บทที่ 3

การเก็บรวบรวมข้อมูล การตรวจสอบตรวจวิเคราะห์และการทดลอง

3.1 การสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูล

เป็นการดำเนินงานเกี่ยวกับการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลทางโบราณคดี การรวบรวมตัวอย่างกระจกเกรียบและข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากศิลปวัตถุที่ปรากฏอยู่ภายในวัดและโบราณสถานต่างๆทุกภาคของประเทศไทย และบางส่วนของประเทศพม่าและลาว ดังนี้

3.1.2 ประเทศไทย

- ภายในพระบรมมหาราชวัง
- ภายในเขตกรุงเทพมหานครและนนทบุรี (เกาะเกล็ด)
- ภาคเหนือ (เชียงราย พะเยา แพร่ น่าน เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำพูน ลำปาง สุโขทัย และพิษณุโลก)
- ภาคใต้ (ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช สงขลา พัทลุง และระนอง)
- ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (นครราชสีมา ขอนแก่น บุรีรัมย์ ร้อยเอ็ด นครพนม มุกดาหาร ยโสธร อำนาจเจริญและอุบลราชธานี)
- ภาคกลาง (อยุธยา เพชรบุรี กาญจนบุรี สมุทรสาคร สมุทรสงคราม และประจวบคีรีขันธ์)
- ภาคตะวันออก (ชลบุรี ระยอง และจันทบุรี)

3.1.2 ประเทศสหภาพเมียนมาร์

- เกาะสอง และท่าขี้เหล็ก

3.1.3 ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

- แขวงสวันเขต และแขวงจำปาศักดิ์

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพและการตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบและโครงสร้าง

3.2.1 เครื่องวัดค่าดรรชนีหักเห (Refractometer)

- ของบริษัท Rayner รุ่น Dialdex RD475

3.2.2 เครื่อง LCZ Meter

- ของบริษัท Hewlett Packard รุ่น 4276A

3.2.3 Micrometer

3.2.4 เครื่อง X-Ray Diffractrometer

- ของบริษัท Jeol รุ่น JDX-7E
- ของบริษัท Rigaku

3.2.5 เครื่อง X-Ray Fluorescence Spectrometer

- ของบริษัท Siemens รุ่น 3000

3.2.6 กล้องจุลทรรศน์แบบสองตา

- ของบริษัท Olympus รุ่น SZ40
- ของบริษัท Olympus รุ่น BH
- ของบริษัท Leco รุ่น 500

3.2.7 กล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนแบบส่องกราด (SEM)

- ของบริษัท Hitachi รุ่น S-2500
- ของบริษัท Jeol รุ่น JSM-840A

3.2.8 เครื่อง Microhardness Tester

- ของบริษัท Shimutzu รุ่น DMH-2

3.2.9 เครื่อง DTA/TG

- ของบริษัท Rigaku รุ่น TG 8110 TAS
- ของบริษัท Netzsch รุ่น STA 403 EP

3.2.10 เครื่อง Ion Sputter

- ของบริษัท Hitachi รุ่น E 102
- ของบริษัท Jeol รุ่น JFC-1100E

3.3 สารเคมีและอุปกรณ์ประกอบการทดลอง

3.3.1 สารเคมี

- Silicon Dioxide (SiO_2)
- Potassium Nitrate (KNO_3)
- Aluminium Oxide (Al_2O_3)
- Sodium Carbonate (Na_2CO_3)
- Magnesium Oxide (MgO)
- Calcium Oxide (CaO)
- Lead Oxide (PbO, PbO_2, Pb_3O_4)
- Quartz (Natural Crystalline Silica, SiO_2)
- Borax ($Na_2B_4O_7.10H_2O$)
- Cupric Oxide (CuO)
- Manganese Dioxide (MnO_2)
- Chromium Oxide (Cr_2O_3)
- Cobalt Oxide (CoO)
- Ferric Oxide (Fe_2O_3)
- Au Foil
- Neodymium Trinitrate [$Nd(NO_3)_3$]

3.3.2 เตาเผาแบบขดลวดไฟฟ้าขนาดอุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส ที่สามารถควบคุมการเพิ่มขึ้นและลดลงของอุณหภูมิได้

3.3.3 Crucible

- Porcelain ขนาด 30 มิลลิลิตร

- Alumina ขนาด 10x65 มิลลิเมตร
- Nickel ขนาด 30 มิลลิลิตร
- Graphite ขนาด 1 ลิตร
- Platinum ขนาด 30 มิลลิลิตร

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การศึกษาชนิดของวัสดุที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นภาชนะสำหรับการหลอมแก้ว

3.4.1.1 ชนิดของวัสดุ

3.4.1.1(1) Porcelain Crucible

3.4.1.1(2) Alumina Crucible

3.4.1.1(3) Nickel Crucible

3.4.1.1(4) Platinum Crucible

3.4.1.1(5) Graphite Crucible

3.4.1.2 ผลการทดลอง พบว่า

3.4.1.2(1) Platinum Crucible มีความเหมาะสมที่สุด ไม่มีการเกาะติดของเนื้อแก้ว สามารถใช้ได้กับทุกส่วนผสมและทนทานได้ที่อุณหภูมิสูง แต่ราคาสูงมาก เหมาะสมสำหรับการทดลองในห้องปฏิบัติการที่ต้องการการปนเปื้อนน้อยที่สุด และผลที่ได้มีความบริสุทธิ์มากที่สุด

3.4.1.2(2) Nickel Crucible ใช้ได้กับส่วนผสมที่ไม่มีสารประกอบของ Nickle ที่อุณหภูมิสูงมีการเกาะติดของเนื้อแก้วบางส่วน ราคาสูง

3.4.1.2(3) Alumina Crucible ใช้ได้กับส่วนผสมที่ไม่มีสารประกอบของ Aluminium ทนทานได้ที่อุณหภูมิสูง ราคาปานกลาง

3.4.1.2(4) Porcelain Crucible มีการละลายปนเปื้อนจากเนื้อวัสดุ อุณหภูมิปานกลาง ราคาถูก

3.4.1.2(5) Graphite Crucible ใช้ได้ดี มีการเกาะติดของเนื้อแก้ว มีการปนเปื้อนน้อยและผลที่ได้มีความบริสุทธิ์พอสมควร เหมาะสมในขั้นตอนการผลิตปริมาณมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในขั้นโรงงานต้นแบบ (Pilot Plant)

3.4.2 การศึกษาส่วนผสมของเนื้อแก้วที่มีดรรชนีหักเหสูงที่เหมาะสม

3.4.2.1 เนื้อแก้วสูตรมาตรฐาน โดยการใช้สารเคมีเกรดห้องปฏิบัติการ (AR Grade) ประกอบด้วย

SiO_2	50	%
KNO_3	1	%
Al_2O_3	1	%
Na_2CO_3	20	%
MgO	1	%
CaO	2	%
Pb_3O_4	25	%

ด้วยเตาเผาแบบขดลวดไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมงอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียสต่อนาที่ และอัตราการลดลงของอุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียสต่อนาที่ ที่อุณหภูมิห้อง

3.4.2.2 เนื้อแก้วสูตรมาตรฐาน โดยใช้วัตถุดิบธรรมชาติ ประกอบด้วย

Quartz	17	%
$Na_2B_4O_7.H_2O$	33	%
Pb_3O_4	50	%

ด้วยเตาเผาแบบใช้แก๊สที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง เย็นตัวที่อุณหภูมิห้อง

3.4.2.3 เนื้อแก้วสี

โดยการผสมเนื้อแก้วสูตรมาตรฐานตาม 3.4.2.1 และสารเคมีให้สีต่างๆ ใส่ลงในPlatinum Crucible หลอมด้วยเตาเผาแบบขดลวดไฟฟ้า นาน 2 ชั่วโมง

ด้วยอัตราเพิ่มขึ้นของอุณภูมิ 2 องศาเซลเซียสต่อนาที และอัตราการลดลงของอุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียสต่อนาที เย็นตัวจนถึงอุณหภูมิห้อง

3.4.2.3(1) สีม่วง

- ที่ได้จากการผสม MnO_2 ความเข้มข้น 2.0 % โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส

- ที่ได้จากการผสม $Nd(NO_3)_3$ ความเข้มข้น 0.1 % โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส

3.4.2.3(2) สีน้ำตาล ที่ได้จากการผสม Fe_2O_3 ความเข้มข้น 2.5 % โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส

3.4.2.3(3) สีเขียว

- ที่ได้จากการผสม Cr_2O_3 ความเข้มข้น 0.2 % โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส

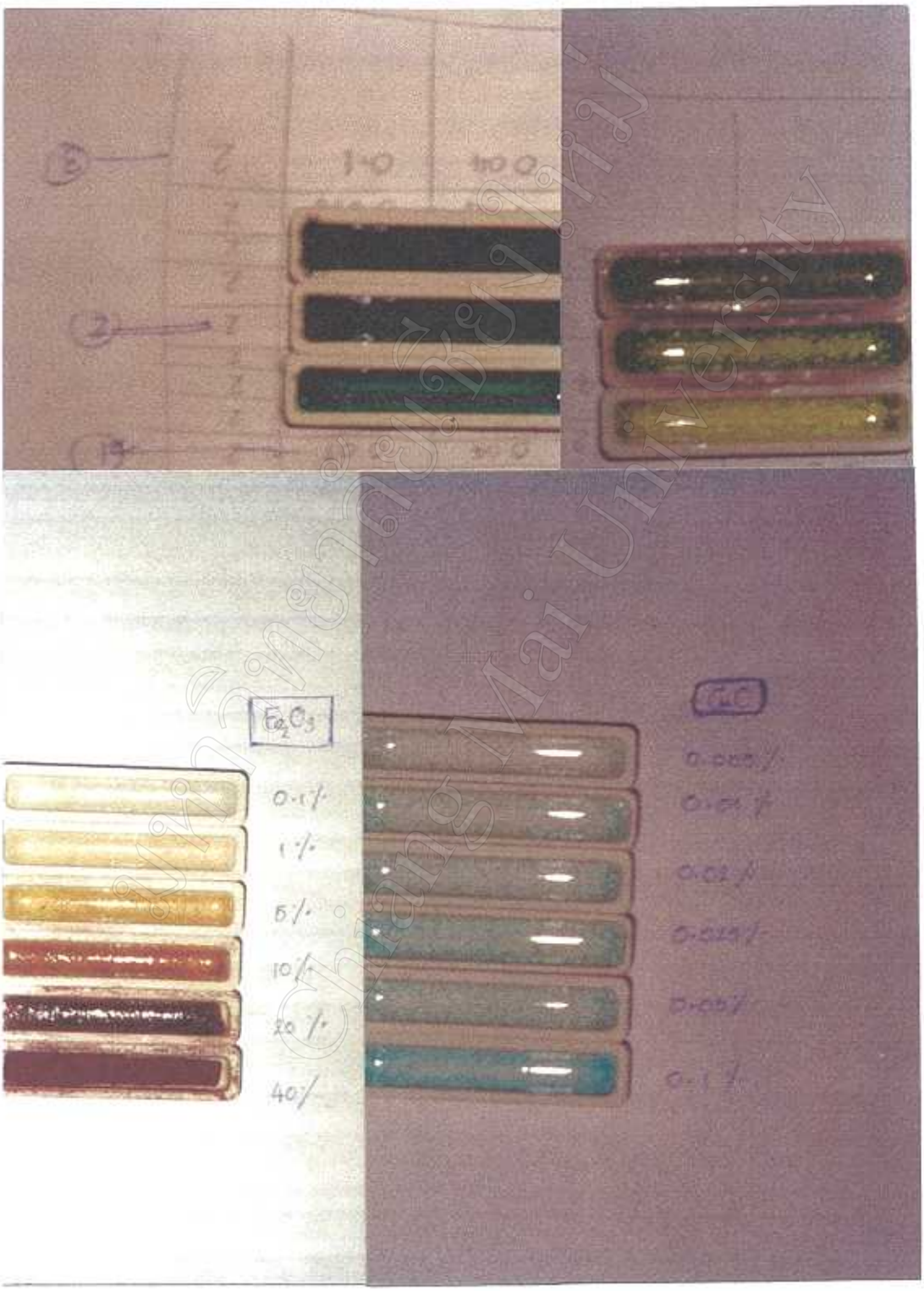
- ที่ได้จากการผสม CuO ความเข้มข้น 4.0 % และ Fe_2O_3 ความเข้มข้น 1.0 % โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส

3.4.2.3(4) สีน้ำเงิน

- ที่ได้จากการผสม CuO ความเข้มข้น 0.1, 0.5 และ 1.0 % โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 900, 1,000, 1,100, 1,150 และ 1,200 องศาเซลเซียส (ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ สนใจแก้วสีน้ำเงินที่ได้จาก CuO)

- ที่ได้จากการผสม Au Foil ความเข้มข้น 0.1 % โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส

- ที่ได้จากการผสม CoO ความเข้มข้น 1.0 % โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 1,050 องศาเซลเซียส



รูปที่ 3.1 แสดงตัวอย่างของเนื้อแก้วสีต่างๆที่มีดรรชนีหักเหสูงที่ทดลองทำได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University