EHO 101	ก่อน	693	548
		หลัง	693	548
	EHO 102	ก่อน	693	550
		หลัง	693	559
1600 3.39 2.8800	EHO 118	ก่อน	693	560
		หลัง	694	559
	EHO 119	ก่อน	693	578
		หลัง	694	581
1600 3.39 2.8800	EHO 136	ก่อน	693	559
		หลัง	693	587
	EHO 104	ก่อน	693	554
		หลัง	693	551
1600 3.39 2.8800	EHO 105	ก่อน	693	550
		หลัง	693	549
	EHO 106	ก่อน	693	546
		หลัง	693	549
			421	392
			425	394
			423	369
			438	396
			415	396
			406	383
			436	400
			473	402
			426	399
			448	405
			416	391
			420	400
			421	395
			425	392
			429	393

* หมายเหตุ เนื่องจากมีปัญหากับระบบการจัดเก็บข้อมูลในช่วงปีแรกของการวิจัย
จึงแสดงผลการเปรียบเทียบ UV-VIS-NIR Spectra ในรูปของตาราง

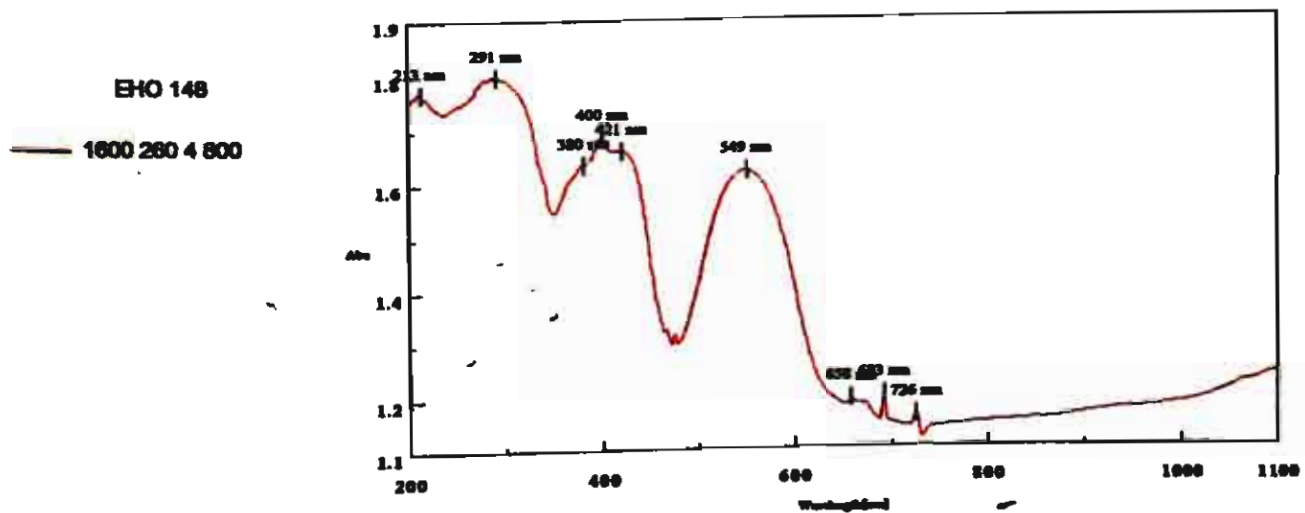
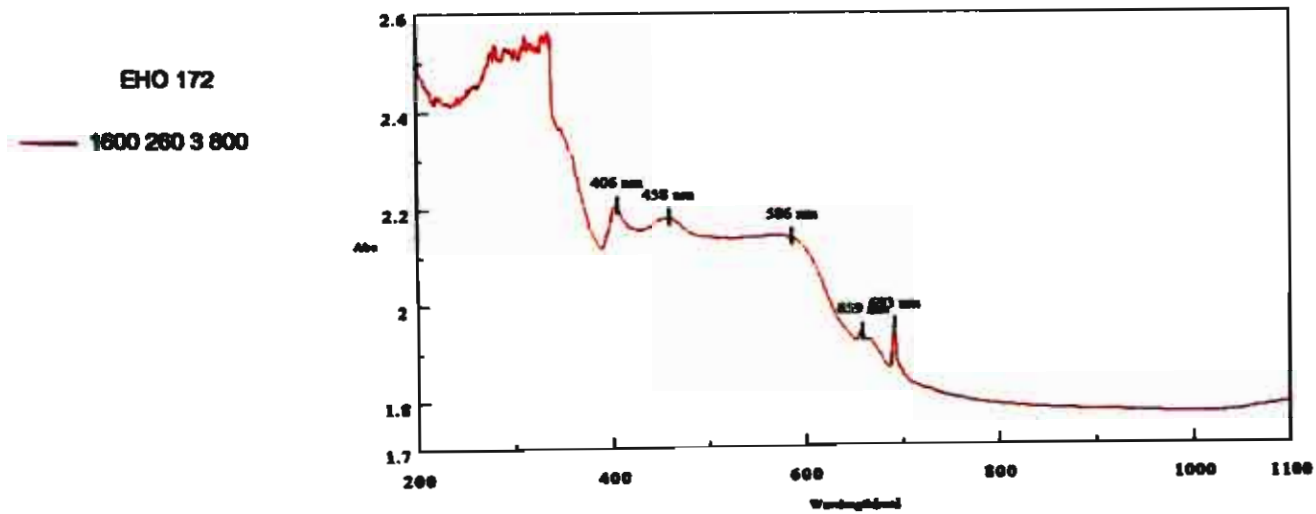
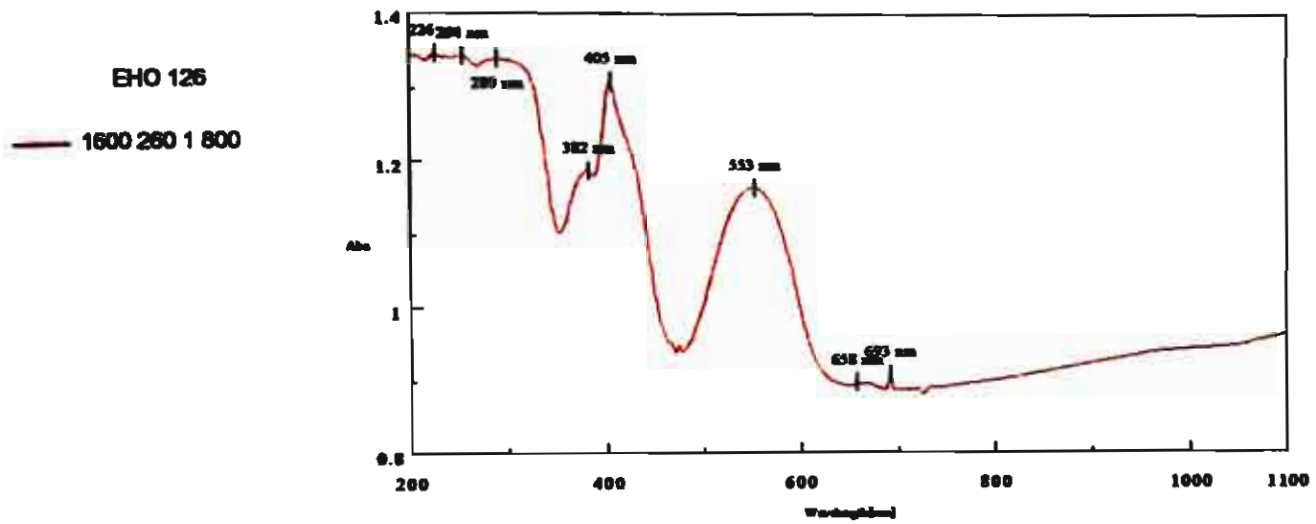
ภาคผนวก 4.2 เปรียบเทียบการดูดกลืนแสงในช่วงคลื่น UV-VIS-NIR ของทับทิมของซูก่อนและหลังเผาแบบ EHO เพื่อศึกษาอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ

สภาวะการเผาทับทิม	รหัสทับทิม	สภาวะ	ช่วง 700-480nm	ช่วง 480-200nm
1. การเผาแบบ EHO	EHO 60	ก่อน	693	424 392
		หลัง	693	411
	EHO 66	ก่อน	693	415 384
		หลัง	693	404 369 302
2. การเผาแบบ EHO	EHO 101	ก่อน	693	421 392
		หลัง	693	425 392 297 216
	EHO 102	ก่อน	693	423 369
		หลัง	693	438 396 305 294 208
3. การเผาแบบ EHO	EHO 67	ก่อน	693	426 399 380 284
		หลัง	693	424 391 272 208
	EHO 70	ก่อน	693	412 397
		หลัง	694	420 397
4. การเผาแบบ EHO	EHO 69	ก่อน	693	415 394
		หลัง	693	400 272 210
	EHO 72	ก่อน	693	440 388 341
		หลัง	693	472 389
	EHO 88	ก่อน	693	417 389
		หลัง	693	406 375 286 227

* หมายเหตุ เนื่องจากมีปัญหากับระบบการจัดเก็บข้อมูลในช่วงบีเรกของงานวิจัย จึงแสดงผลการเปรียบเทียบ UV-VIS-NIR Spectra ในรูปตาราง

ภาคผนวก 4.3 ตัวอย่าง UV-VIS-NIR Spectra ของทับทิมมอญหลังเผาแบบ EHO
เพื่อศึกษาเวลาแช่พลอย

100

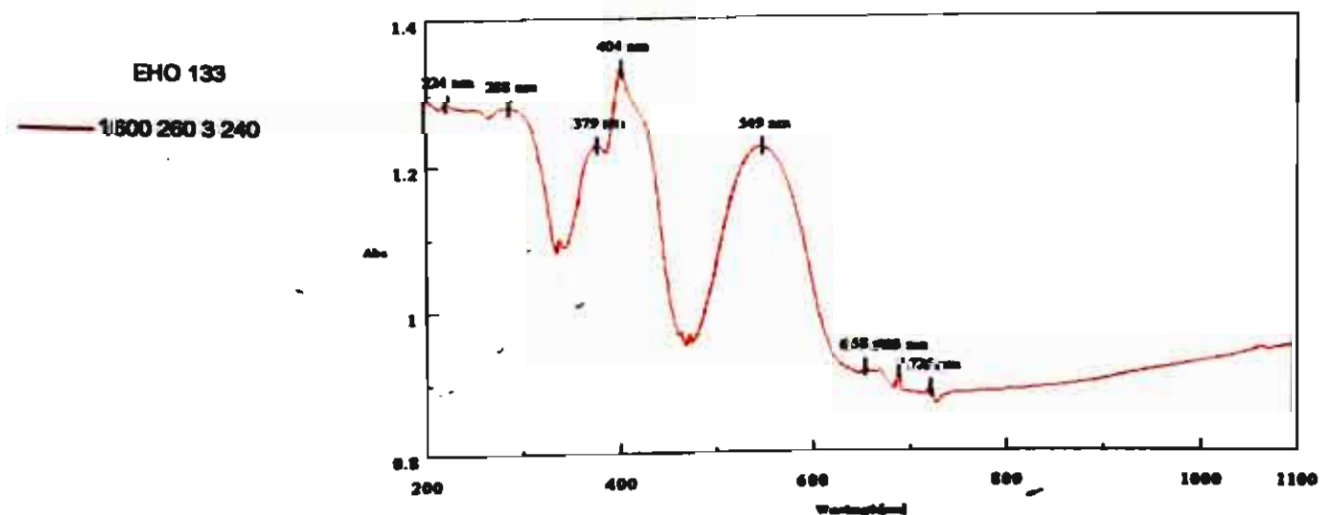
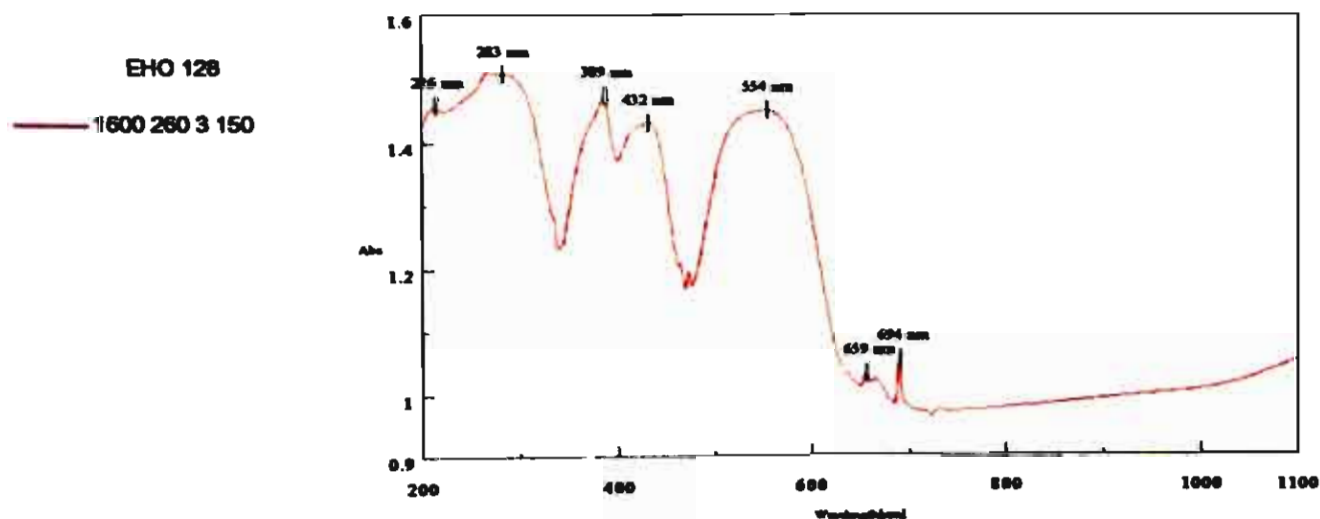
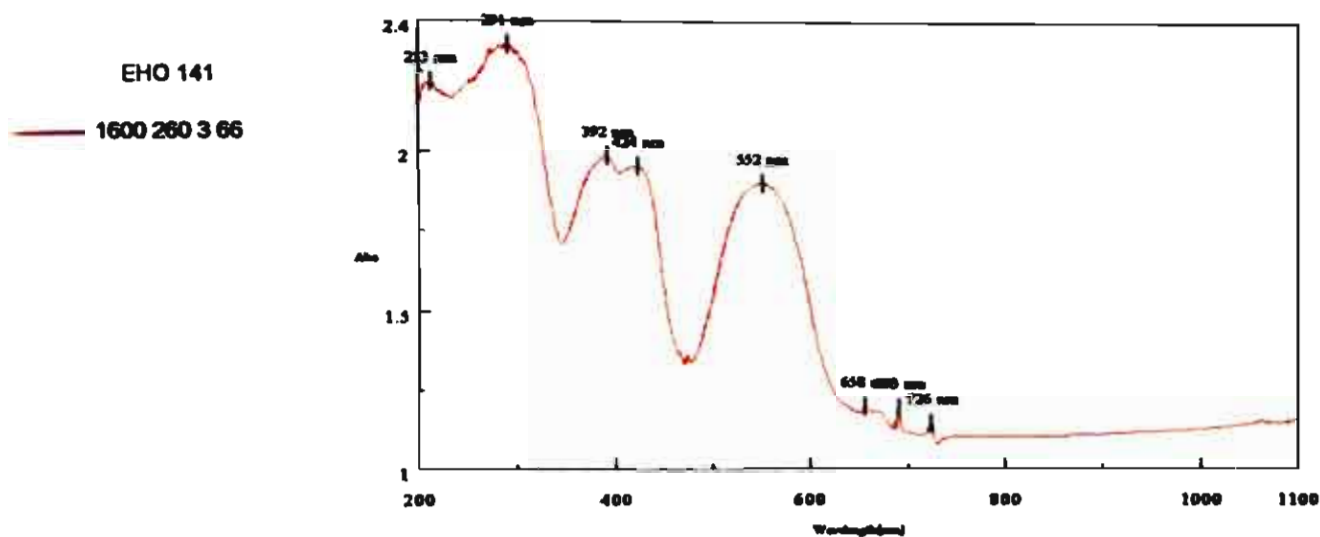


หมายเหตุ - UV-VIS-NIR Spectrum ของทับทิมก่อนเผาจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับทับทิมหลังเผา

- เนื่องจากมีปัญหาคือระบบข้อมูล จึงไม่สามารถนำ UV-VIS-NIR Spectrum ของทับทิมก่อนเผาแสดงย้อนกันได้

ภาคผนวก 4.4 ตัวอย่าง UV-VIS-NIR Spectrum ของทับทิมมองซูหลังเผาแบบ EHO
เพื่อศึกษาอัตราการลดอุณหภูมิ

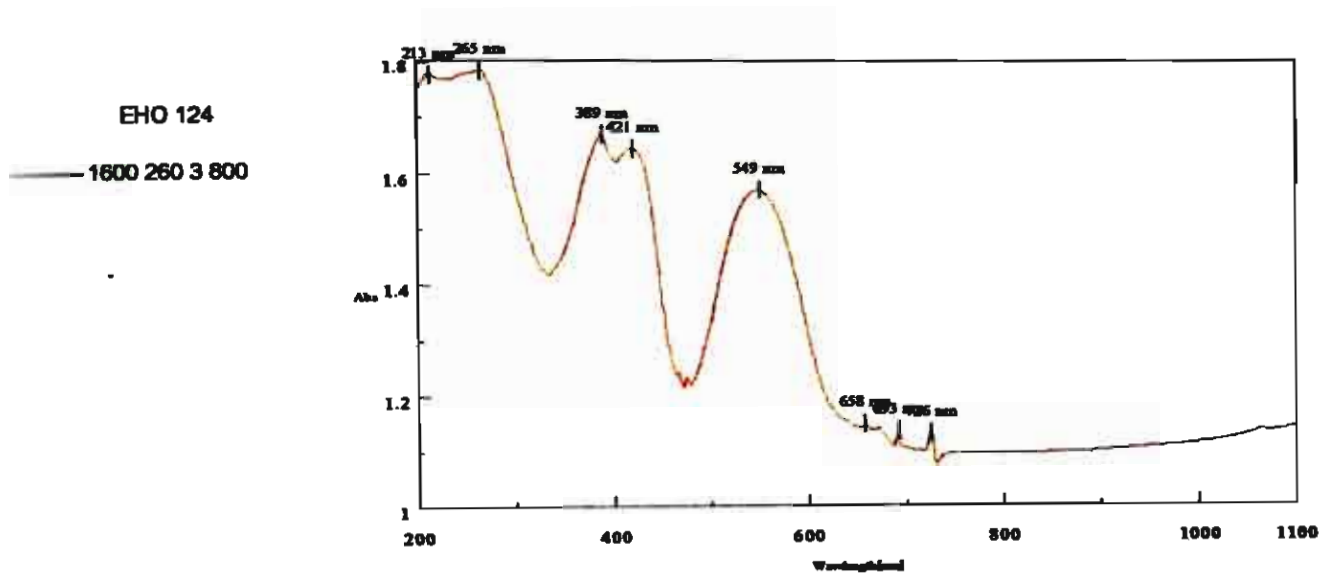
101



หมายเหตุ - UV-VIS-NIR Spectrum ของทับทิมก่อนเผาไม่ได้กั้นระดับซ้ายจนถึงทับทิมหลังเผา

- เนื่องจากมีปัญหาเกี่ยวกับระบบข้อมูล จึงไม่สามารถนำ UV-VIS-NIR Spectrum ของทับทิมก่อนเผามาแสดงพร้อมกันได้

ภาคผนวก 4.4 ตัวอย่าง UV-VIS-NIR Spectra ของทับทิมมองรูหลังเผาแบบ EHO เพื่อศึกษาอัตราการลดอุณหภูมิที่เหมาะสม (ต่อ)

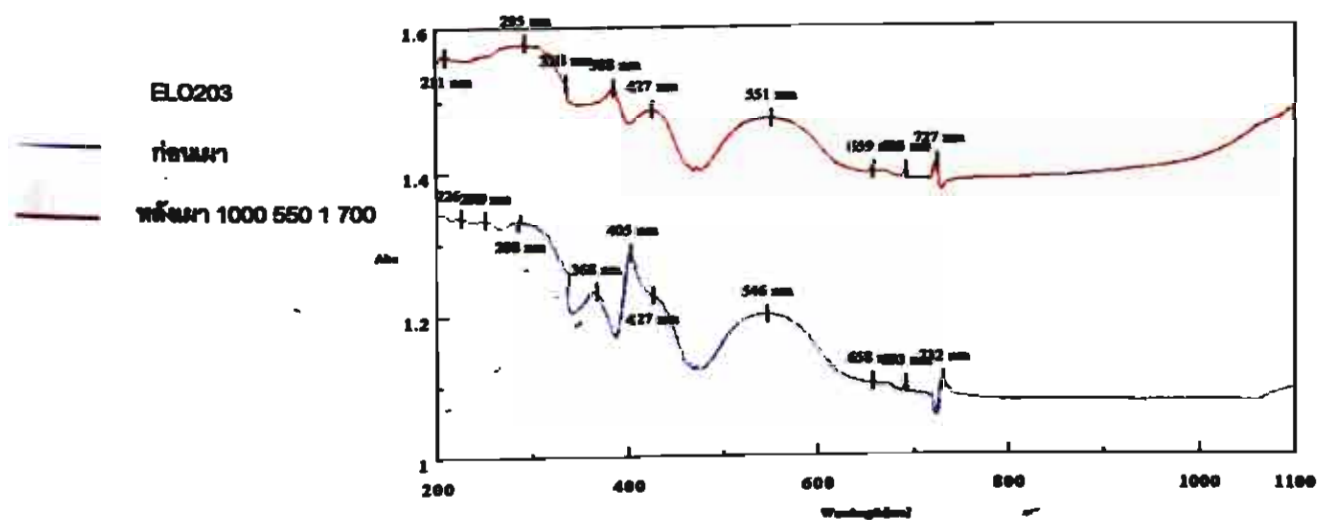
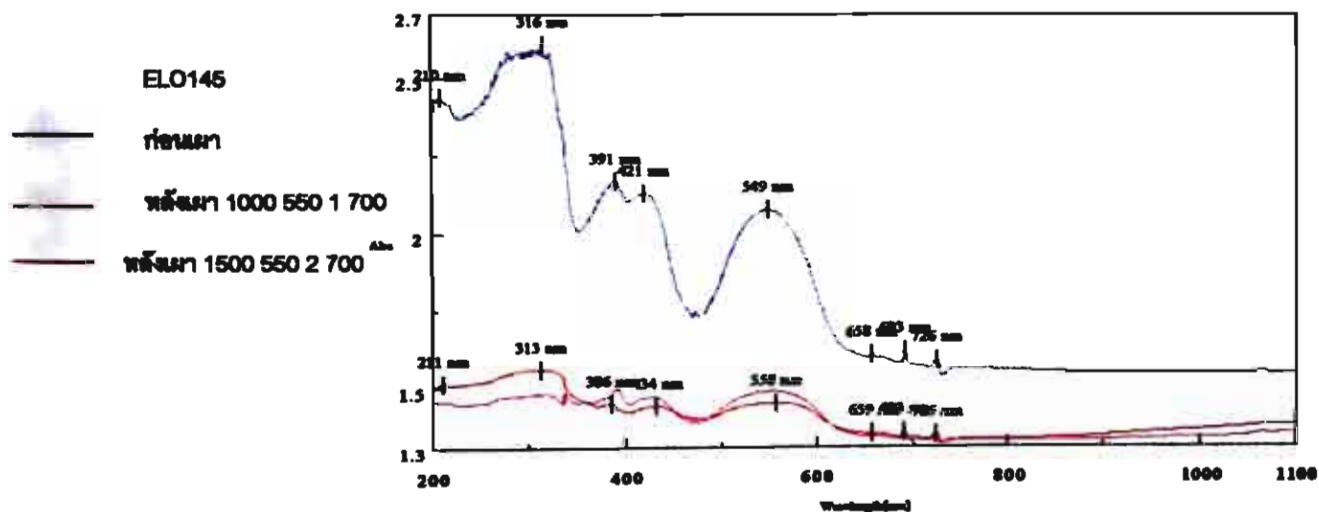
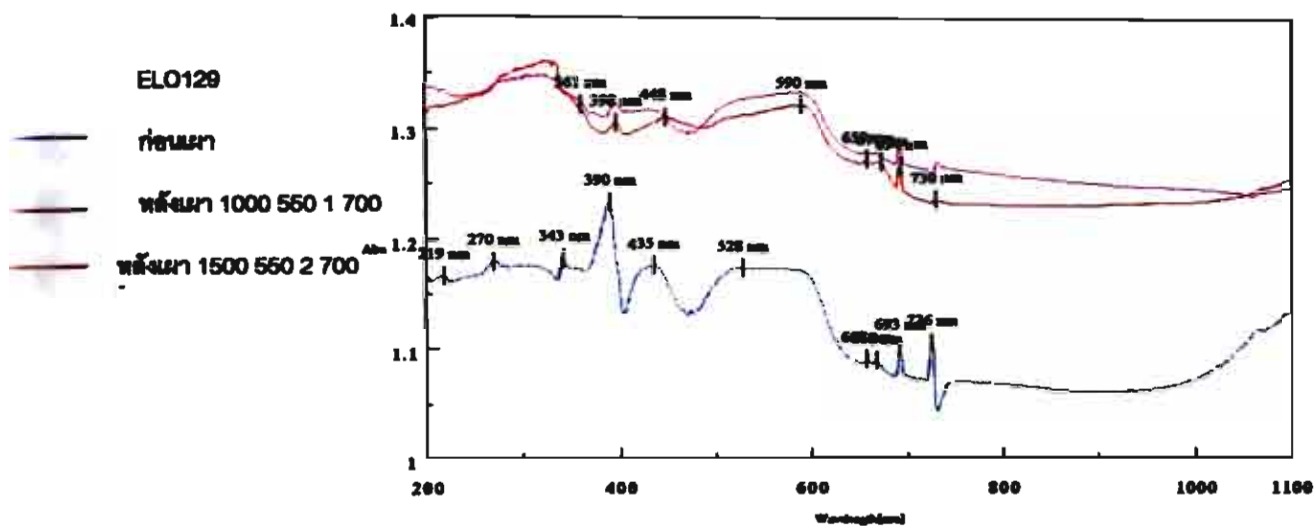


หมายเหตุ - UV-VIS-NIR Spectrum ของทับทิมก่อนเผามีลักษณะคล้ายคลึงกับทับทิมหลังเผา

- เนื่องจากมีปัญหากับระบบข้อมูล จึงไม่สามารถนำ UV-VIS-NIR Spectrum ของทับทิมก่อนเผามาแสดงร่วมกันได้

ภาคผนวก 4.5 UV-VIS-NIR Spectra ของทับทิมมองรูก่อนและหลังเผาแบบ ELO
เพื่อศึกษาอุณหภูมิการเผา

103

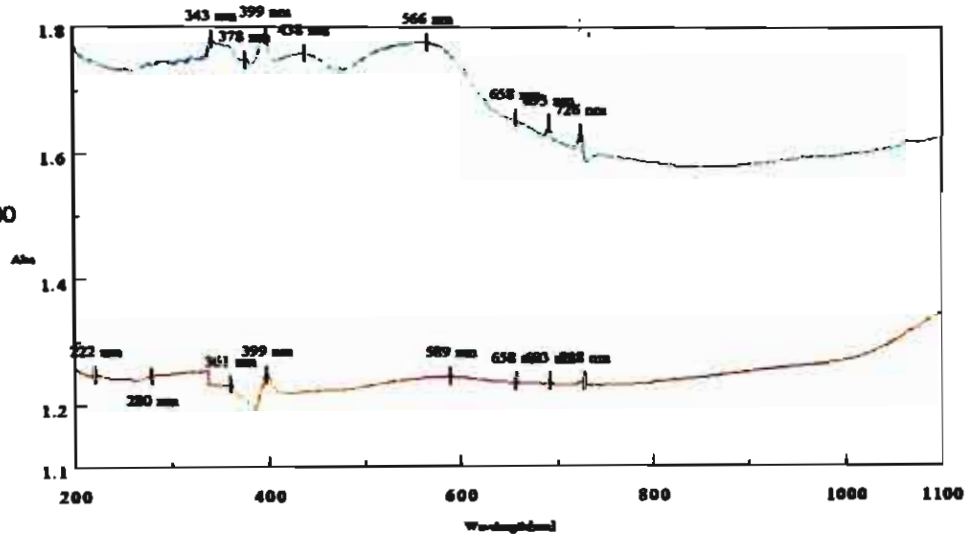


ภาคผนวก 4.5 UV-VIS-NIR Spectra ของทับทิมมอญก่อนและหลังเผาแบบ ELO
เพื่อศึกษาอุณหภูมิการเผา (ต่อ)

ELO230

ก่อนเผา

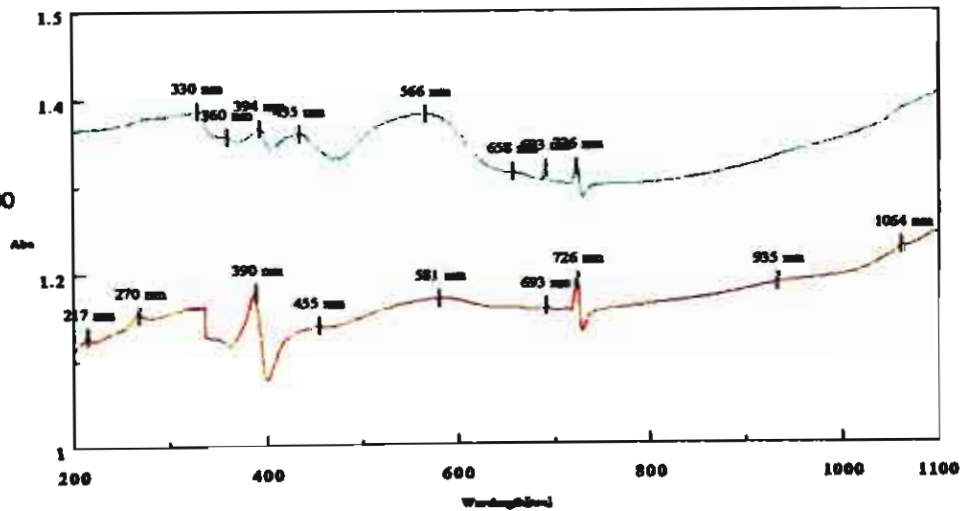
หลังเผา 1200 550 1700



ELO251

ก่อนเผา

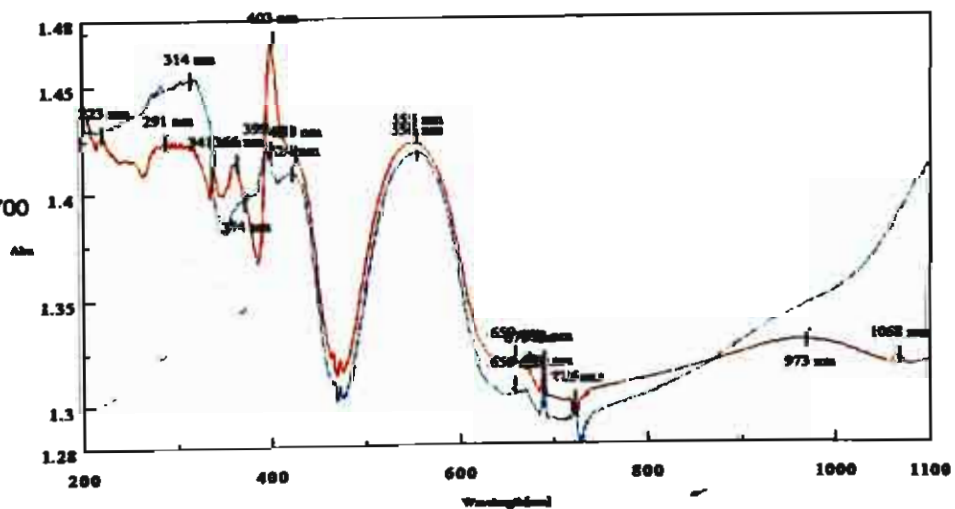
หลังเผา 1200 550 1700



ELO259

ก่อนเผา

หลังเผา 1200 550 1700



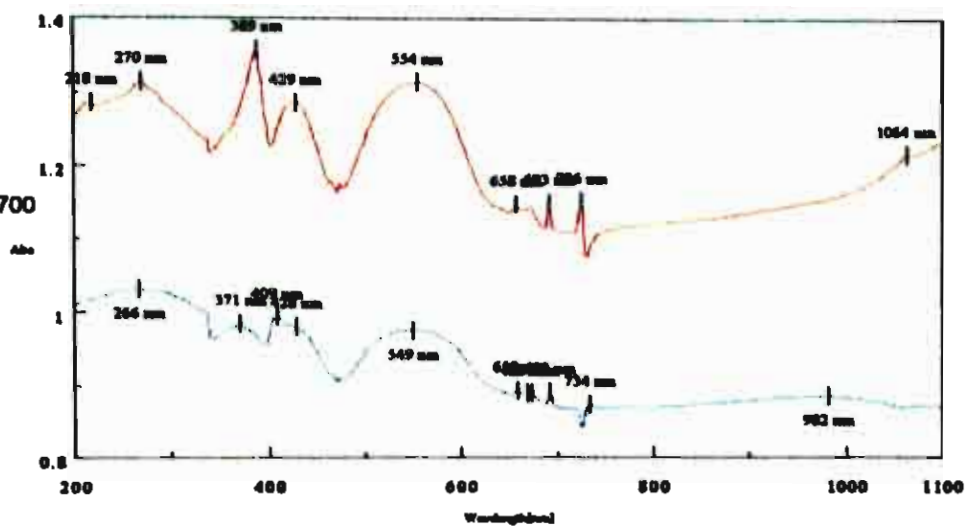
ภาคผนวก 4.5 UV-VIS-NIR Spectra ของทับทิมมองชูก่อนและหลังเผาแบบ ELO
เพื่อศึกษาอุณหภูมิการเผา (ต่อ)

105

ELO148

ก่อนเผา

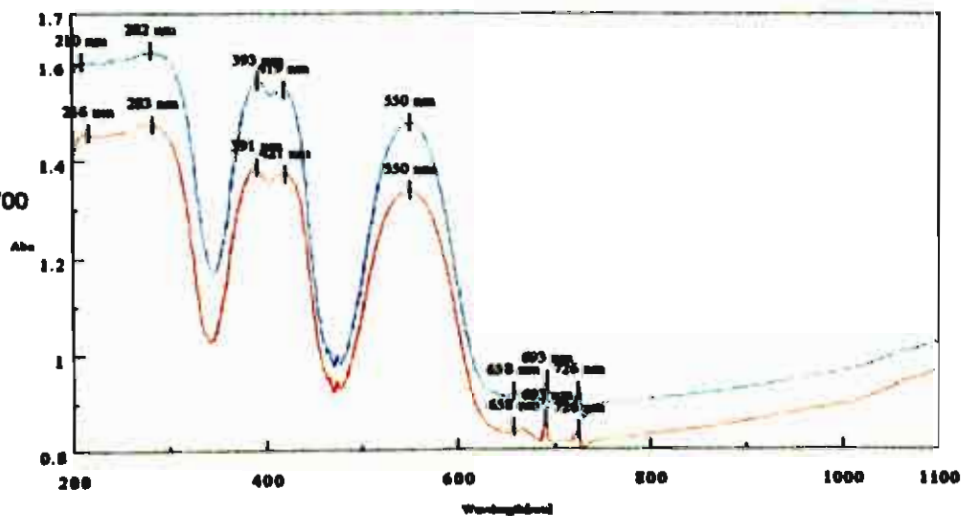
หลังเผา 1300 550 1700



ELO159

ก่อนเผา

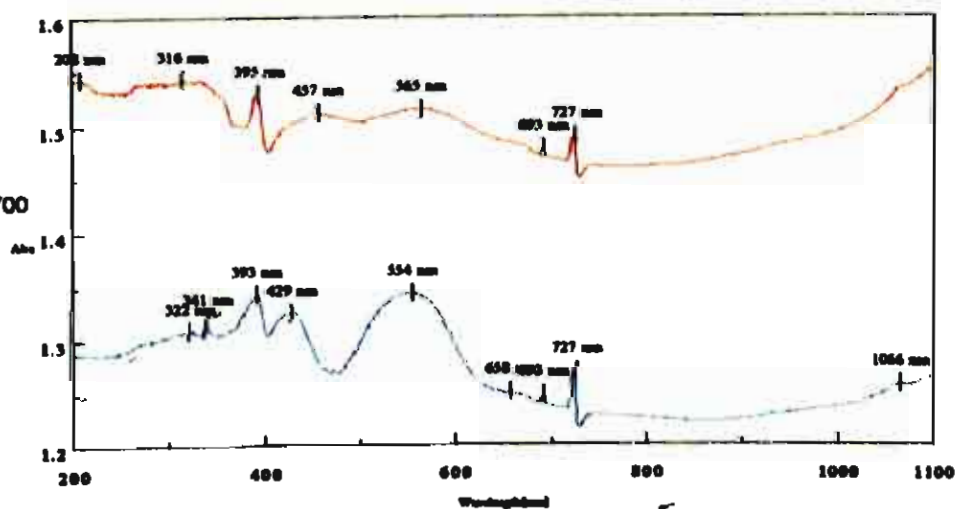
หลังเผา 1300 550 1700



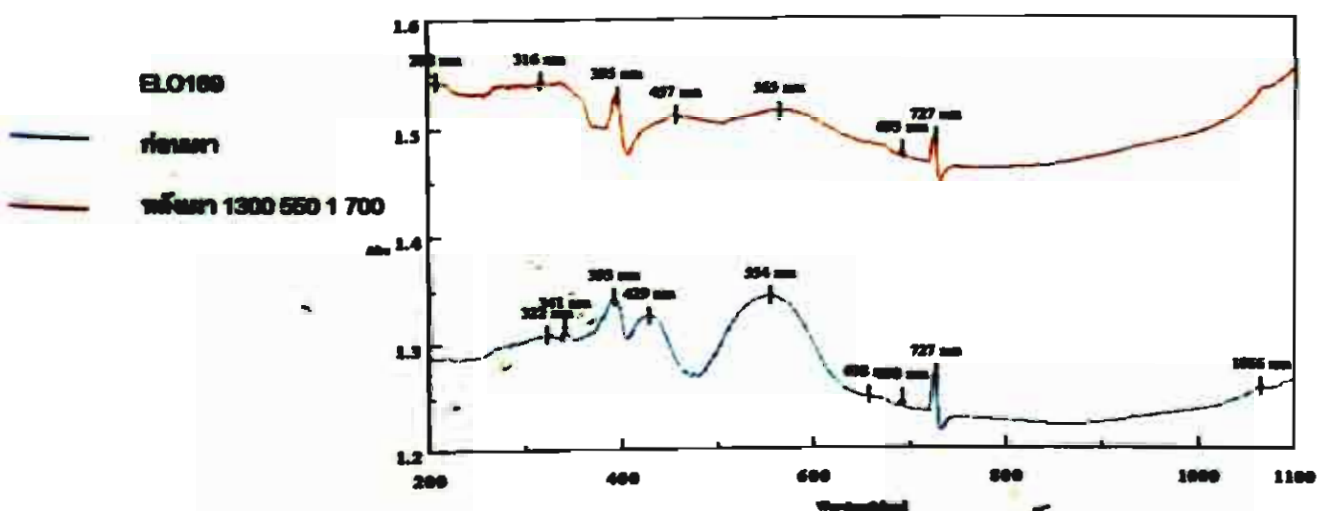
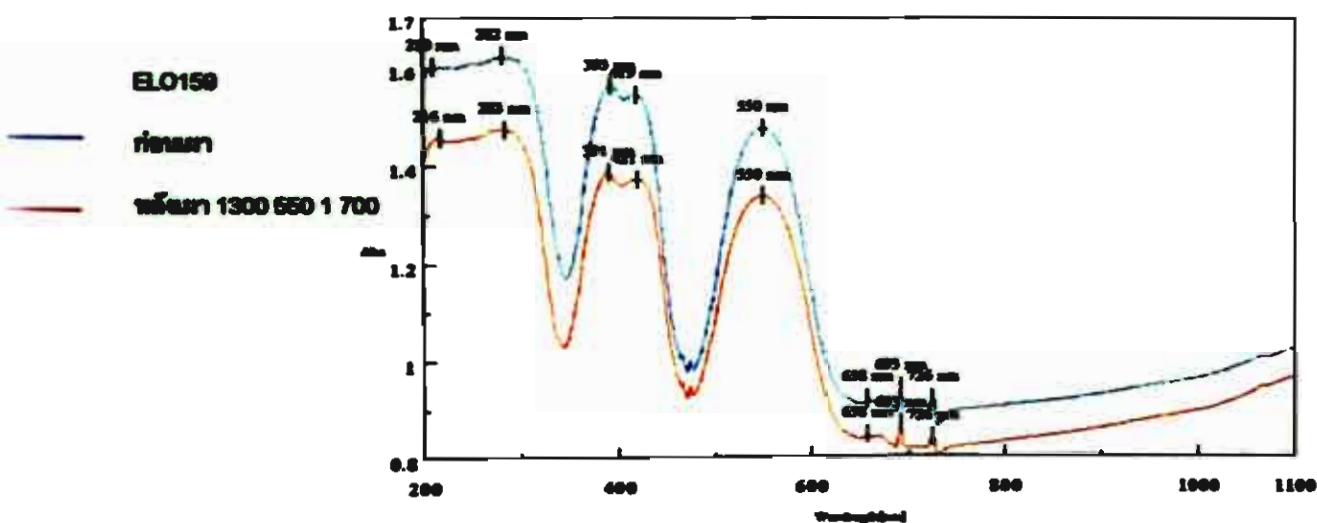
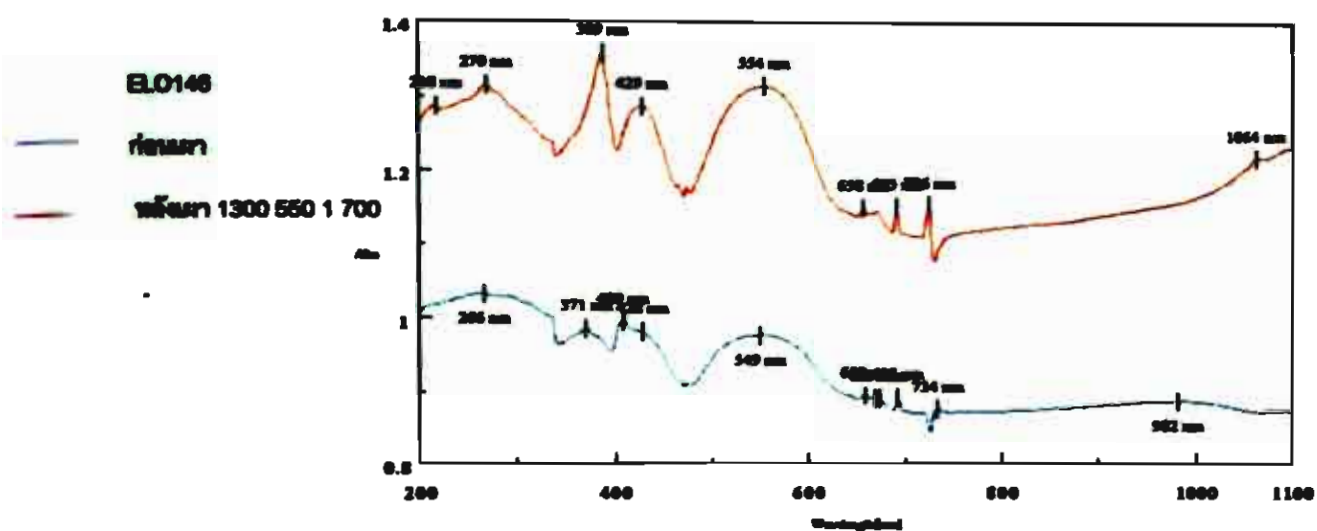
ELO189

ก่อนเผา

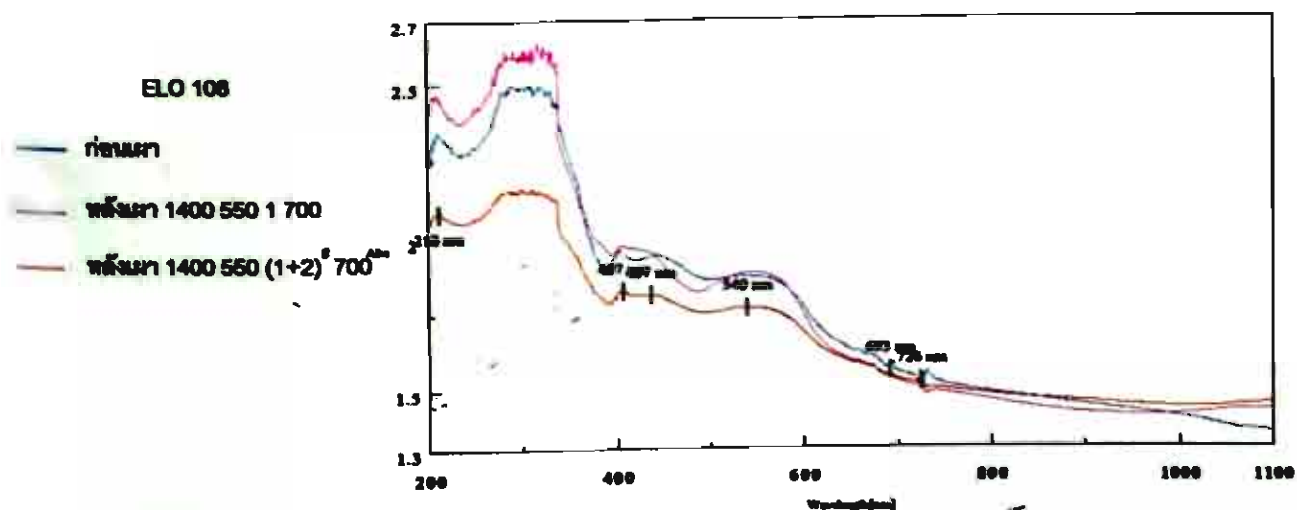
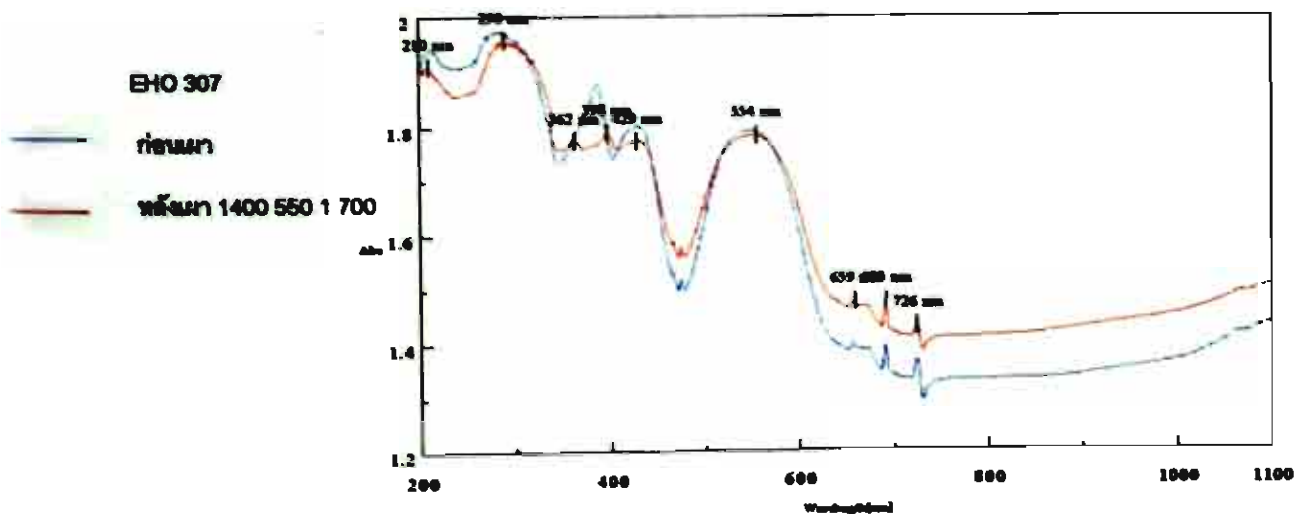
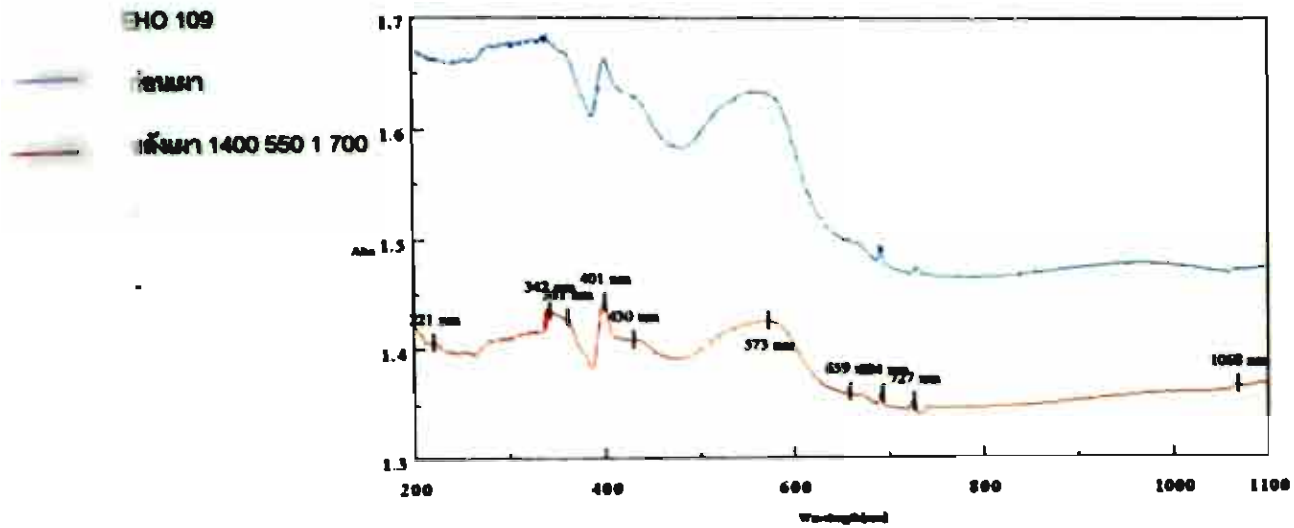
หลังเผา 1300 550 1700



เพื่อศึกษาอุณหภูมิการเผา (ต่อ)



เพื่อศึกษาอุณหภูมิการเผา (ต่อ)

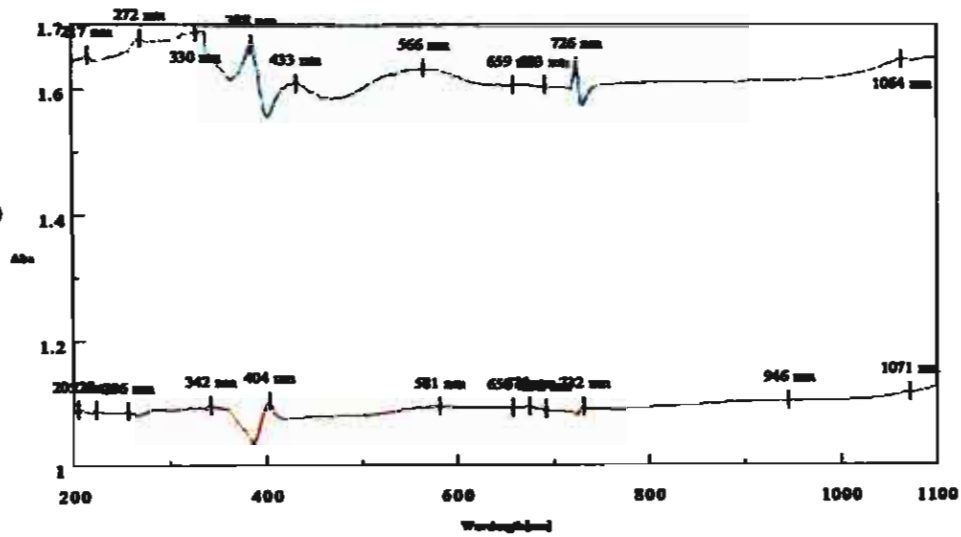


ภาคผนวก 4.5 UV-VIS-NIR Spectra ของทับทิมมองก่อนและหลังเผาแบบ ELO
เพื่อศึกษาอุณหภูมิการเผา (ต่อ)

ELO140

ก่อนเผา

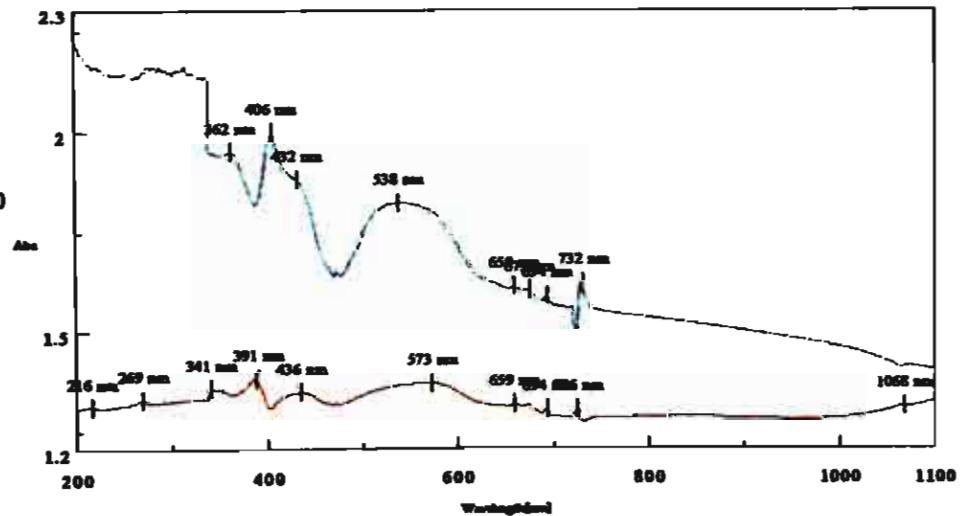
หลังเผา 1450 550 1 700



ELO142

ก่อนเผา

หลังเผา 1450 550 1 700

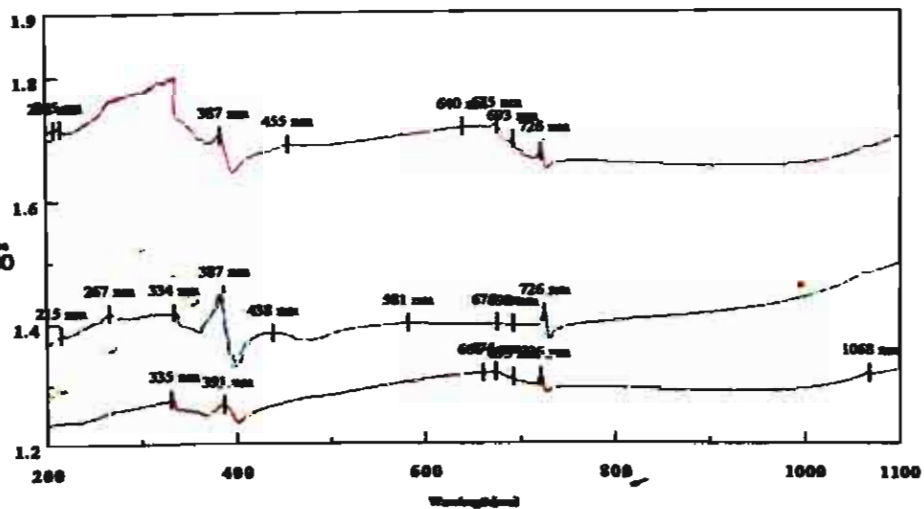


ELO215

ก่อนเผา

หลังเผา 1500 550 1 700

หลังเผา 1500 550 (1+2)th 700



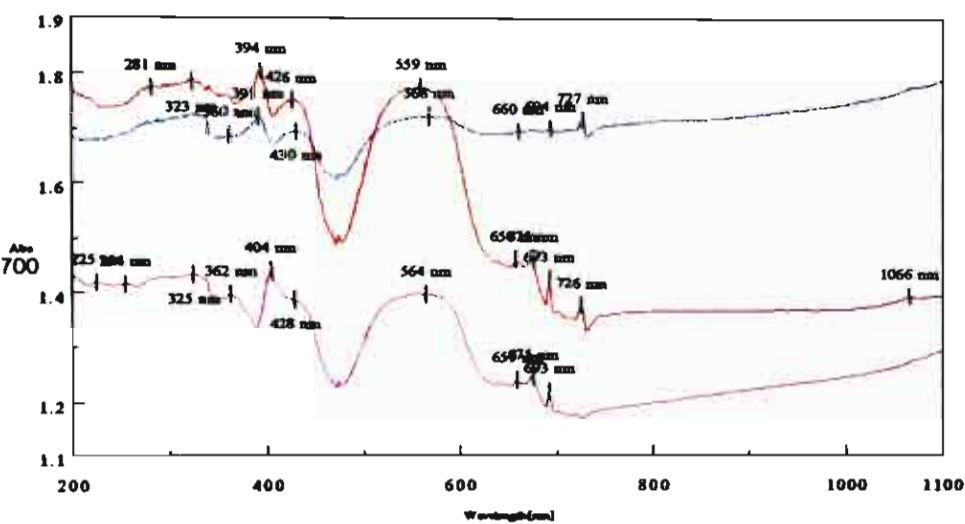
ภาคผนวก 4.5 UV-VIS-NIR Spectra ของทับทิมมองชุก่อนและหลังเผาแบบ ELO
เพื่อศึกษาอุณหภูมิการเผา (ต่อ)

ELO231

ก่อนเผา

หลังเผา 1500 550 1 700

หลังเผา 1500 550 (1+2)** 700

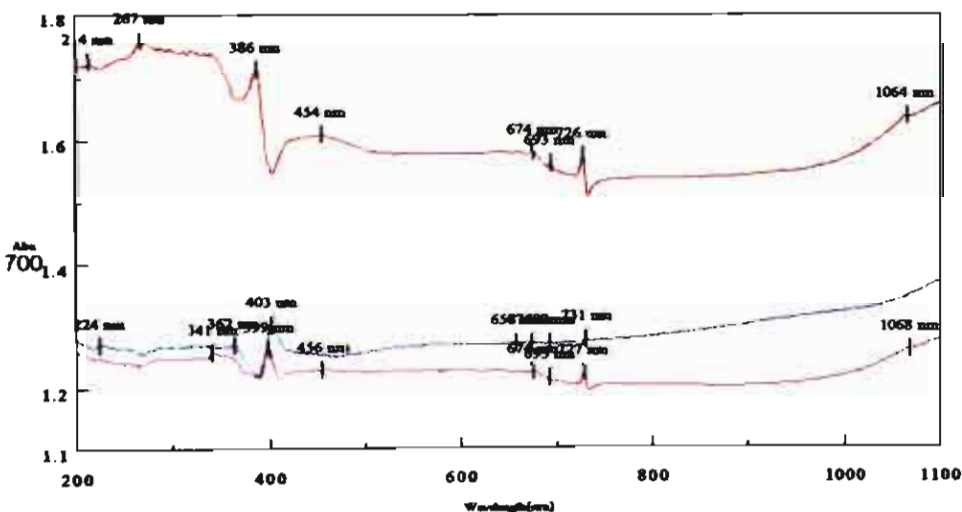


ELO234

ก่อนเผา

หลังเผา 1500 550 1 700

หลังเผา 1500 550 (1+2)** 700

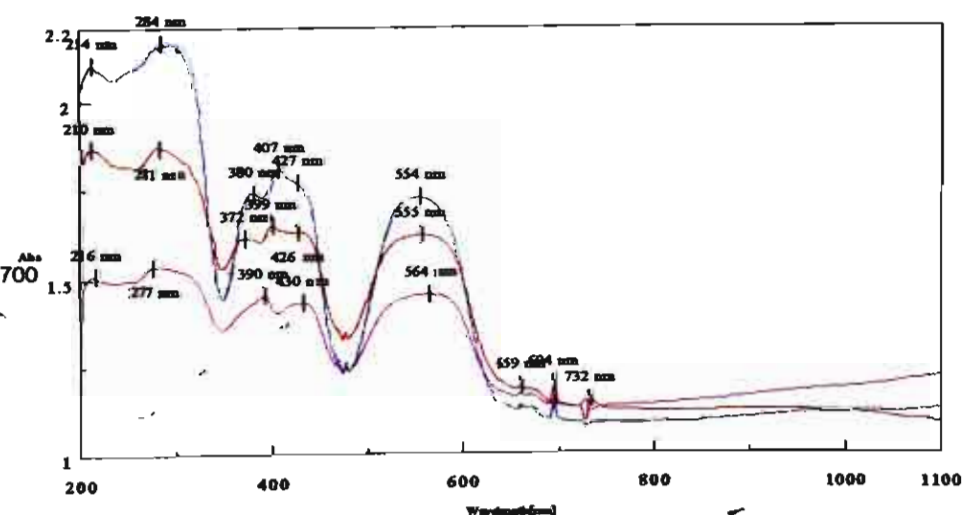


ELO241

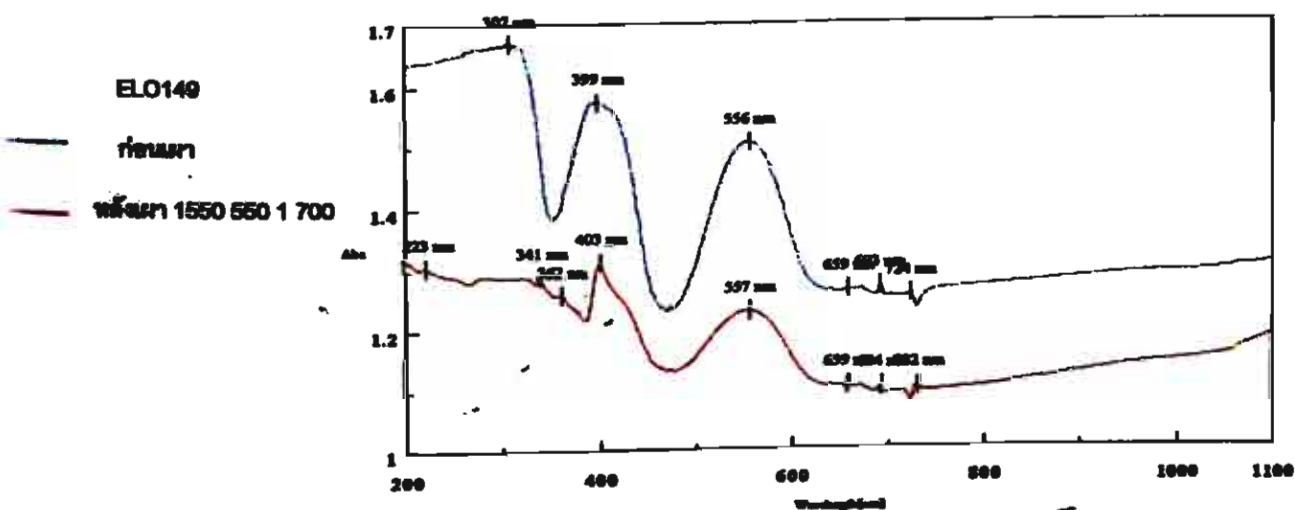
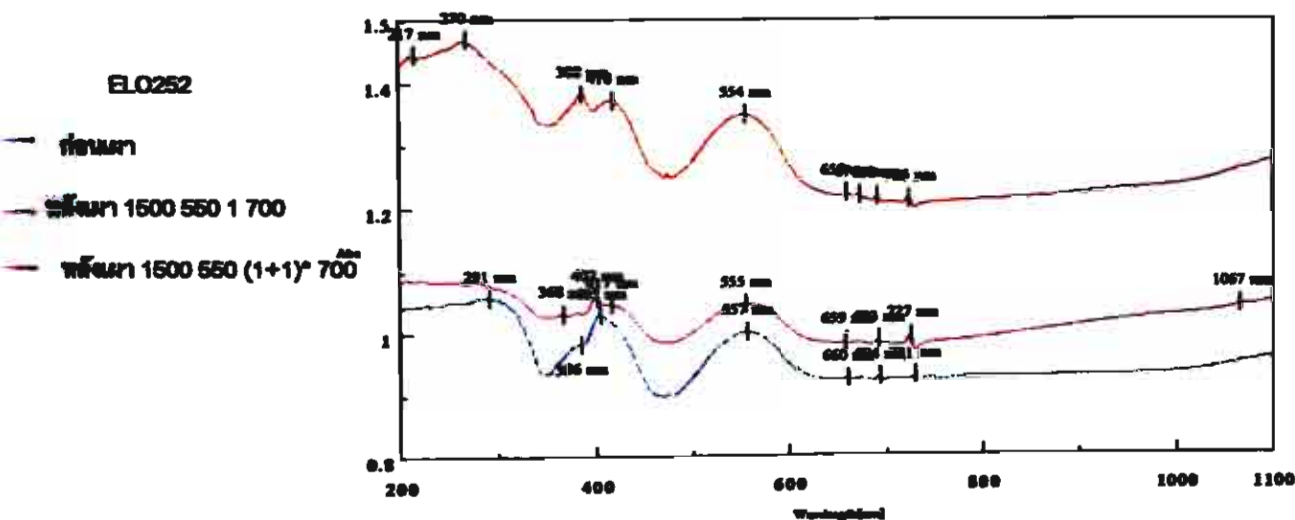
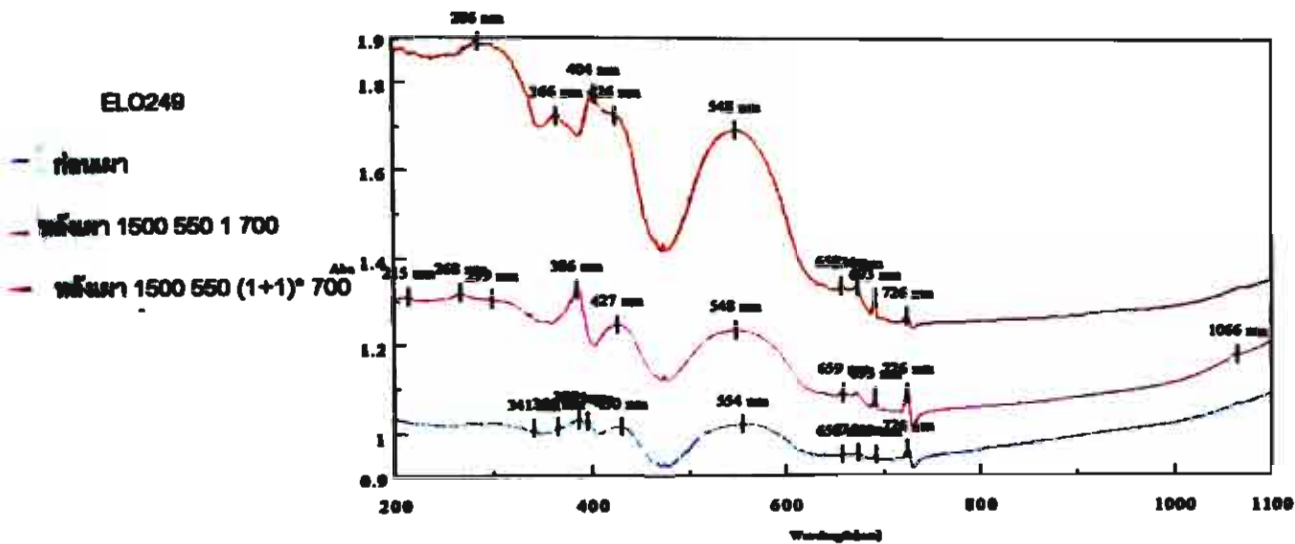
ก่อนเผา

หลังเผา 1500 550 1 700

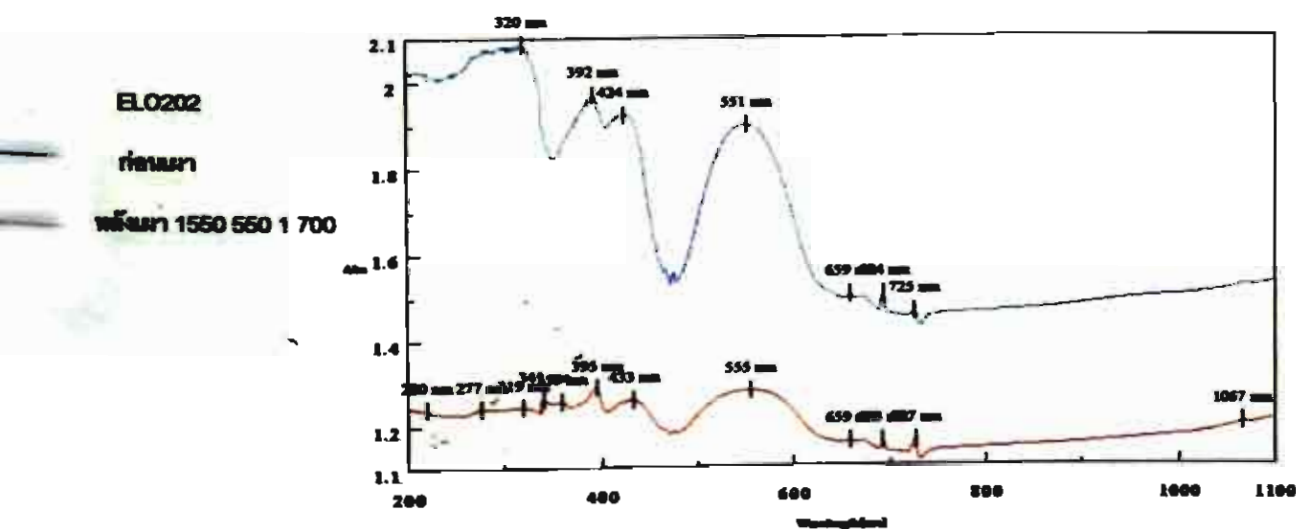
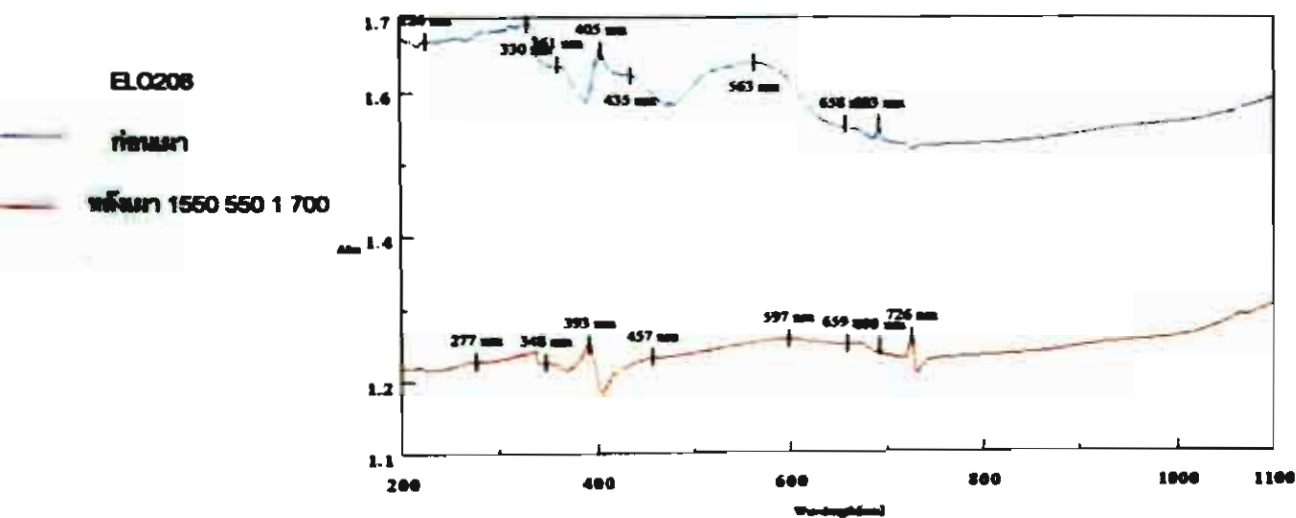
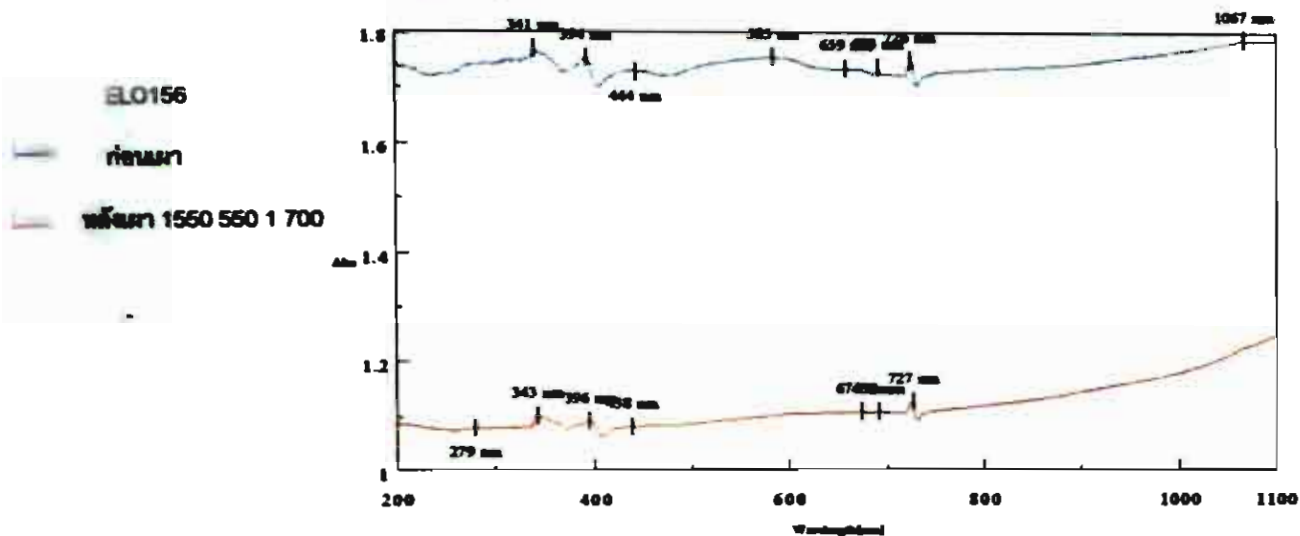
หลังเผา 1500 550 (1+1)* 700



เพื่อศึกษาอุณหภูมิการเผา (ต่อ)

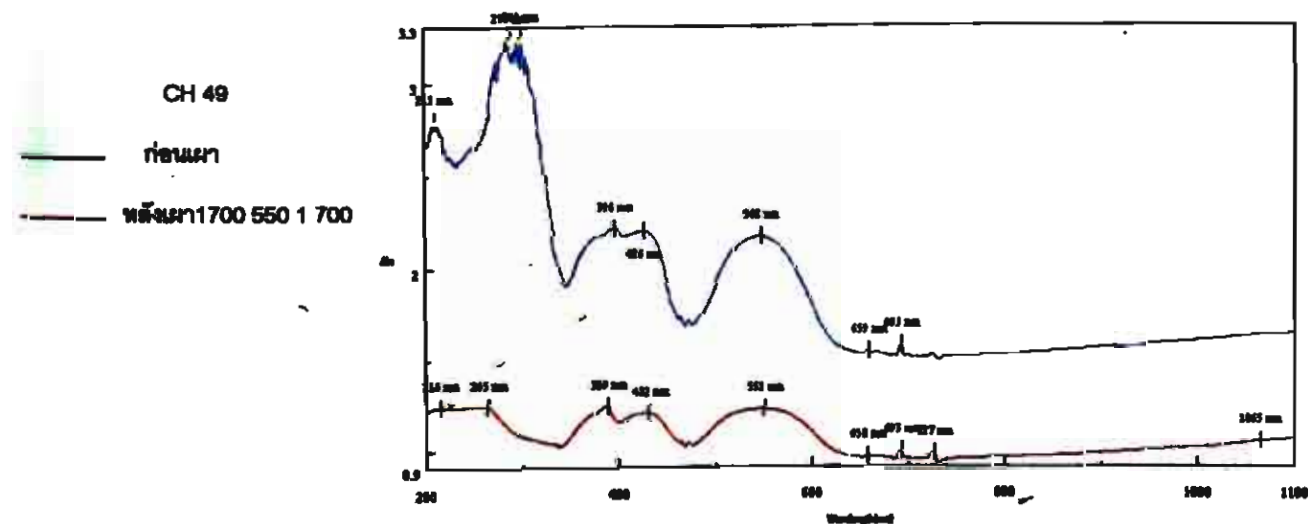
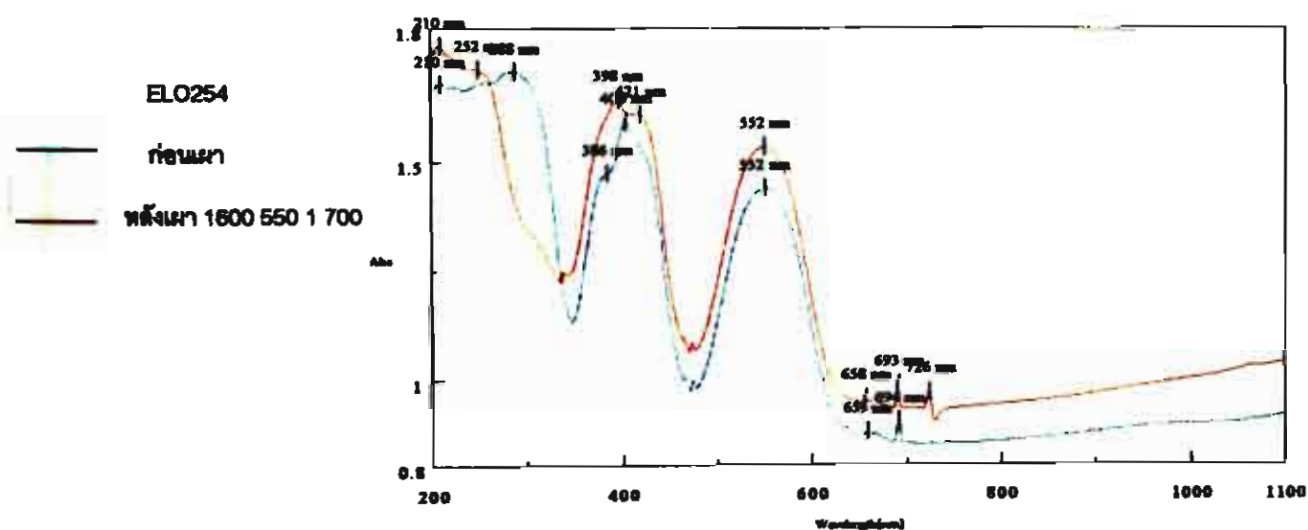
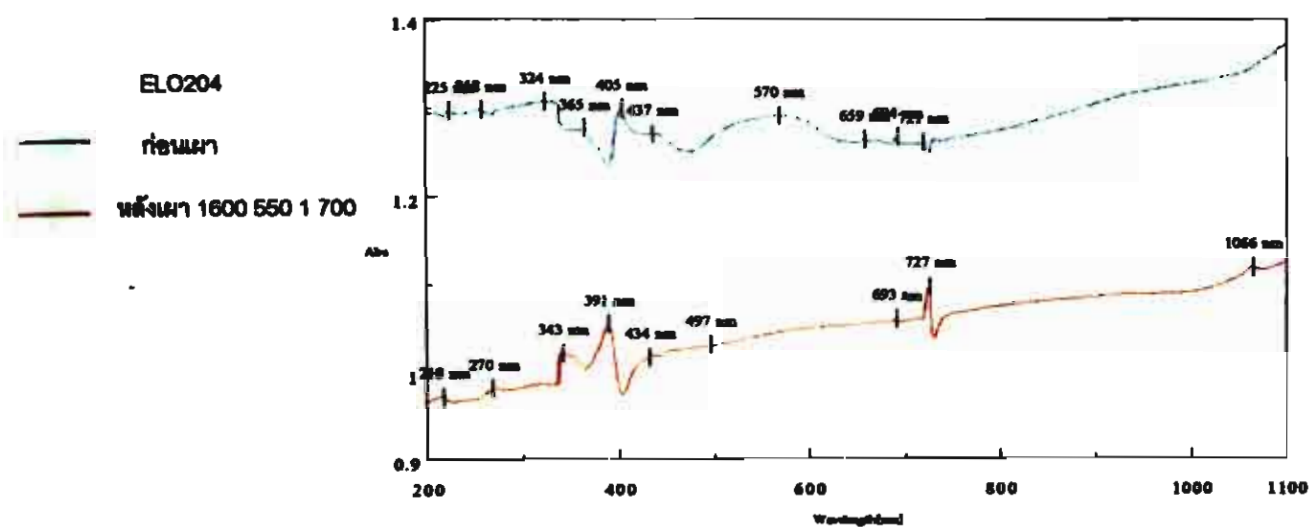


เพื่อศึกษาอุณหภูมิการเผา (ต่อ)



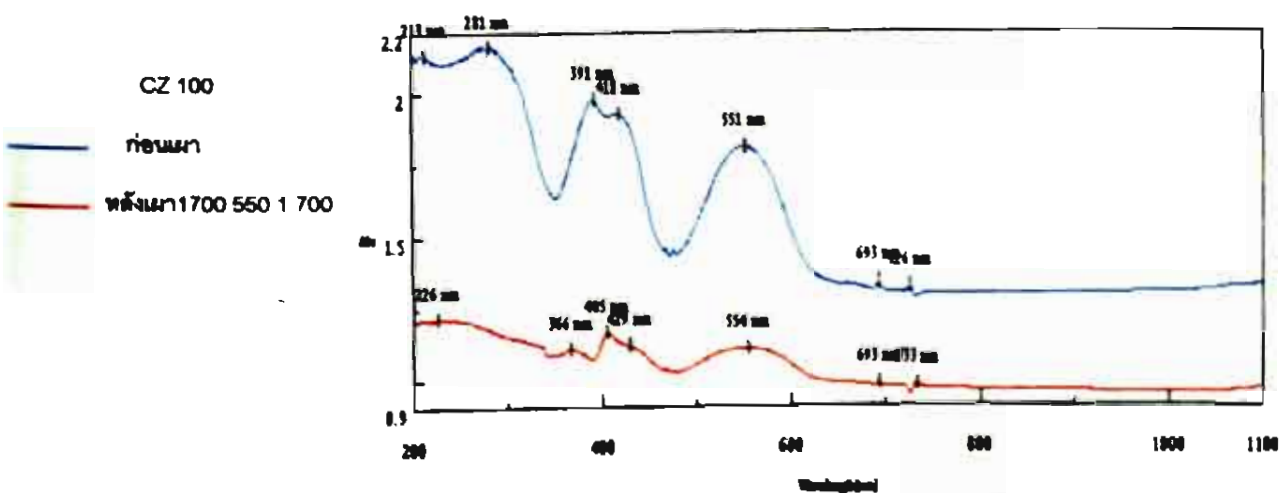
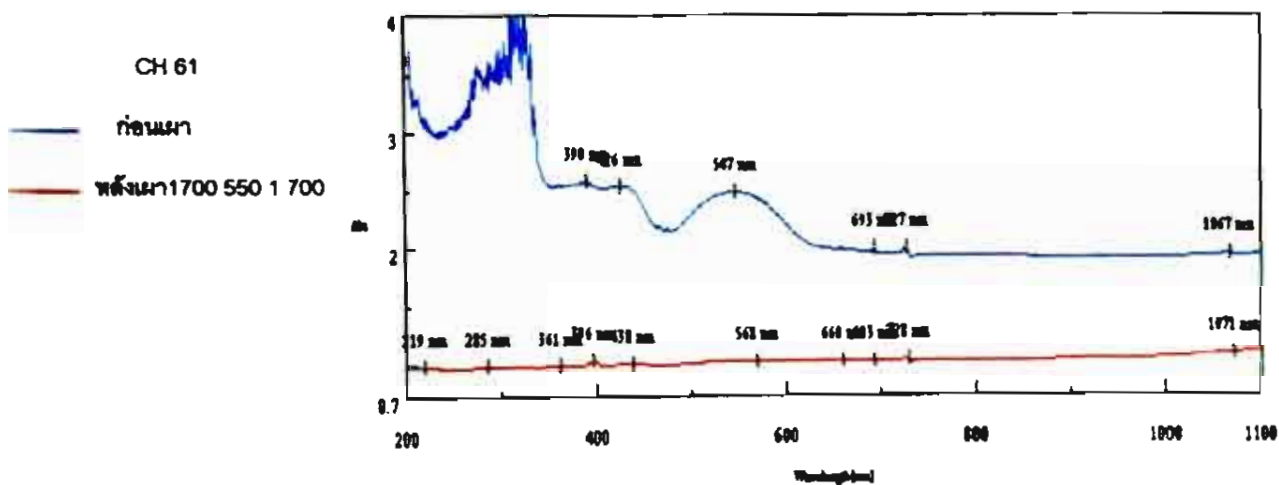
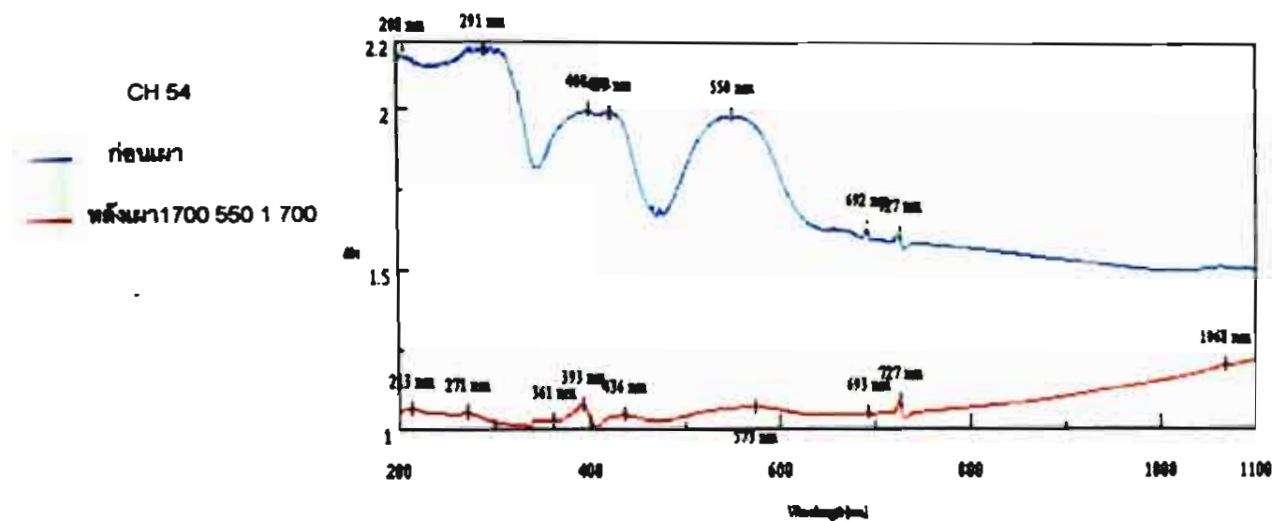
ภาคผนวก 4.5 UV-VIS-NIR Spectra ของทับทิมมองชูก่อนและหลังเผาแบบ ELO
เพื่อศึกษาอุณหภูมิการเผา (ต่อ)

111



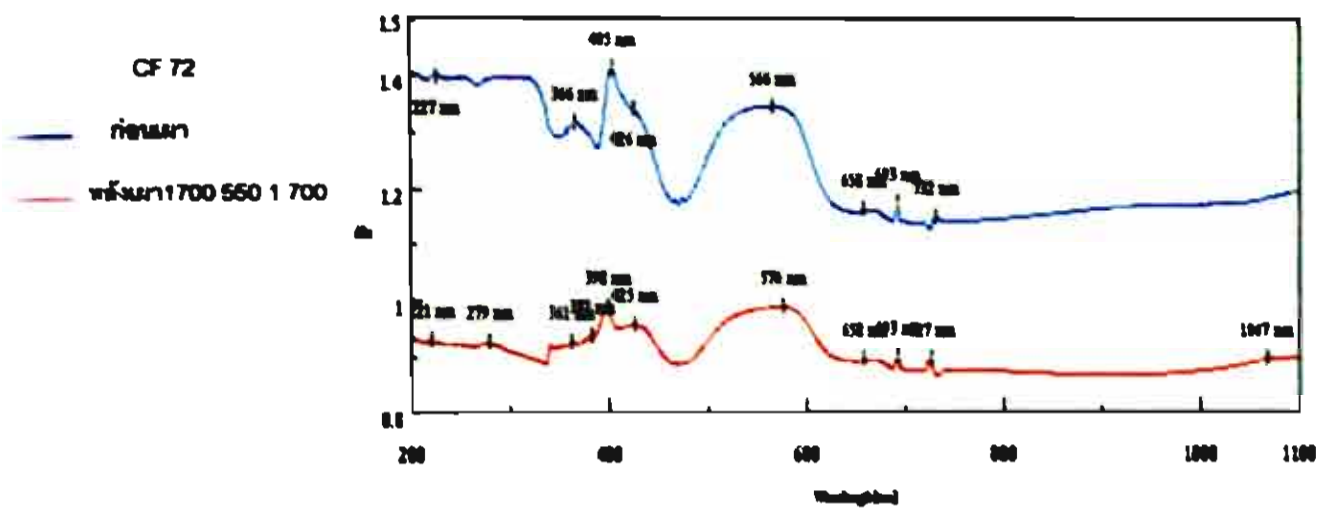
ภาคผนวก 4.5 UV-VIS-NIR Spectra ของทับทิมมอญก่อนและหลังเผาแบบ ELO
เพื่อศึกษาอุณหภูมิการเผา (ต่อ)

112



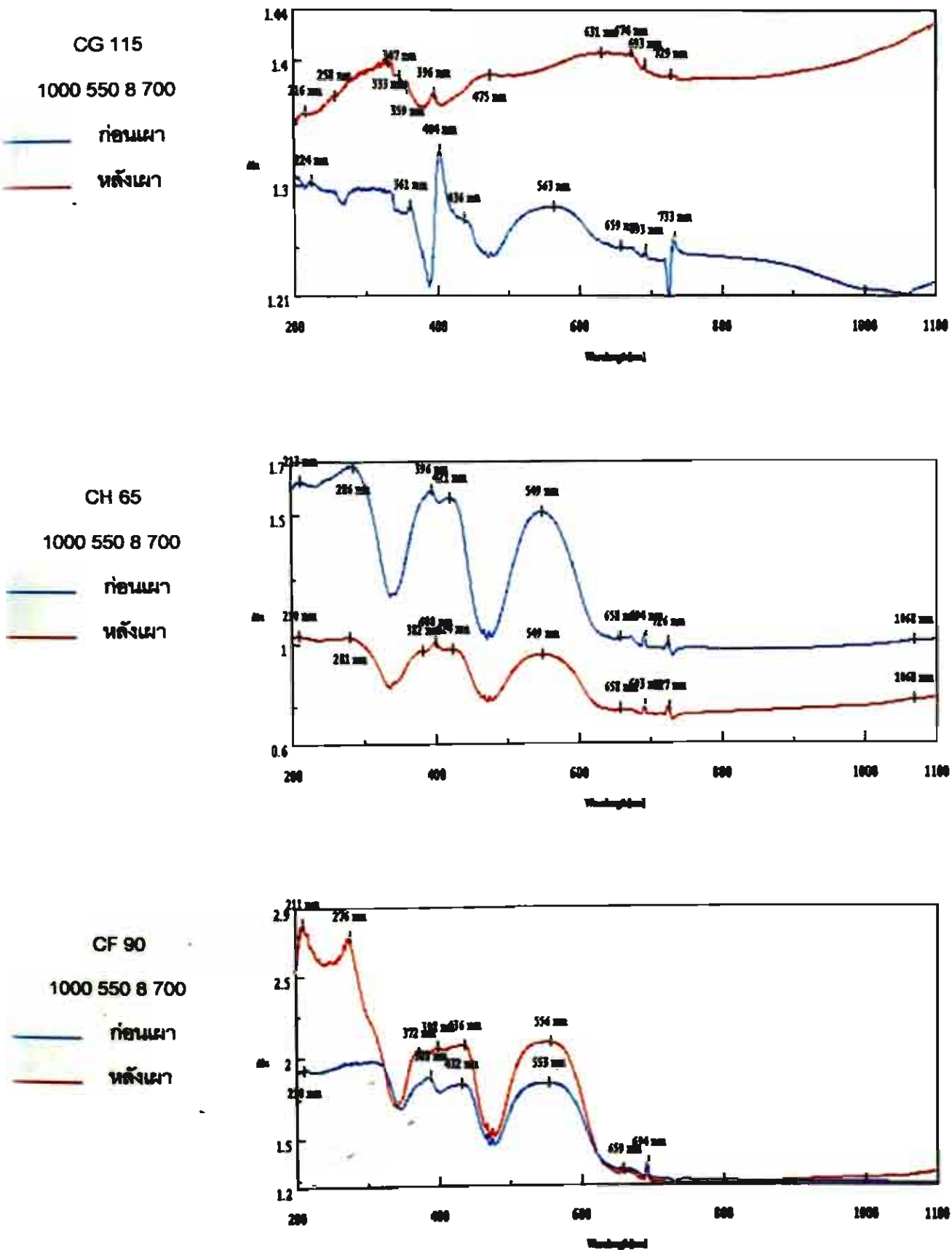
ภาคผนวก 4.5 UV-VIS-NIR Spectra ของทับทิมมองูก่อนและหลังเผาแบบ ELO
เพื่อศึกษาอุณหภูมิการเผา (ต่อ)

113



ภาคผนวก 4.6 UV-VIS-NIR Spectra ของทับทิมมอญก่อนและหลังเผาแบบ ELO
เพื่อศึกษาเวลาแช่พดอย

114



ภาคผนวก 4.6 UV-VIS-NIR Spectra ของทับทิมมอญก่อนและหลังเผาแบบ ELO
เพื่อศึกษาเวลาแช่พลอย (ต่อ)

