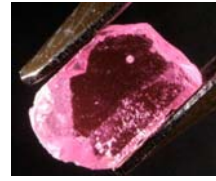
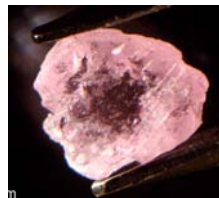


ก. Ilk(p)018

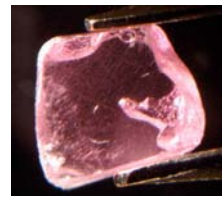
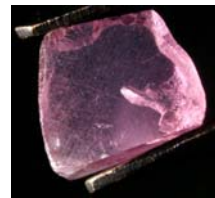


ข. Ilk(p)025

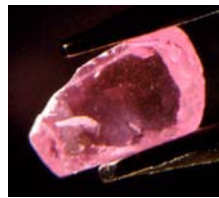
รูปที่ 109 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์สีม่วงดอกมะเขือ แหล่ง Ilakaka ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา) ด้วยเตาไฟฟ้า (อุณหภูมิสูงสุด 1,200 °C, 20% Oxygen, ยืนอุณหภูมิสูงสุด 48 ชั่วโมง)



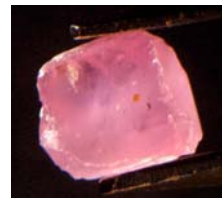
ก. Ilk(v)012



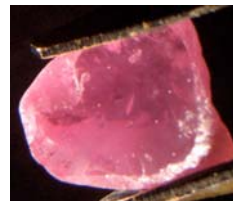
ข. Ilk(v)013



ค. Ilk(v)016

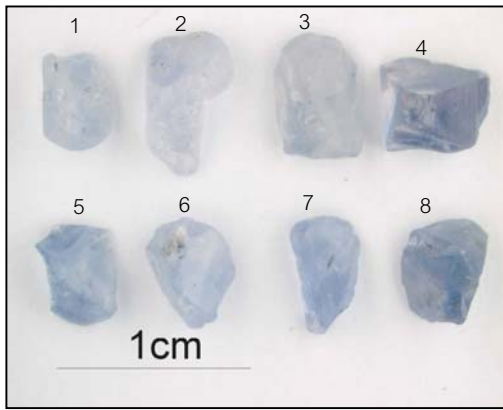


ง. Ilk(v)018



จ. Ilk(v)019

รูปที่ 110 รูปเปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์สีม่วงดอกอัญชัน แหล่ง Ilakaka ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา) ด้วยเตาไฟฟ้า (อุณหภูมิสูงสุด 1,200 °C, 20% Oxygen, ยืนอุณหภูมิสูงสุด 48 ชั่วโมง)



รูปที่ 111 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์กลุ่มสีน้ำเงิน แหล่ง Ilakaka ก่อนเผา (ก.) และหลังเผา (ข.)
ด้วยเตาน้ำมัน (1,500 °C, ไม่ขึ้นอุณหภูมิสูงสุด)



รูปที่ 112 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์กลุ่มสีฟ้าอ่อน แหล่ง Ilakaka ก่อนเผา (ก.) และหลังเผา (ข.)
ด้วยเตาน้ำมัน (1,546 °C, ไม่ขึ้นอุณหภูมิสูงสุด)



ก. Anb007



ข. Anb012



ค. Anb023



ง. Anb026



จ. Anb028



ฉ. Anb032



ช. Anb039

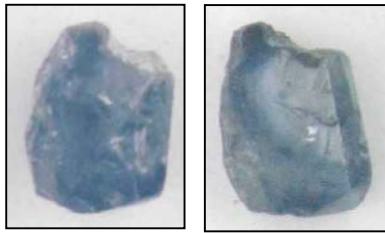


ซ. Anb048

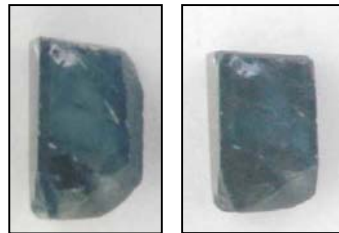


ณ. Anb009

รูปที่ 113 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์สีน้ำเงิน แหล่ง Andranondambo ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา)
ด้วยเตาน้ำมัน (1,450 °C, ไม่ขึ้นอุณหภูมิสูงสุด)

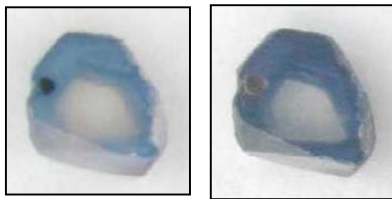


ก. Dig(b)003

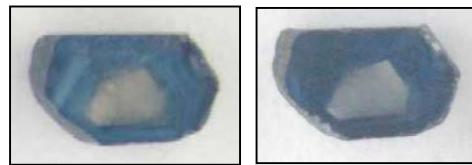


ข. Dig(b)005

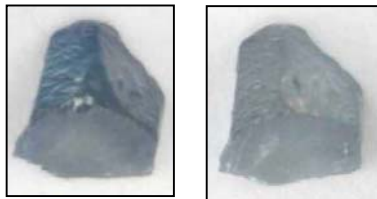
รูปที่ 114 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์สีน้ำเงิน แหล่ง Diego Suarez ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา) ด้วยเตาน้ำมัน (1,450 °C, ไม่ขึ้นอุณหภูมิสูงสุด)



ก. Dig(cc)001



ข. Dig(cc)004

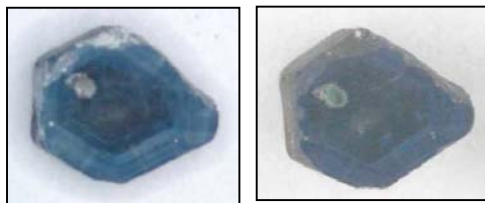


ก. Dig(cc)011

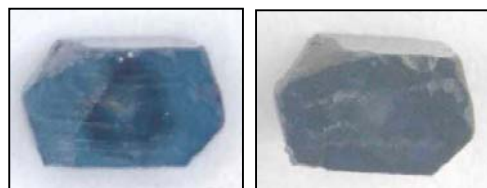


ง. Dig(cc)012

รูปที่ 115 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์สีน้ำเงิน แหล่ง Diego Suarez กลุ่มที่มีแกนกลางใสไม่มีสี ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา) ด้วยเตาน้ำมัน (1,450 °C, ไม่ขึ้นอุณหภูมิสูงสุด)

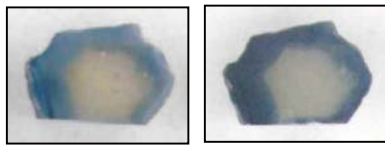


ก. Dig(bc)001

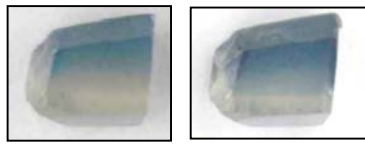


ข. Dig(bc)002

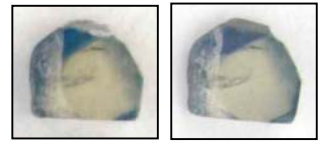
รูปที่ 116 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์สีน้ำเงิน แหล่ง Diego Suarez กลุ่มที่มีแกนกลางใสสีน้ำเงิน ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา) ด้วยเตาน้ำมัน (1,450 °C, ไม่ขึ้นอุณหภูมิสูงสุด)



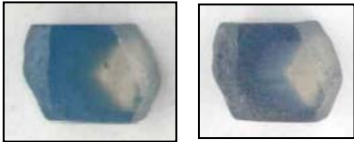
ก. Dig(yc)003



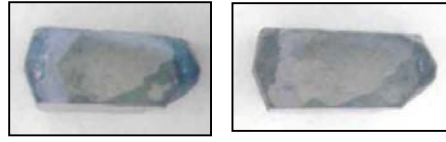
ข. Dig(yc)005



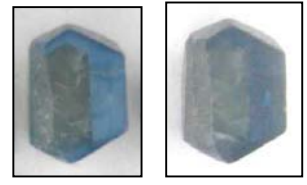
ค. Dig(yc)016



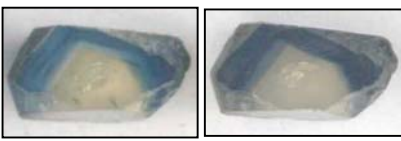
ง. Dig(yc)021



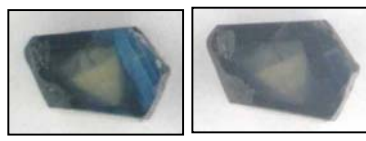
จ. Dig(yc)025



ฉ. Dig(yc)031



ช. Dig(yc)032

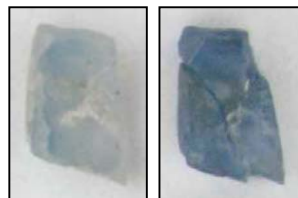


ซ. Dig(yc)035



ณ. Dig(yc)038

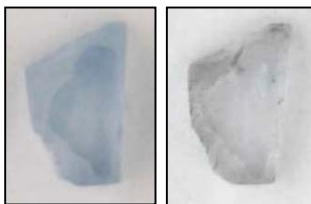
รูปที่ 117 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์สีน้ำเงิน แหล่ง Diego Suarez กลุ่มที่มีแกนกลางสีเหลือง ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา) ด้วยเตาน้ำมัน (1,450 °C, ไม่ขึ้นอุณหภูมิสูงสุด)



ก. Ilk(b)006



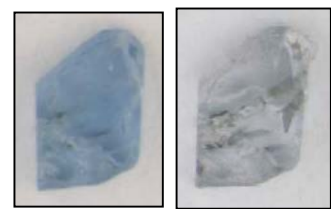
ข. Ilk(b)010



ค. Ilk(b)014

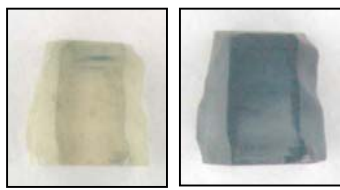


ง. Ilk(b)016

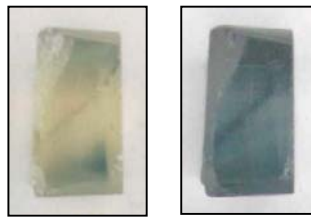


จ. Ilk(b)020

รูปที่ 118 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์สีน้ำเงิน แหล่ง Ilakaka ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา) ด้วยเตาน้ำมัน (1,450 °C, ไม่ขึ้นอุณหภูมิสูงสุด)



ก. Dig(y)001



ข. Dig(y)002



ค. Dig(y)006



ง. Dig(y)007



จ. Dig(y)008



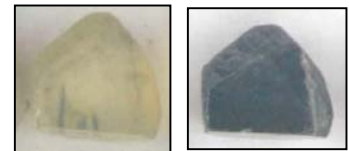
ฉ. Dig(y)013



ช. Dig(y)014



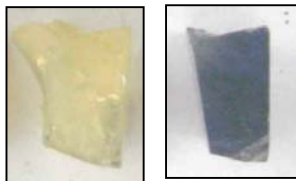
ซ. Dig(y)017



ณ. Dig(y)018



ญ. Dig(y)022

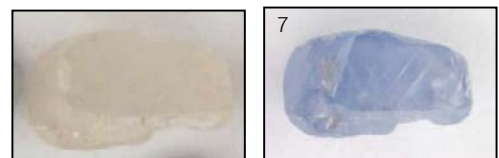
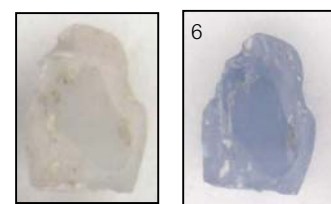
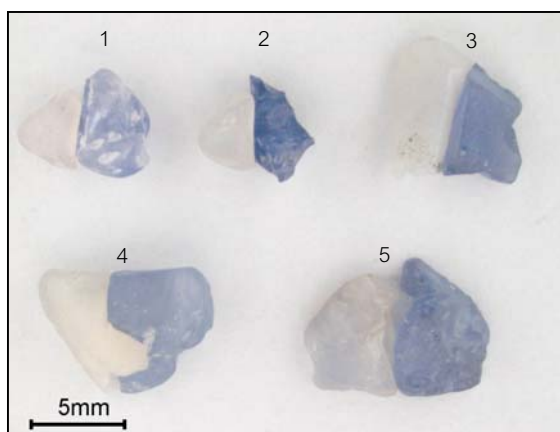


ฎ. Dig(y)024

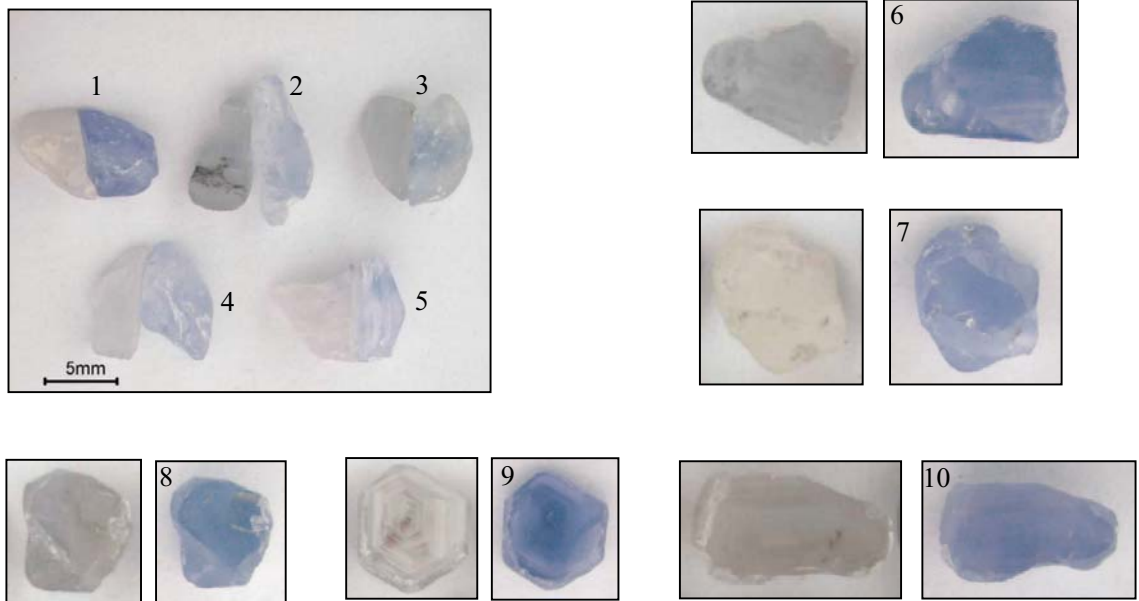


ฏ. Dig(y)025

รูปที่ 119 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์สีเหลือง แหล่ง Diego Suarez ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา)
ด้วยเตาน้ำมัน (1,450 °C, ไม่ขึ้นอุณหภูมิสูงสุด)



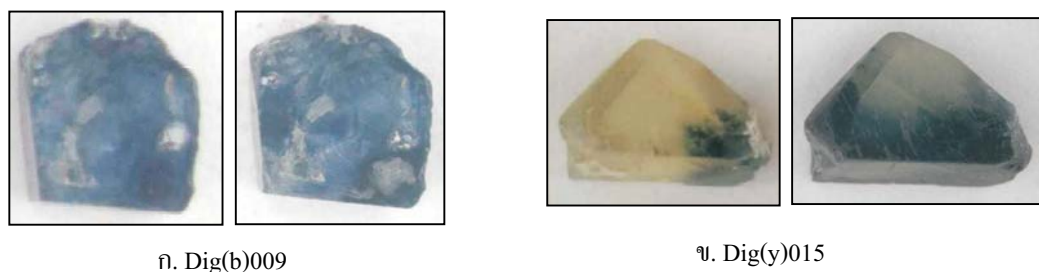
รูปที่ 120 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์ แหล่ง Ilakaka (หม่าทอง) ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา)
ด้วยเตาน้ำมัน (1,582 °C, ไม่ขึ้นอุณหภูมิสูงสุด)



รูปที่ 121 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์แหล่ง Ilakaka (หมาเข็ม) ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา) ด้วยเตาน้ำมัน ($1,582^{\circ}\text{C}$, ไม่เย็นอุณหภูมิสูงสุด)



รูปที่ 122 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์แหล่ง Ilakaka ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา) ด้วยเตาน้ำมัน ($1,582^{\circ}\text{C}$, ไม่เย็นอุณหภูมิสูงสุด) [รูป ก. หมาอ่อน และ รูป ข. หมาป็นหิน]



รูปที่ 123 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์สีน้ำเงิน (ก.) และ แซปไฟร์สีเหลือง(ข.) แหล่ง Diego Suarez ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา) ด้วยเตาน้ำมัน ($1,582^{\circ}\text{C}$, ไม่เย็นอุณหภูมิสูงสุด)

Ilk 1-2-016, Ilk 1-2-017, Ilk 1-2-018 และ Ilk 1-2-020] กลุ่มหม่าอ่อน 1 ตัวอย่าง [Ilk 1-3-001] กลุ่มหม่าป็นหิน 3 ตัวอย่าง [Ilk 1-4-001, Ilk 1-4-002 และ Ilk 1-4-004] ตัวอย่างแชปไฟร์สีฟ้าอ่อนจากแหล่ง Ilakaka รวม 13 ตัวอย่าง [Ilk 2-6-001, Ilk 2-6-002, Ilk 2-6-003, Ilk 2-6-004, Ilk 2-6-005, Ilk 2-6-006, Ilk 2-6-007, Ilk 2-6-008, Ilk 2-6-009, Ilk 2-6-010, Ilk 2-6-012, Ilk(b)005 และ Ilk(b)007]

สภาวะที่ใช้ในการเผาคือ

ใช้อุณหภูมิสูงสุด 1,600 °C ภาวะรีดิวซ์

อุณหภูมิขึ้นจาก 300 °C ถึง 1,600 °C ใช้เวลาประมาณ 17 ชั่วโมง 20 นาที

ไม่เย็นอุณหภูมิสูงสุด

เผาอบ = ทิ้งไว้ให้เย็นตัวภายในเตา 1 คืน เอาจลอยออกที่อุณหภูมิห้อง

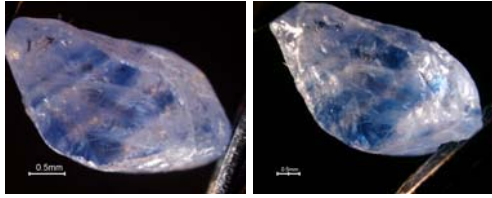
ผลการทดลอง ปรากฏว่า

- 7.1 แชปไฟร์จากแหล่ง Andranondambo (Anb022) หลังเผา มีสีน้ำเงินอ่อนลงและใสขึ้น
- 7.2 แชปไฟร์จากแหล่ง Diego Suarez (Dig(b)009) หลังเผา มีสีน้ำเงินเข้มขึ้น และใสขึ้น
- 7.3 แชปไฟร์จากแหล่ง Ilakaka กลุ่มหม่าทอง หลังเผามีความใสเพิ่มขึ้น 3 ตัวอย่าง คือ Ilk 1-1-002, Ilk 1-1-003 และ Ilk 1-1-015 (รูปที่ 124) เปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน 1 ตัวอย่าง คือ Ilk 1-1-008 (รูปที่ 125) นอกนั้นไม่เปลี่ยนแปลง
- 7.4 กลุ่มหม่าเข้ม หลังเผามีสีน้ำเงินเพิ่มขึ้น 9 ตัวอย่าง (รูปที่ 126) และสีไม่เปลี่ยนแต่มีความใสเพิ่มขึ้น 1 ตัวอย่าง คือ Ilk 1-2-005 (รูปที่ 127)
- 7.5 กลุ่มหม่าอ่อน หลังเผาสีไม่เปลี่ยน แต่ความใสเพิ่มขึ้น (รูปที่ 128)
- 7.6 กลุ่มหม่าป็นหิน หลังเผามีสีน้ำเงินเข้มขึ้น 2 ตัวอย่าง (รูปที่ 129) ส่วนอีก 1 ตัวอย่าง (Ilk 1-4-002) สีไม่เปลี่ยนแปลง
- 7.7 กลุ่มไม่มีหม่า สีฟ้าอ่อน หลังเผากลุ่มตัวอย่าง Ilk 2-6-x มีสีเข้มขึ้น 1 ตัวอย่าง (Ilk 2-6-008) และมีความใสเพิ่มขึ้น 1 ตัวอย่าง (Ilk 2-6-009) (รูปที่ 130) ที่เหลือไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนกลุ่มตัวอย่าง Ilk(b)x มีสีน้ำเงินเข้มขึ้นทั้งสองตัวอย่าง (รูปที่ 131)

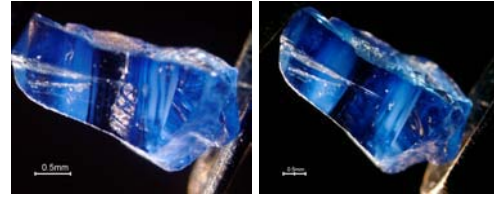
(8) การทดลองเผาพลอยแชปไฟร์ จากแหล่ง Andranondambo, แหล่ง Diego Suarez และแหล่ง Ilakaka ภาวะรีดิวซ์

วัตถุประสงค์ของการทดลอง เพื่อเพิ่มสีตัวอย่างแชปไฟร์ที่เคยทดลองเผามาแล้ว โดยใช้ภาวะรีดิวซ์ และพยายามใช้อุณหภูมิสูงขึ้น

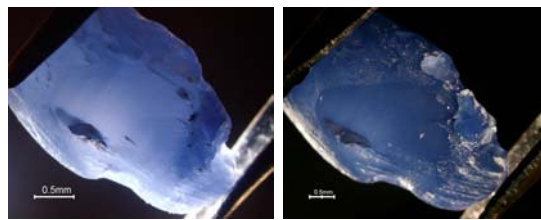
ตัวอย่างที่ทดลองเผา ประกอบด้วย แชปไฟร์จากแหล่ง Andranondambo จำนวน 6 ตัวอย่าง [Anb002, Anb007, Anb009, Anb012, Anb023 และ Anb048] แชปไฟร์จากแหล่ง Diego Suarez จำนวน



ก. Ilk 1-1-002

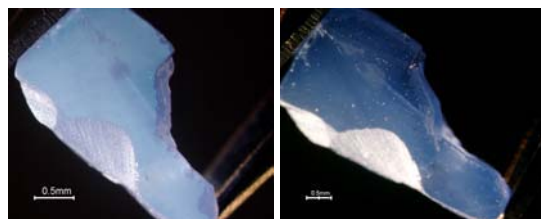


ข. Ilk 1-1-003



ค. Ilk 1-1-015

รูปที่ 124 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์ กลุ่มหมาทอง แหล่ง Ilakaka ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา) ด้วยเตาน้ำมัน (1600°C, ไม่ขึ้นอุณหภูมิสูงสุด)



รูปที่ 125 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์ กลุ่มหมาทอง แหล่ง Ilakaka รหัสตัวอย่าง Ilk 1-1-008 ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา) ด้วยเตาน้ำมัน (1600°C, ไม่ขึ้นอุณหภูมิสูงสุด)

9 ตัวอย่าง [Dig(b)001, Dig(b)002, Dig(b)003, Dig(b)005, Dig(y)006, Dig(y)012, Dig(y)013, Dig(y)014 และ Dig(y)015] แชนป์ไฟร์จากแหล่ง Ilakaka ประกอบด้วยกลุ่มที่มีหมา ได้แก่ กลุ่มหมาทอง จำนวน 2 ตัวอย่าง [Ilk 1-1-002 และ Ilk 1-1-006] กลุ่มหมาเข้ม จำนวน 4 ตัวอย่าง [Ilk 1-2-005, Ilk 1-2-006, Ilk 1-2-007 และ Ilk 1-2-008] กลุ่มหมาอ่อน จำนวน 1 ตัวอย่าง [Ilk 1-3-001] และกลุ่มหมาปนหิน จำนวน 1 ตัวอย่าง [Ilk 1-4-002] กลุ่มไม่มีหมา จำนวน 15 ตัวอย่าง [Ilk(b)003, Ilk(b)004, Ilk(b)005, Ilk(b)007, Ilk(b)008, Ilk(b)009, Ilk(b)010, Ilk(b)011, Ilk(b)012, Ilk(b)013, Ilk(b)014, Ilk(b)016, Ilk(b)017, Ilk(b)018 และ Ilk(b)020]

สภาวะที่ใช้ในการเผาคือ

ใช้อุณหภูมิสูงสุด 1,610 °C ภาวะรีดิวซ์

อุณหภูมิขึ้นจาก 300 °C ถึง 1,610 °C ใช้เวลาประมาณ 9 ชั่วโมง 35 นาที

ไม่เย็นอุณหภูมิสูงสุด

เผาอบ : ปลดปล่อยพลอยเย็นตัวในเตา 1 คืน นำพลอยออกที่อุณหภูมิห้อง

ผลการทดลองเผา ปรากฏว่า

8.1 แชนป์ไฟร์จากแหล่ง Andranondambo มีสีน้ำเงินเข้มชัดขึ้นทุกตัวอย่าง (รูปที่ 132)

8.2 แชนป์ไฟร์จากแหล่ง Diego Suarez กลุ่ม Dig(b) มีสีน้ำเงินเข้มขึ้นทั้ง 4 ตัวอย่าง (รูปที่ 133) ส่วนกลุ่ม Dig(y) มีสีน้ำเงินเข้มขึ้น 2 ตัวอย่าง คือ Dig(y)006 และ Dig(y)014 (รูปที่ 134) มีสีเหลืองเข้มขึ้น 1 ตัวอย่าง คือ Dig(y)012 (รูปที่ 135) ส่วนที่เหลืออีก 2 ตัวอย่างสีไม่เปลี่ยนแปลง

8.3 แชนป์ไฟร์จากแหล่ง Ilakaka กลุ่มที่มีหมา ชุดหมาทองสีน้ำเงินเข้มขึ้น 1 ตัวอย่าง คือ Ilk 1-1-002 (รูปที่ 136) ส่วนอีก 1 ตัวอย่าง สีไม่เปลี่ยนแปลง ชุดหมาเข้ม สีน้ำเงินเข้มขึ้นทั้ง 4 ตัวอย่าง (รูปที่ 137) ชุดหมาอ่อน สีไม่เปลี่ยนแปลง ชุดหมาปนหิน มีสีน้ำเงินเข้มขึ้น (รูปที่ 138)

8.4 แชนป์ไฟร์จากแหล่ง Ilakaka กลุ่มที่ไม่มีหมา ชุด Ilk(b) มีสีน้ำเงินเข้มขึ้น 4 ตัวอย่างคือ Ilk(b)004, Ilk(b)005, Ilk(b)009 และ Ilk(b)017 (รูปที่ 139) นอกนั้นสีไม่เปลี่ยนแปลง

3.10 การทดลองเผาด้วยเตาแก๊ส

(1) การทดลองเผาพลอยแชนป์ไฟร์ จากแหล่ง Ilakaka ภาวะออกซิไดส์

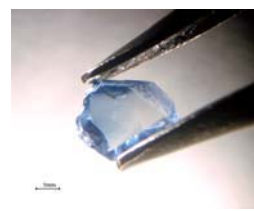
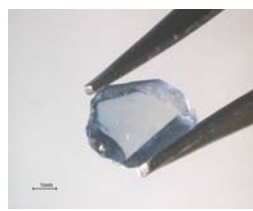
วัตถุประสงค์ของการทดลอง เพื่อเพิ่มสีเหลือง หรือเปลี่ยนสีจากสีเขียวอ่อนเป็นเหลือง

ตัวอย่างที่ทดลองเผา เป็นกลุ่มพลอยแชนป์ไฟร์สีอ่อนใส ไม่มีหมา ประกอบด้วย กลุ่มใสไม่มีสี

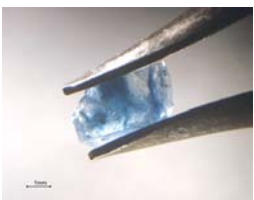
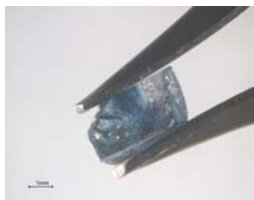
6 ตัวอย่าง [Ilk 2-1-001, Ilk 2-1-004, Ilk 2-1-005, Ilk 2-1-008, Ilk 2-1-009 และ Ilk 2-1-010] กลุ่มสีเหลืองอ่อน 12 ตัวอย่าง [Ilk 2-2-001, Ilk 2-2-002, Ilk 2-2-005, Ilk 2-2-007, Ilk 2-2-008, Ilk 2-2-009,



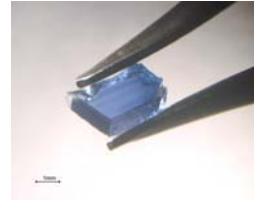
ก. Anb002



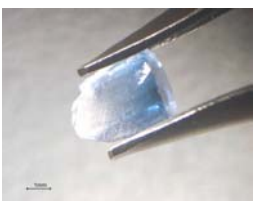
ข. Anb007



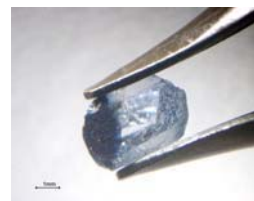
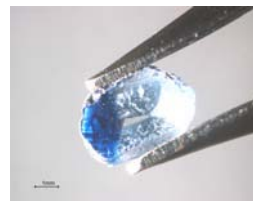
ค. Anb009



ง. Anb012

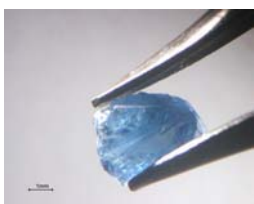


จ. Anb023



ฉ. Anb048

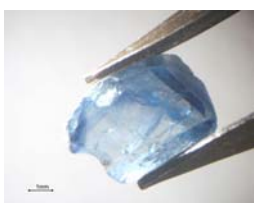
รูปที่ 132 เปรียบเทียบแซปไฟร์แหล่ง Andranondambo ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา)
ด้วยเตาน้ำมัน (1,610 °C, ไม่ขึ้นอุณหภูมิสูงสุด)



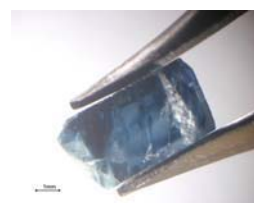
ก. Dig(b)001



ข. Dig(b)002

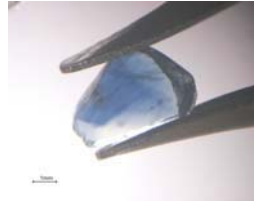
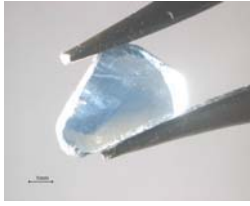


ค. Dig(b)003



ง. Dig(b)005

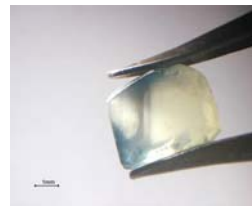
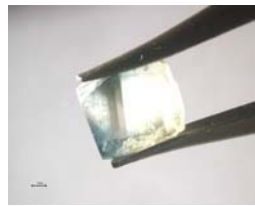
รูปที่ 133 เปรียบเทียบแซปไฟร์แหล่ง Diego Suarez ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา)
ด้วยเตาน้ำมัน (1,610 °C, ไม่ขึ้นอุณหภูมิสูงสุด)



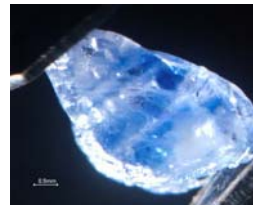
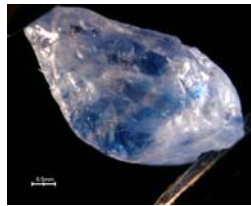
ก. Dig(y)006

ข. Dig(y)014

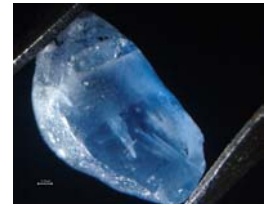
รูปที่ 134 เปรียบเทียบแซปไฟร์แหล่ง Diego Suarez ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา)
ด้วยเตาน้ำมัน (1,610 °C, ไม่ขึ้นอุณหภูมิสูงสุด)



รูปที่ 135 เปรียบเทียบแซปไฟร์แหล่ง Diego Suarez รหัส Dig(y)012 ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา)
ด้วยเตาน้ำมัน (1,610 °C, ไม่ขึ้นอุณหภูมิสูงสุด)

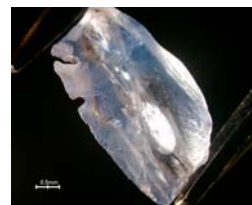
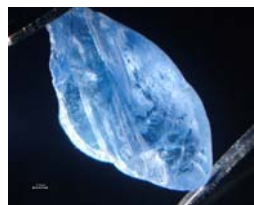


รูปที่ 136 เปรียบเทียบแซปไฟร์แหล่ง Ilakakarหัส Ilk 1-1-002 ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา)
ด้วยเตาน้ำมัน (1,610 °C, ไม่ขึ้นอุณหภูมิสูงสุด)



ก. Ilk 1-2-005

ข. Ilk 1-2-006



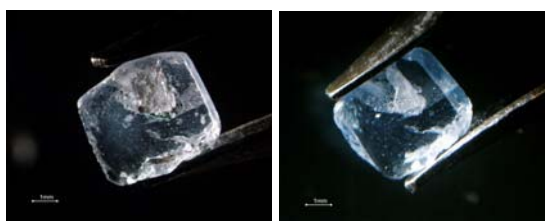
ค. Ilk 1-2-007

ง. Ilk 1-2-008

รูปที่ 137 เปรียบเทียบแซปไฟร์แหล่ง Ilakaka กลุ่มหม่าเข้ม ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา)
ด้วยเตาน้ำมัน (1,610 °C, ไม่ขึ้นอุณหภูมิสูงสุด)



รูปที่ 138 เปรียบเทียบแซปไฟร์แหล่ง Ilakaka กลุ่มหมาปนหิน รหัส Ilk 1-4-002 ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา) ด้วยเตาน้ำมัน (1,610 °C, ไม่เย็นอุณหภูมิสูงสุด)



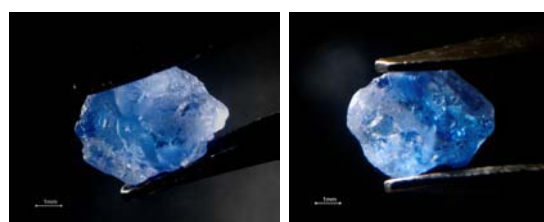
ก. Ilk(b)004



ข. Ilk(b)005



ค. Ilk(b)009



ง. Ilk(b)017

รูปที่ 139 เปรียบเทียบแซปไฟร์แหล่ง Ilakaka กลุ่มสีน้ำเงิน ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา) ด้วยเตาน้ำมัน (1,610 °C, ไม่เย็นอุณหภูมิสูงสุด)

Ilk 2-2-011, Ilk 2-2-013, Ilk 2-2-015, Ilk 2-2-016, Ilk 2-2-018 และ Ilk 2-2-019] กลุ่มสีส้มอ่อน 6 ตัวอย่าง [Ilk 2-3-002, Ilk 2-3-004, Ilk 2-3-005, Ilk 2-3-006, Ilk 2-3-008 และ Ilk 2-3-010] และกลุ่มสีเขียวอ่อน 5 ตัวอย่าง [Ilk 2-5-001, Ilk 2-5-003, Ilk 2-5-007, Ilk 2-5-011 และ Ilk 2-5-013]

สภาวะที่ใช้ในการเผา คือ

ใช้อุณหภูมิสูงสุด 1,612 °C ภาวะออกซิไดส์

อุณหภูมิขึ้นจาก 160 °C ถึง 1,612 °C ใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง 30 นาที

ไม่เย็นอุณหภูมิสูงสุด

เผาอบ : ปลดปล่อยพลอยเย็นตัวในเตา 1 คืน นำพลอยออกที่อุณหภูมิห้อง

ผลการทดลองเผา ปรากฏว่า

กลุ่มแซปไฟร์สีไม่มีสี ส่วนใหญ่ไม่เปลี่ยนแปลง มีเพียง 1 ตัวอย่างคือ Ilk 2-1-009 เปลี่ยนเป็นสีฟ้า (รูปที่ 140)

กลุ่มสีเหลืองอ่อน ส่วนใหญ่ไม่เปลี่ยนแปลง มีเพียง 1 ตัวอย่างคือ Ilk 2-2-007 เปลี่ยนเป็นสีฟ้า (รูปที่ 141)

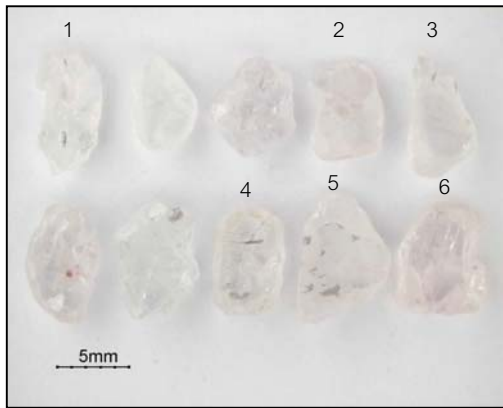
กลุ่มสีส้มอ่อน ส่วนใหญ่เปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน (รูปที่ 142)

กลุ่มสีเขียวอ่อน ส่วนใหญ่ไม่เปลี่ยนแปลง มีเพียง 2 ตัวอย่าง [Ilk 2-5-011 และ Ilk 2-5-013] ที่สีเขียวเข้มขึ้นเล็กน้อย (รูปที่ 143)

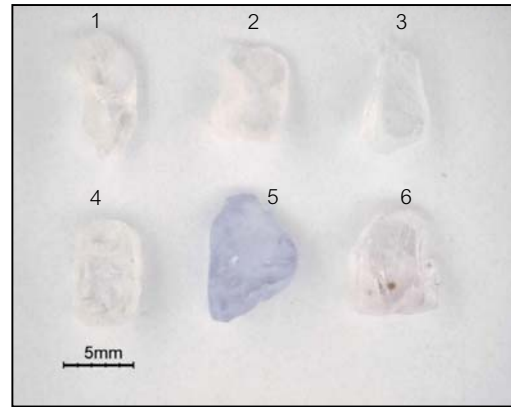
(2) การทดลองเผาแซปไฟร์จากแหล่ง Ilakaka ภาวะออกซิไดส์

วัตถุประสงค์ของการทดลอง เพื่อเพิ่มสีหรือเปลี่ยนสีเป็นสีเหลือง

ตัวอย่างที่ทดลองเผา ประกอบด้วย กลุ่มแซปไฟร์สีอ่อน ไม่มีหม่า ได้แก่ กลุ่มใสไม่มีสี 7 ตัวอย่าง [Ilk 2-1-002, Ilk 2-1-003, Ilk 2-1-006, Ilk 2-1-007, Ilk(c)001, Ilk(c)003 และ Ilk(c)007] กลุ่มสีเหลืองอ่อน 15 ตัวอย่าง [Ilk 2-2-003, Ilk 2-2-004, Ilk 2-2-006, Ilk 2-2-010, Ilk 2-2-012, Ilk 2-2-014, Ilk 2-2-017, Ilk 2-2-020, Ilk(y)001, Ilk(y)002, Ilk(y)004, Ilk(y)006, Ilk(y)007, Ilk(y)008 และ Ilk(y)009] กลุ่มสีส้มอ่อน 12 ตัวอย่าง [Ilk 2-3-001, Ilk 2-3-003, Ilk 2-3-007, Ilk 2-3-009, Ilk 2-3-011, Ilk 2-3-012, Ilk 2-3-013, Ilk 2-3-014, Ilk(o)001, Ilk(o)002, Ilk(o)003 และ Ilk(o)004] และกลุ่มสีเขียวอ่อน 16 ตัวอย่าง [Ilk 2-5-002, Ilk 2-5-004, Ilk 2-5-005, Ilk 2-5-006, Ilk 2-5-008, Ilk 2-5-009, Ilk 2-5-010, Ilk 2-5-012, Ilk(g)002, Ilk(g)003, Ilk(g)004, Ilk(g)006, Ilk(g)008, Ilk(g)009, Ilk(g)011 และ Ilk(g)012]



ก.



ข.

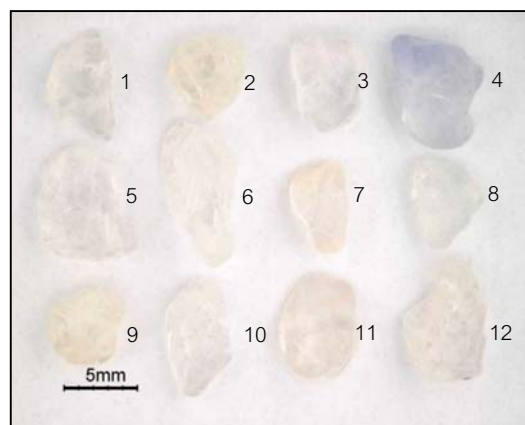
รูปที่ 140 เปรียบเทียบแซปไฟร์แหล่ง Ilakaka กลุ่มสีไม่มีสี ก่อนเผา (ก.) และหลังเผา (ข.)
ด้วยเตาแก๊ส ($1,612^{\circ}\text{C}$, ไม่ขึ้นอุณหภูมิสูงสุด)



ก.



ข.



ก.

รูปที่ 141 เปรียบเทียบแซปไฟร์แหล่ง Ilakaka กลุ่มสีเหลืองอ่อน ก่อนเผา (ก.,ข.) และหลังเผา (ค.)
ด้วยเตาแก๊ส ($1,612^{\circ}\text{C}$, ไม่ขึ้นอุณหภูมิสูงสุด)

สภาวะที่ใช้ในการเผาคือ

ใช้อุณหภูมิสูงสุด 1,867 °C ภาวะออกซิไดส์

อุณหภูมิขึ้นจาก 400 °C ถึง 1,867 °C ใช้เวลาประมาณ 9 ชั่วโมง 45 นาที

ไม่เย็นอุณหภูมิสูงสุด

เผาอบ : ปลอຍให้พลอยเย็นตัวในเตา 1 คืน นำพลอยออกที่อุณหภูมิห้อง

ผลการทดลองเผา ปรากฏว่า

กลุ่มแซปไฟร์ใสไม่มีสี ส่วนใหญ่สีไม่เปลี่ยนแปลง มีเพียง 1 ตัวอย่าง คือ Ilk 2-1-002 ที่เปลี่ยนเป็นสีฟ้า (รูปที่ 144)

กลุ่มแซปไฟร์สีเหลืองอ่อน ส่วนใหญ่มีสีเข้มขึ้น ได้แก่ Ilk 2-2-004, Ilk 2-2-012, Ilk 2-2-014, Ilk 2-2-020, Ilk(y)004, Ilk(y)006 และ Ilk(y)007 มี 3 ตัวอย่างสีเพิ่มขึ้น คือ Ilk(y)002, Ilk(y)008 และ Ilk(y)009 (รูปที่ 145)

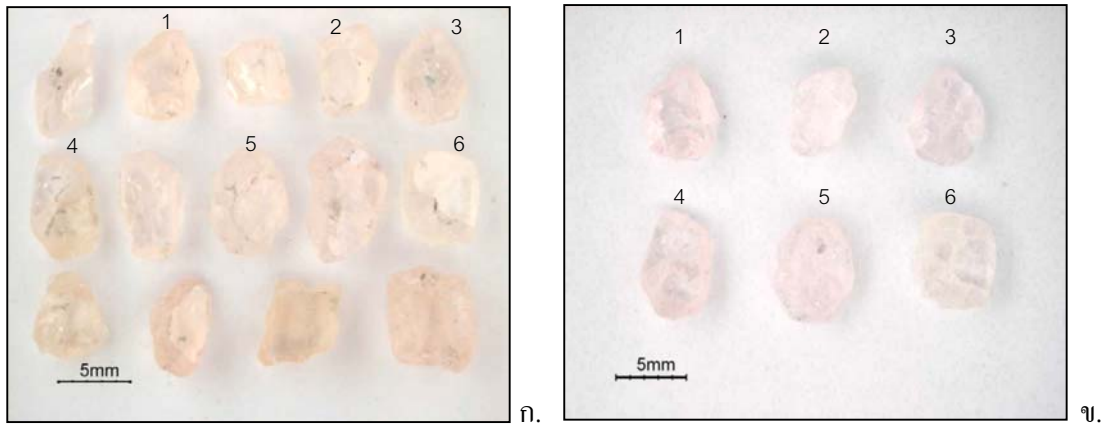
กลุ่มแซปไฟร์สีส้มอ่อน ส่วนใหญ่มีสีส้มเข้มขึ้น มีเพียง 2 ตัวอย่างคือ Ilk 2-3-009 และ Ilk(o)003 ที่สีอ่อนลงเล็กน้อย (รูปที่ 146) และมี 2 ตัวอย่างคือ Ilk(o)001 และ Ilk(o)002 ที่สีไม่เปลี่ยนแปลง

กลุ่มแซปไฟร์สีเขียวอ่อน ส่วนใหญ่ (7 ตัวอย่าง คือ Ilk 2-5-002, Ilk 2-5-004, Ilk 2-5-005, Ilk 2-5-006, Ilk 2-5-008, Ilk(g)009 และ Ilk(g)012) มีสีเขียวลดลง และสีเหลืองเพิ่มขึ้น (รูปที่ 147) มี 2 ตัวอย่าง คือ Ilk(g)008 และ Ilk(g)011 มีสีเขียวเข้มขึ้น (รูปที่ 148) และมี 4 ตัวอย่างคือ Ilk 2-5-009, Ilk 2-5-010, Ilk 2-5-012 และ Ilk(g)003 ที่สีอ่อนลง (รูปที่ 147) ที่เหลืออีก 3 ตัวอย่างสีไม่เปลี่ยนแปลง

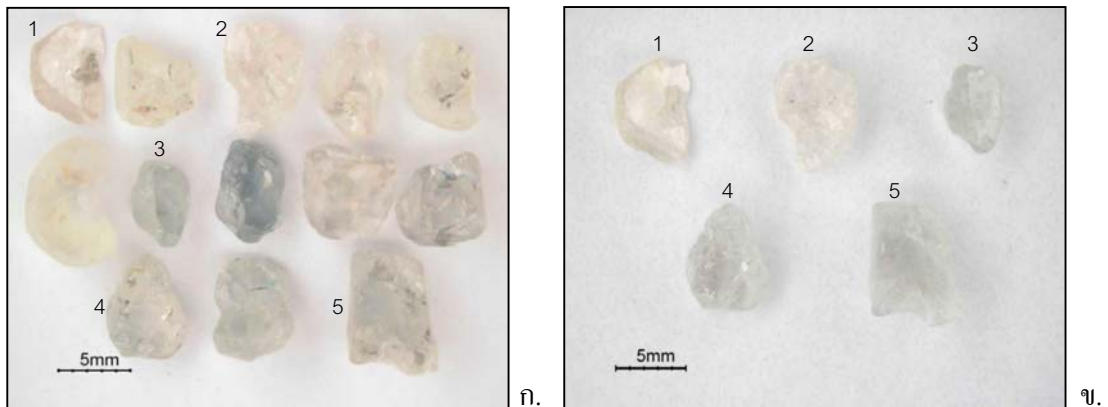
(3) การทดลองเผาแซปไฟร์ จากแหล่ง Ilakaka ภาวะออกซิไดส์

วัตถุประสงค์ของการทดลอง เพื่อทดลองเผาตัวอย่างพลอยแซปไฟร์กลุ่มไม่มีสี ที่เคยผ่านการทดลองเผามาแล้ว แต่สีอ่อนลง ไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือสีเข้มขึ้น มาเผาที่อุณหภูมิสูงขึ้น เพื่อเป็นการเผาเพิ่มสี

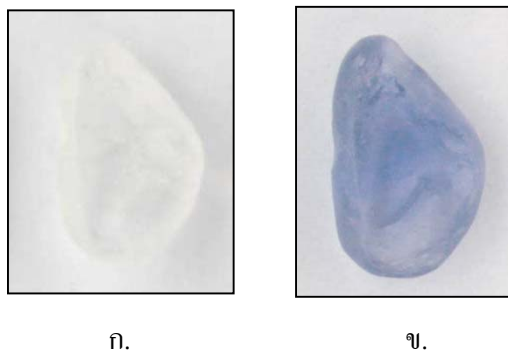
ตัวอย่างที่ทดลองเผา มีทั้งหมด 59 ตัวอย่าง ประกอบด้วย กลุ่มใสไม่มีสี จำนวน 11 ตัวอย่าง [Ilk 2-1-001, Ilk 2-1-003, Ilk 2-1-004, Ilk 2-1-005, Ilk 2-1-007, Ilk 2-1-008, Ilk 2-1-009, Ilk 2-1-010, Ilk(c)001, Ilk(c)003 และ Ilk(c)007] กลุ่มสีเหลืองอ่อน จำนวน 20 ตัวอย่าง [Ilk 2-2-001, Ilk 2-2-002, Ilk 2-2-003, Ilk 2-2-005, Ilk 2-2-006, Ilk 2-2-008, Ilk 2-2-009, Ilk 2-2-010, Ilk 2-2-011, Ilk 2-2-012, Ilk 2-2-013, Ilk 2-2-014, Ilk 2-2-015, Ilk 2-2-016, Ilk 2-2-017, Ilk 2-2-018, Ilk 2-2-019, Ilk(y)001, Ilk(y)002 และ Ilk(y)008] กลุ่มสีส้มอ่อน จำนวน 13 ตัวอย่าง [Ilk 2-3-001, Ilk 2-3-002, Ilk 2-3-003, Ilk 2-3-004, Ilk 2-3-005, Ilk 2-3-006, Ilk 2-3-008, Ilk 2-3-009, Ilk 2-3-010, Ilk 2-3-014, Ilk(o)001, Ilk(o)002 และ Ilk(o)003] กลุ่มสีเขียวอ่อน จำนวน 15 ตัวอย่าง [Ilk 2-5-001, Ilk 2-5-002, Ilk 2-5-003,



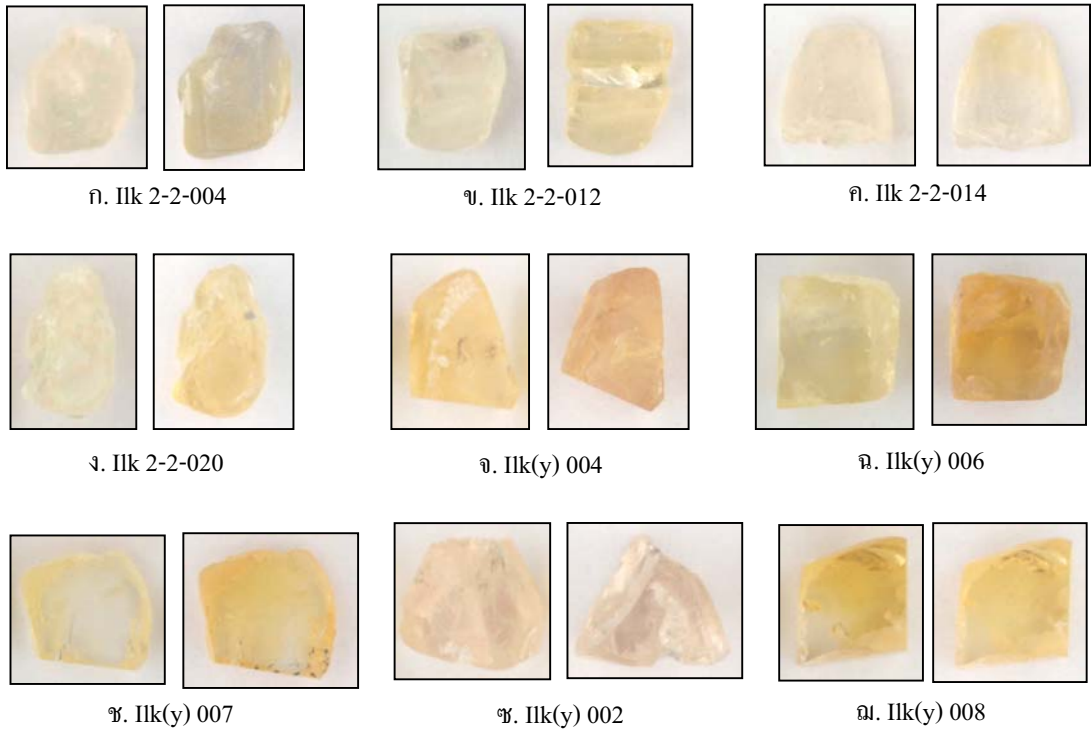
รูปที่ 142 เปรียบเทียบตัวอย่างแชปไฟร์ แหล่ง Ilakaka กลุ่มสีส้มอ่อน ก่อนเผา (ก.) และหลังเผา (ข.) ด้วยเตาแก๊ส ($1,612^{\circ}\text{C}$, ไม่ขึ้นอุณหภูมิ)



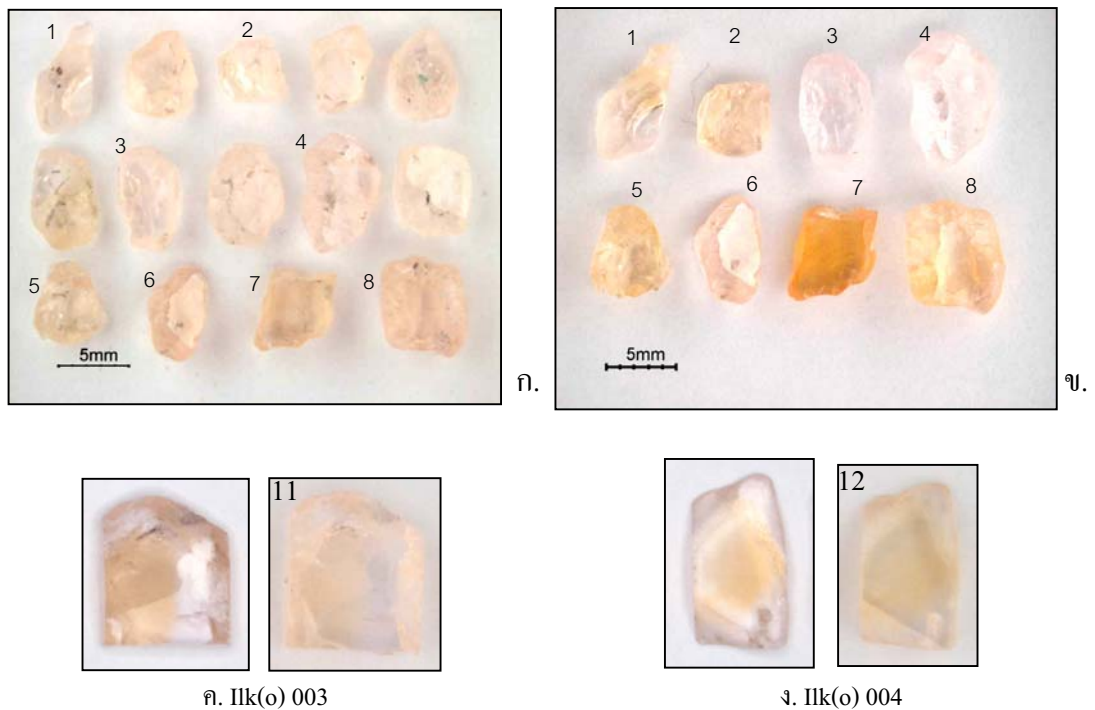
รูปที่ 143 เปรียบเทียบตัวอย่างแชปไฟร์ แหล่ง Ilakaka กลุ่มสีเขียวอ่อน ก่อนเผา (ก.) และหลังเผา (ข.) ด้วยเตาแก๊ส ($1,612^{\circ}\text{C}$, ไม่ขึ้นอุณหภูมิ)



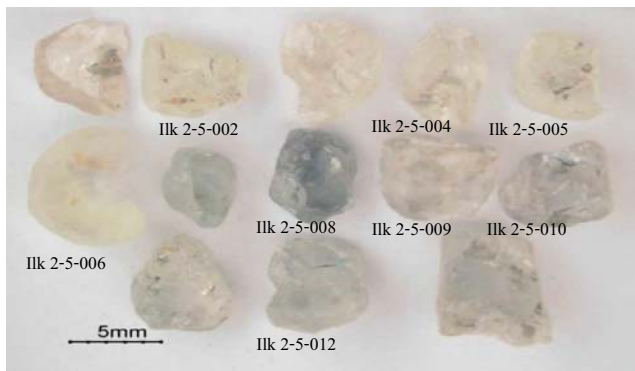
รูปที่ 144 เปรียบเทียบตัวอย่างแชปไฟร์สีไม่มีสี แหล่ง Ilakaka ก่อนเผา (ก.) และหลังเผา (ข.) ด้วยเตาแก๊ส ($1,867^{\circ}\text{C}$, ไม่ขึ้นอุณหภูมิ)



รูปที่ 145 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์สีเหลืองจากแหล่ง Ilakaka ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา)
ด้วยเตาแก๊ส ($1,867^{\circ}\text{C}$, ไม่ขึ้นอุณหภูมิ)



รูปที่ 146 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์สีส้มจากแหล่ง Ilakaka ก่อนเผา (ก.) และหลังเผา (ข.)
ด้วยเตาแก๊ส ($1,867^{\circ}\text{C}$, ไม่ขึ้นอุณหภูมิสูงสุด)



(ก.)



(ข.)

รูปที่ 147 เปรียบเทียบตัวอย่างฟอสซิลกลุ่มสีเขียวอ่อน ก่อนเผา (ก.) และหลังเผา (ข.)

- ฟอสซิล 7 เม็ด [Ilk 2-5-002, Ilk 2-5-004, Ilk 2-5-005, Ilk 2-5-006, Ilk 2-5-008, Ilk(g)009, Ilk(g)012] ที่ฟอสซิลมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น
- ฟอสซิล 4 เม็ด [Ilk 2-5-009, Ilk 2-5-010, Ilk 2-5-012 และ Ilk(g)003] ที่สีอ่อนลง



Ilk(g)008



Ilk(g)011

รูปที่ 148 เปรียบเทียบตัวอย่างฟอสซิลกลุ่มสีเขียวอ่อนที่มีสีเข้มขึ้น 2 ตัวอย่าง ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา)

Ilk 2-5-006, Ilk 2-5-007, Ilk 2-5-008, Ilk 2-5-009, Ilk 2-5-010, Ilk 2-5-011, Ilk 2-5-012, Ilk 2-5-013, Ilk(g)002, Ilk(g)003, Ilk(g)004 และ Ilk(g)006]

สภาวะที่ใช้ในการเผาคือ

ใช้อุณหภูมิสูงสุด 1,860 °C ภาวะออกซิไดส์

อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 340 °C ถึง 1,860 °C ใช้เวลาประมาณ 8 ชั่วโมง 45 นาที

เย็นอุณหภูมิสูงสุด 2 ชั่วโมง

เผาอบ : ทิ้งพลอยให้เย็นในเตา 1 คืน นำพลอยออกที่อุณหภูมิห้อง

ผลการทดลอง ปรากฏว่า

กลุ่มใสไม่มีสี หลังเผาส่วนใหญ่ไม่เปลี่ยนแปลง มีเพียง 1 ตัวอย่าง คือ Ilk 2-1-009 เปลี่ยนเป็นสีฟ้าอ่อน (รูปที่ 149)

กลุ่มสีเหลืองอ่อน หลังเผามีสีเหลืองเข้มขึ้น 12 ตัวอย่าง ได้แก่ Ilk 2-2-001, Ilk 2-2-002, Ilk 2-2-006, Ilk 2-2-011, Ilk 2-2-012, Ilk 2-2-013, Ilk 2-2-014, Ilk 2-2-015, Ilk 2-2-017, Ilk 2-2-018, Ilk(y)002, Ilk(y)008 (รูปที่ 150) มีสีอ่อนลง 1 ตัวอย่าง คือ Ilk(y)001 (รูปที่ 151) ใสเพิ่มขึ้น 3 ตัวอย่าง คือ Ilk 2-2-005, Ilk 2-2-016 และ Ilk 2-2-019 (รูปที่ 152) ที่เหลืออีก 4 ตัวอย่างไม่เปลี่ยนแปลง

กลุ่มสีส้มอ่อน หลังเผามีสีเข้มขึ้น 2 ตัวอย่าง คือ Ilk 2-3-006 และ Ilk 2-3-014 (รูปที่ 153) สีอ่อนลง 1 ตัวอย่าง คือ Ilk 2-3-009 (รูปที่ 154) ที่เหลืออีก 10 ตัวอย่าง ไม่เปลี่ยนแปลง

กลุ่มสีเขียวอ่อน หลังเผามีสีเข้มขึ้น 2 ตัวอย่าง คือ Ilk 2-5-013 และ Ilk(g)006 (รูปที่ 155) มีสีเหลืองเพิ่มขึ้น 4 ตัวอย่าง คือ Ilk 2-5-001, Ilk 2-5-003, Ilk 2-5-007 และ Ilk(g)002 (รูปที่ 156) ที่เหลืออีก 9 ตัวอย่างไม่เปลี่ยนแปลง

(4) การทดลองเผาแซปไฟร์ จากแหล่ง Ilakaka ภาวะออกซิไดส์

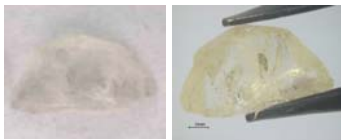
วัตถุประสงค์ของการทดลอง เพื่อเผาเพิ่มสีแซปไฟร์กลุ่มไม่มีหม่น ที่เคยทดลองเผาแล้ว แต่สียังไม่ดีขึ้น โดยใช้ อุณหภูมิสูง ยืนเวลานานขึ้น

ตัวอย่างที่ใช้ทดลองเผา มีทั้งหมด 78 ตัวอย่าง ประกอบด้วย กลุ่มใสไม่มีสี รวม 12 ตัวอย่าง [ได้แก่ 11 ตัวอย่างที่ทดลองตามข้อ 3 และ Ilk 2-1-002] กลุ่มสีเหลืองอ่อน รวม 27 ตัวอย่าง [ได้แก่ 20 ตัวอย่างที่ทดลองตามข้อ 3 และ Ilk 2-2-004, Ilk 2-2-007, Ilk 2-2-020, Ilk(y)004, Ilk(y)006, Ilk(y)007 และ Ilk(y)009] กลุ่มสีส้มอ่อน รวม 18 ตัวอย่าง [ได้แก่ 13 ตัวอย่างที่ทดลองตามข้อ 3 และ Ilk 2-3-007, Ilk 2-3-011, Ilk 2-3-012, Ilk 2-3-013 และ Ilk(o)004] กลุ่มสีเขียวอ่อน รวม 21 ตัวอย่าง [ได้แก่ 15 ตัวอย่างที่ทดลองตามข้อ 3 และ Ilk 2-5-004, Ilk 2-5-005, Ilk(g)008, Ilk(g)009, Ilk(g)011 และ Ilk(g)012]

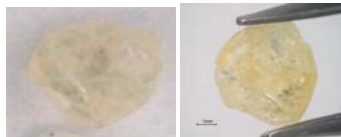


Ilk 2-1-009

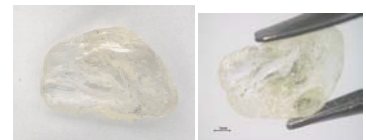
รูปที่ 149 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์กลุ่มสีไม่มีสี แหล่ง Ilakaka ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา)
ด้วยเตาแก๊ส (1,860 °C, ยืนอุณหภูมิสูงสุด 2 ชั่วโมง)



ก. Ilk 2-2-001



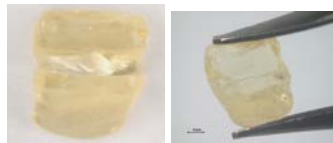
ข. Ilk 2-2-002



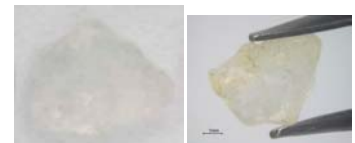
ค. Ilk 2-2-006



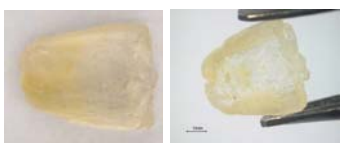
ง. Ilk 2-2-011



จ. Ilk 2-2-012



ฉ. Ilk 2-2-013



ช. Ilk 2-2-014



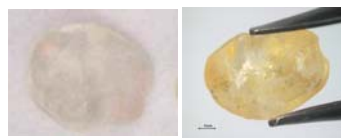
ซ. Ilk 2-2-015



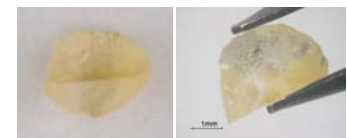
ณ. Ilk 2-2-015



ญ. Ilk 2-2-017

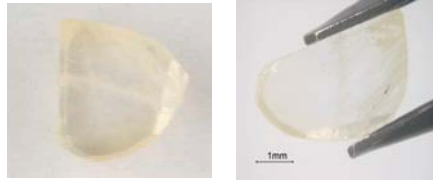


ฎ. Ilk 2-2-018

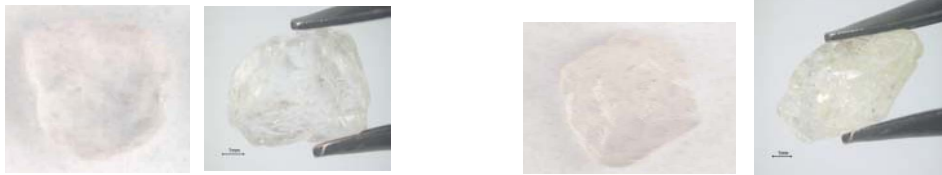


ฏ. Ilk(y)008

รูปที่ 150 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์กลุ่มสีเหลือง แหล่ง Ilakaka ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา)
ด้วยเตาแก๊ส (1,860 °C, ยืนอุณหภูมิสูงสุด 2 ชั่วโมง)

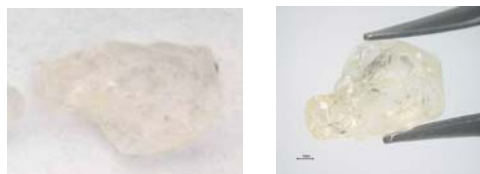


รูปที่ 151 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์ กลุ่มสีเหลือง แหล่ง Ilakaka รหัสตัวอย่าง Ilk(y)001 ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา) ด้วยเตาแก๊ส (1,860 °C, ขึ้นอุณหภูมิสูงสุด 2 ชั่วโมง)



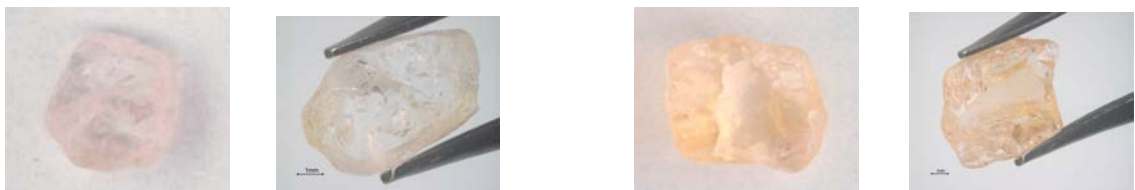
ก. Ilk 2-2-005

ข. Ilk 2-2-016



ค. Ilk 2-2-019

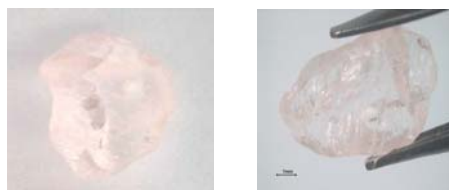
รูปที่ 152 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์ กลุ่มสีเหลือง แหล่ง Ilakaka ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา) ด้วยเตาแก๊ส (1,860 °C, ขึ้นอุณหภูมิสูงสุด 2 ชั่วโมง)



ก. Ilk 2-3-006

ข. Ilk 2-3-014

รูปที่ 153 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์ กลุ่มสีส้ม แหล่ง Ilakaka ก่อนเผา (ซ้าย) และ หลังเผา (ขวา) ด้วยเตาแก๊ส (1,860 °C, ขึ้นอุณหภูมิสูงสุด 2 ชั่วโมง)



รูปที่ 154 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์ กลุ่มสีส้ม แหล่ง Ilakaka รหัส Ilk 2-3-009 ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา) ด้วยเตาแก๊ส (1,860 °C, ขึ้นอุณหภูมิสูงสุด 2 ชั่วโมง)



รูปที่ 155 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์ กลุ่มสีเขียว แหล่ง Ilakaka รหัส Ilk 2-5-013 ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา) ด้วยเตาแก๊ส (1,860 °C, ยืนอุณหภูมิสูงสุด 2 ชั่วโมง)



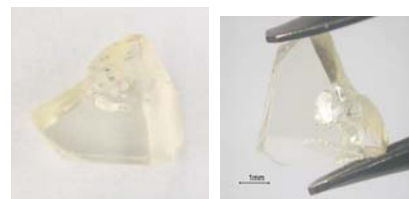
ก. Ilk 2-5-001



ข. Ilk 2-5-003

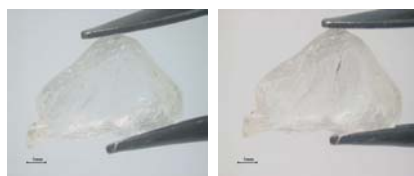


ค. Ilk 2-5-007

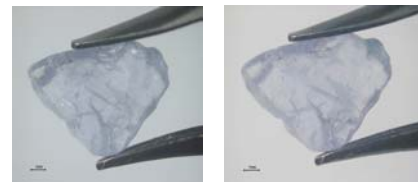


ง. Ilk(g)002

รูปที่ 156 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์ กลุ่มสีเขียว แหล่ง Ilakaka ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา) ด้วยเตาแก๊ส (1,860 °C, ยืนอุณหภูมิสูงสุด 2 ชั่วโมง)



ก. Ilk 2-1-005



ข. Ilk 2-1-009

รูปที่ 157 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์ กลุ่มสีไม่มีสี แหล่ง Ilakaka ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา) ด้วยเตาแก๊ส (1,900 °C, ยืนอุณหภูมิสูงสุด 5 ชั่วโมง)

สภาวะที่ใช้ในการเผาคือ

ใช้อุณหภูมิสูงสุด 1,900 °C ภาวะออกซิไดส์

อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 340 °C ถึง 1,900 °C ใช้เวลาประมาณ 6 ชั่วโมง

เย็นอุณหภูมิสูงสุด 5 ชั่วโมง

เผาอบ : ทิ้งพลอยให้เย็นในเตา 1 คืน นำพลอยออกที่อุณหภูมิห้อง

ผลการทดลอง ปรากฏว่า

กลุ่มใสไม่มี หลังเผามีความใสเพิ่มขึ้น 1 ตัวอย่าง คือ Ilk 2-1-005 และมีสีฟ้าเข้มขึ้น 1 ตัวอย่าง คือ Ilk 2-1-009 (รูปที่ 157) นอกนั้นไม่เปลี่ยนแปลง

กลุ่มสีเหลืองอ่อน หลังเผามีสีเข้มขึ้น 18 ตัวอย่าง ได้แก่ Ilk 2-2-001, Ilk 2-2-002, Ilk 2-2-004, Ilk 2-2-006, Ilk 2-2-008, Ilk 2-2-009, Ilk 2-2-010, Ilk 2-2-011, Ilk 2-2-013, Ilk 2-2-014, Ilk 2-2-015, Ilk 2-2-016, Ilk 2-2-018, Ilk 2-2-019, Ilk 2-2-020, Ilk(y)006, Ilk(y)008, Ilk(y)009 (รูปที่ 158) ใสขึ้น 1 ตัวอย่าง คือ Ilk(y)004 (รูปที่ 159) ที่เหลืออีก 8 ตัวอย่าง ไม่เปลี่ยนแปลง

กลุ่มสีส้มอ่อน หลังเผา สีเข้มขึ้น 15 ตัวอย่าง ได้แก่ Ilk 2-3-001, Ilk 2-3-002, Ilk 2-3-003, Ilk 2-3-004, Ilk 2-3-005, Ilk 2-3-006, Ilk 2-3-008, Ilk 2-3-009, Ilk 2-3-010, Ilk 2-3-011, Ilk 2-3-012, Ilk 2-3-013, Ilk 2-3-014, Ilk(o)002 และ Ilk(o)003 (รูปที่ 160) เปลี่ยนเป็นสีชมพู 1 ตัวอย่าง คือ Ilk 2-3-007 (รูปที่ 161) ที่เหลืออีก 2 ตัวอย่าง ไม่เปลี่ยนแปลง

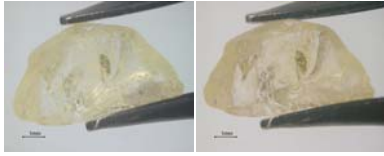
กลุ่มสีเขียวอ่อน หลังเผา มีสีเหลืองเพิ่มขึ้น 12 ตัวอย่าง ได้แก่ Ilk 2-5-001, Ilk 2-5-002, Ilk 2-5-003, Ilk 2-5-004, Ilk 2-5-005, Ilk 2-5-006, Ilk 2-5-007, Ilk 2-5-008, Ilk 2-5-010, Ilk 2-5-012, Ilk(g)004, Ilk(g)006 (รูปที่ 162) สีส้มเหลืองลดลงทำให้เห็นเป็นสีฟ้าขึ้น 2 ตัวอย่าง คือ Ilk(g)008 และ Ilk(g)011 (รูปที่ 163) ที่เหลืออีก 7 ตัวอย่าง ไม่เปลี่ยนแปลง

(5) การทดลองเผาทับทิม จากแหล่ง Andilamena และแซปไฟร์ จากแหล่ง Ilakaka ภาวะออกซิไดส์

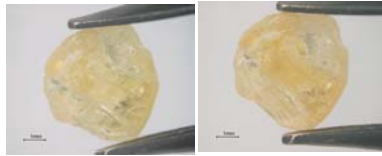
วัตถุประสงค์ของการทดลอง เพื่อกำจัดลักษณะขาวขุ่นหรือน้ำเงิน-ม่วงในแกนกลางของทับทิมจากแหล่ง Andilamena ที่เคยพยายามทดลองไล่แล้ว แต่ยังคงปรากฏอยู่ โดยคัดเลือกตัวอย่างที่มีมลทิน และรอยแตกร้าวน้อยที่สุด ใช้อุณหภูมิสูง เย็นอุณหภูมิค่อนข้างนาน และเผาแยก (หมายถึง นำตัวอย่างออกจากเตาทันที) ส่วนตัวอย่างแซปไฟร์จากแหล่ง Ilakaka เป็นตัวอย่างกลุ่มไม่มีหมากที่เคยทดลองเผามาแล้ว แต่ยังไม่ได้อีสิ่งที่ต้องการ

ตัวอย่างที่ใช้ทดลองเผา ประกอบด้วย

ทับทิมจากแหล่ง Andilamena ที่ผ่านการทดลองเผามาแล้ว และยังคงแสดงลักษณะแกนกลางขาวขุ่นหรือสีม่วง/น้ำเงิน จำนวนรวม 15 ตัวอย่าง ได้แก่ Anm 2-5-001, Anm 2-5-009, Anm 2-5-013,



ก. Ilk 2-2-001



ข. Ilk 2-2-002



ค. Ilk 2-2-004



ง. Ilk 2-2-006



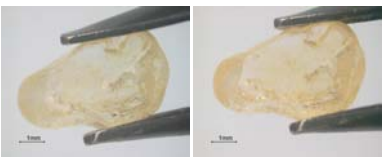
จ. Ilk 2-2-008



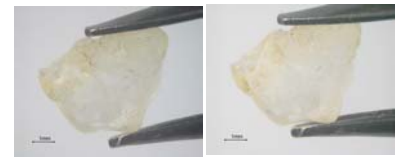
ฉ. Ilk 2-2-009



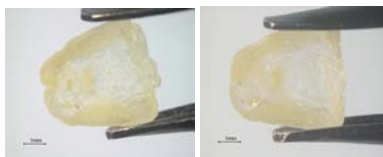
ช. Ilk 2-2-010



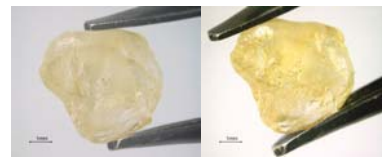
ซ. Ilk 2-2-011



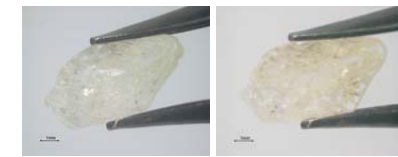
ณ. Ilk 2-2-013



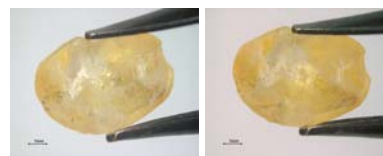
ด. Ilk 2-2-014



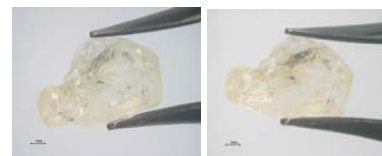
ต. Ilk 2-2-015



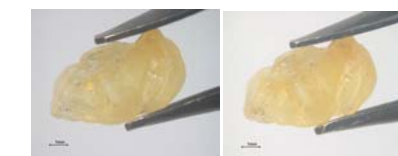
ถ. Ilk 2-2-016



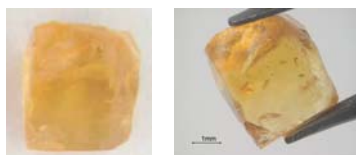
ท. Ilk 2-2-018



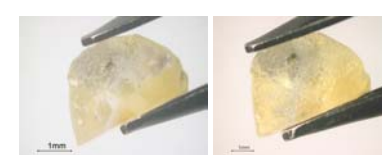
ฑ. Ilk 2-2-019



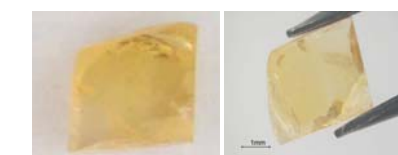
ฒ. Ilk 2-2-020



ณ. Ilk(y)006

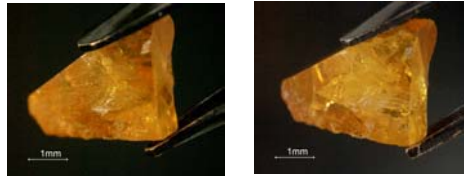


ด. Ilk(y)008



ต. Ilk(y)009

รูปที่ 158 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์ กลุ่มสีเหลือง แหล่ง Ilakaka ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา)
ด้วยเตาแก๊ส (1,900 °C, ยืนอุณหภูมิสูงสุด 5 ชั่วโมง)



รูปที่ 159 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์ กลุ่มสีเหลือง แหล่ง Ilakaka รหัสตัวอย่าง Ilk(y)004 ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา) ด้วยเตาแก๊ส (1,900 °C, ยืนอุณหภูมิสูงสุด 5 ชั่วโมง)



ก. Ilk 2-3-001



ข. Ilk 2-3-002



ค. Ilk 2-3-003



ง. Ilk 2-3-004



จ. Ilk 2-3-005



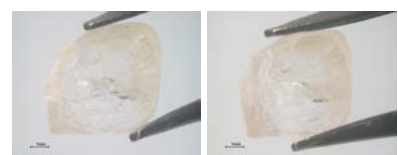
ฉ. Ilk 2-3-006



ช. Ilk 2-3-008



ซ. Ilk 2-3-009



ณ. Ilk 2-3-010



ญ. Ilk 2-3-011



ฎ. Ilk 2-3-012



ฏ. Ilk 2-3-013



ฐ. Ilk 2-3-014



ฑ. Ilk(o)002



ฒ. Ilk(o)003

รูปที่ 160 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์ กลุ่มสีส้ม แหล่ง Ilakaka ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา) ด้วยเตาแก๊ส (1,900 °C, ยืนอุณหภูมิสูงสุด 5 ชั่วโมง)



รูปที่ 161 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์ แหล่ง Ilakaka รหัส Ilk 2-3-007 ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา) ด้วยเตาแก๊ส (1,900 °C, ยืนอุณหภูมิสูงสุด 5 ชั่วโมง)



ก. Ilk 2-5-001

ข. Ilk 2-5-002

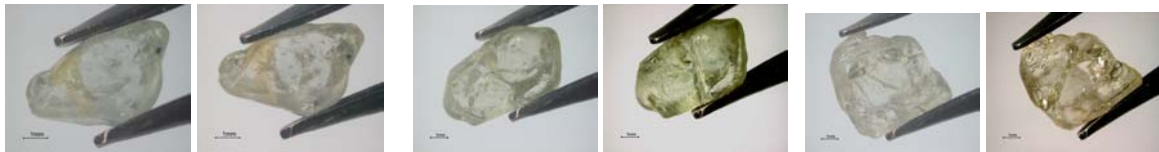
ค. Ilk 2-5-003



ง. Ilk 2-5-004

จ. Ilk 2-5-005

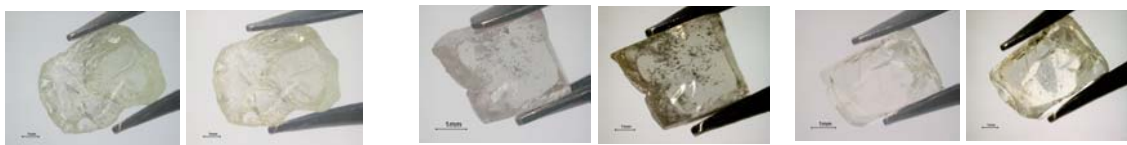
ฉ. Ilk 2-5-006



ช. Ilk2-5-007

ซ. Ilk2-5-008

ณ. Ilk2-5-010



ญ. Ilk 2-5-012

ฎ. Ilk(g)004

ฏ. Ilk(g)006

รูปที่ 162 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์ กลุ่มสีเขียว แหล่ง Ilakaka ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา) ด้วยเตาแก๊ส (1,900 °C, ยืนอุณหภูมิสูงสุด 5 ชั่วโมง)



ก. Ilk(g)008

ข. Ilk(g)011

รูปที่ 163 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์ กลุ่มสีเขียว แหล่ง Ilakaka ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา) ด้วยเตาแก๊ส (1,900 °C, ยืนอุณหภูมิสูงสุด 5 ชั่วโมง)

Anm 2-5-014, Anm 2-5-018, Anm 2-5-022, Anm 3-5-010, Anm 3-5-012, Anm 3-5-013, Anm 3-5-015, Anm 3-5-017, Anm 3-5-021, Anm 6-5-001, Anm 6-5-002 และ Anm 6-5-004

แชปไฟร์จากแหล่ง Ilakaka กลุ่มใสไม่มีสี 5 ตัวอย่าง [ได้แก่ Ilk(c)001, Ilk(c)003, Ilk(c)007, Ilk 2-1-003 และ Ilk 2-1-007] กลุ่มสีเหลืองอ่อน 11 ตัวอย่าง [ได้แก่ Ilk(y)001, Ilk(y)002, Ilk(y)008, Ilk 2-2-003, Ilk 2-2-004, Ilk 2-2-006, Ilk 2-2-010, Ilk 2-2-012, Ilk 2-2-014, Ilk 2-2-017 และ Ilk 2-2-020] กลุ่มสีส้มอ่อน 11 ตัวอย่าง [ได้แก่ Ilk(o)001, Ilk(o)002, Ilk(o)003, Ilk(o)004, Ilk 2-3-001, Ilk 2-3-003, Ilk 2-3-007, Ilk 2-3-009, Ilk 2-3-011, Ilk 2-3-012 และ Ilk 2-3-014] และ กลุ่มสีเขียวอ่อน 20 ตัวอย่าง [ได้แก่ Ilk(g)002, Ilk(g)003, Ilk(g)004, Ilk(g)006, Ilk(g)008, Ilk(g)011, Ilk(g)012, Ilk 2-5-001, Ilk 2-5-002, Ilk 2-5-003, Ilk 2-5-004, Ilk 2-5-005, Ilk 2-5-006, Ilk 2-5-007, Ilk 2-5-008, Ilk 2-5-009, Ilk 2-5-010, Ilk 2-5-011, Ilk 2-5-012 และ Ilk 2-5-013]

สภาวะที่ใช้ในการเผาคือ

ใช้อุณหภูมิสูงสุด 1,800 °C ภาวะออกซิไดส์

อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 200 °C ถึง 1,800 °C ใช้เวลาประมาณ 7 ชั่วโมง 30 นาที

เย็นอุณหภูมิสูงสุด 5 ชั่วโมง

เผายก : เอาพลอยออกจากเตาทันที

ผลการทดลอง ปรากฏว่า

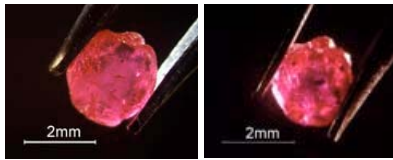
ตัวอย่างทับทิมจากแหล่ง Andilamena หลังเผาปรากฏว่า ตัวอย่างส่วนใหญ่ [ได้แก่ Anm 2-5-001, Anm 2-5-009, Anm 2-5-013, Anm 2-5-014, Anm 2-5-022, Anm 3-5-012, Anm 3-5-017 และ Anm 6-5-002] ลักษณะแกนกลางขาวพุ่งหายไป (รูปที่ 164) ตัวอย่างที่มีมลทินภายใน [Anm 2-5-001 และ Anm 2-5-009] ปรากฏว่า รอยแตกรอบๆ (tension crack) มลทิน เหล่านั้น และมี 1 ตัวอย่าง [Anm 2-5-022] ที่แตกออกเป็น 2 ส่วน ตัวอย่างอีก 6 ตัวอย่าง ลักษณะแกนกลางจางหายไปจนเกือบหมด ยังคงหลงเหลืออยู่เพียงเล็กน้อย ได้แก่ Anm 2-5-018, Anm 3-5-010, Anm 3-5-013, Anm 3-5-015, Anm 3-5-021 และ Anm 6-5-004 (รูปที่ 165) มีเพียง 1 ตัวอย่าง คือ Anm 6-5-001 ที่บริเวณแกนกลางกลายเป็นสีม่วงคล้ำ และรอบๆ มลทิน มี tension crack (รูปที่ 166)

สำหรับแชปไฟร์จากแหล่ง Ilakaka ปรากฏว่า

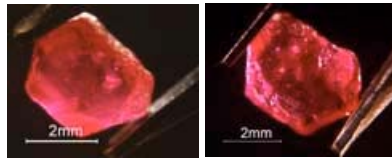
กลุ่มใสไม่มีสี หลังเผามี 3 ตัวอย่าง คือ Ilk(c)001, Ilk(c)003 และ Ilk(c)007 มีสีชมพูเพิ่มขึ้น (รูปที่ 167) อีก 2 ตัวอย่าง ไม่เปลี่ยนแปลง

กลุ่มสีเหลืองอ่อน หลังเผามีสีเหลืองเข้มขึ้น 2 ตัวอย่าง คือ Ilk(y)001 และ Ilk(y)002 (รูปที่ 168 ก.และ ข.) มีสีจางลง 1 ตัวอย่าง คือ Ilk(y)008 (รูปที่ 168 ค.) ที่เหลืออีก 8 ตัวอย่าง ไม่เปลี่ยนแปลง

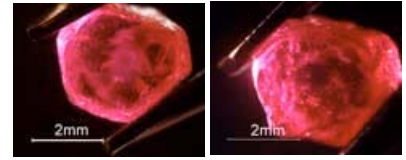
กลุ่มสีส้มอ่อน หลังเผามีสีเข้มขึ้น 1 ตัวอย่าง คือ Ilk(o)004 (รูปที่ 169 ก.) สีจางลง 1 ตัวอย่าง คือ Ilk(o)002 (รูปที่ 169 ข.) ที่เหลืออีก 9 ตัวอย่าง ไม่เปลี่ยนแปลง



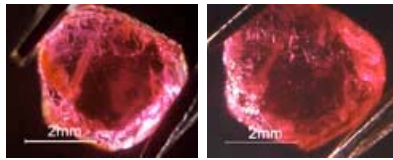
ก. Anm 2-5-001



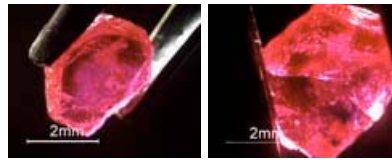
ข. Anm 2-5-009



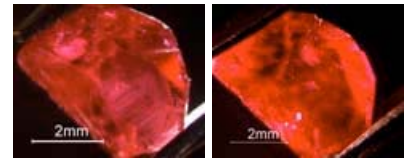
ค. Anm 2-5-013



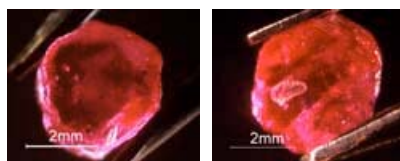
ง. Anm 2-5-014



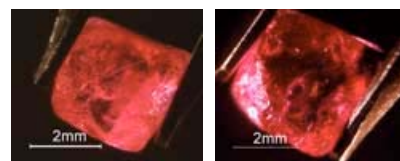
จ. Anm 2-5-022



ฉ. Anm 3-5-012

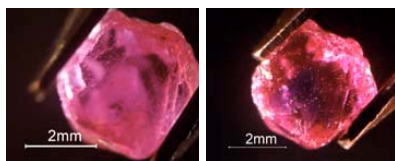


ช. Anm 3-5-017

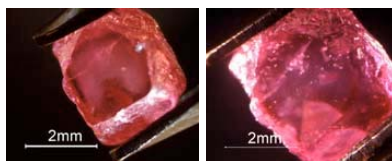


ซ. Anm 6-5-002

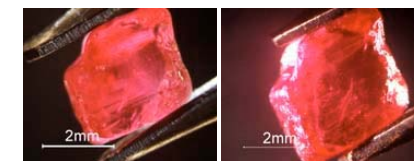
รูปที่ 164 เปรียบเทียบตัวอย่างทับทิมแหล่ง Andilamena ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา)
ด้วยเตาแก๊ส (1,800 °C, ขึ้นอุณหภูมิสูงสุด 5 ชั่วโมง)



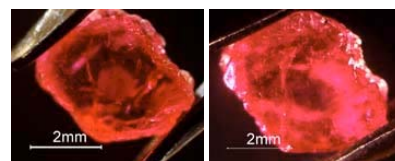
ก. Anm 2-5-018



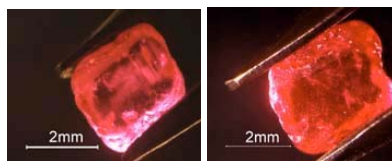
ข. Anm 3-5-010



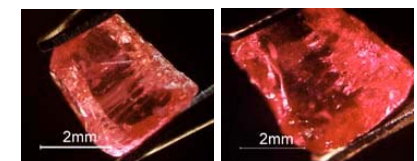
ค. Anm 3-5-013



ง. Anm 3-5-015

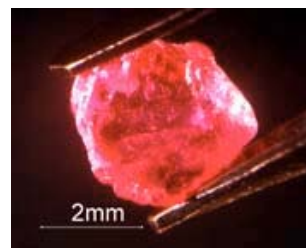
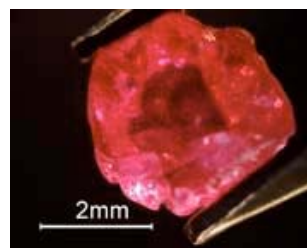


จ. Anm 3-5-021

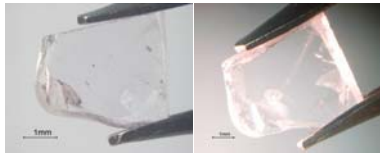


ฉ. Anm 6-5-004

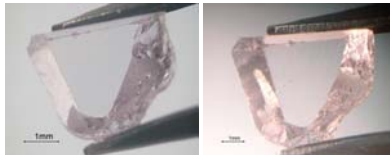
รูปที่ 165 เปรียบเทียบตัวอย่างทับทิมแหล่ง Andilamena ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา)
ด้วยเตาแก๊ส (1,800 °C, ขึ้นอุณหภูมิสูงสุด 5 ชั่วโมง)



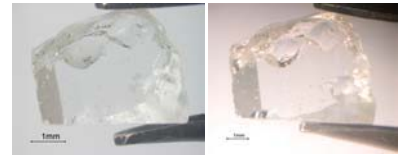
รูปที่ 166 เปรียบเทียบตัวอย่างทับทิมแหล่ง Andilamena รหัส Anm 6-5-001 ก่อนเผา (ซ้าย)
และหลังเผา (ขวา) ด้วยเตาแก๊ส (1,800 °C, ขึ้นอุณหภูมิสูงสุด 5 ชั่วโมง)



ก. Ilk(c)001



ข. Ilk(c)003

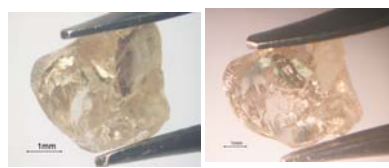


ค. Ilk(c)007

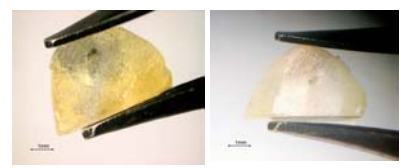
รูปที่ 167 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์แหล่ง Ilakaka กลุ่มสีไม่มีสี ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา)
ด้วยเตาแก๊ส (1,800 °C, ยืนอุณหภูมิสูงสุด 5 ชั่วโมง)



ก. Ilk(y)001

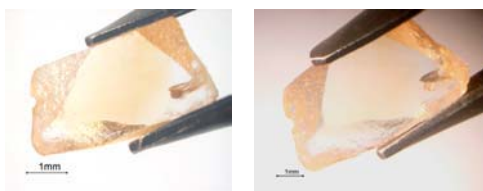


ข. Ilk(y)002



ค. Ilk(y)008

รูปที่ 168 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์แหล่ง Ilakaka กลุ่มสีเหลือง ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา)
ด้วยเตาแก๊ส (1,800 °C, ยืนอุณหภูมิสูงสุด 5 ชั่วโมง)

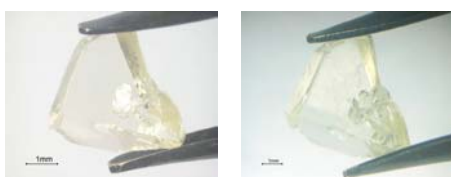


ก. Ilk(o)004



ข. Ilk(o)002

รูปที่ 169 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์แหล่ง Ilakaka กลุ่มสีส้ม ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา)
ด้วยเตาแก๊ส (1,800 °C, ยืนอุณหภูมิสูงสุด 5 ชั่วโมง)



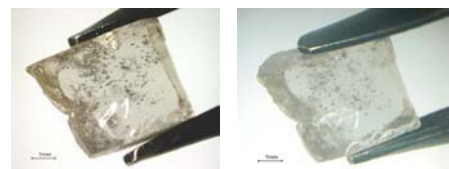
ก. Ilk(g)002



ข. Ilk(g)003



ก. Ilk(g)004



ง. Ilk(g)006

รูปที่ 170 เปรียบเทียบตัวอย่างแซปไฟร์แหล่ง Ilakaka กลุ่มสีเขียว ก่อนเผา (ซ้าย) และหลังเผา (ขวา)
ด้วยเตาแก๊ส (1,800 °C, ยืนอุณหภูมิสูงสุด 5 ชั่วโมง)

กลุ่มสีเขียวอ่อน หลังเผามีสีเข้มขึ้น 2 ตัวอย่าง คือ Ilk(g)002 และ Ilk(g)003 (รูปที่ 170 ก.และข.) มีสีจางลง 2 ตัวอย่าง คือ Ilk(g)004 และ Ilk(g)006 (รูปที่ 170 ค. และ ง.) ที่เหลืออีก 16 ตัวอย่างไม่เปลี่ยนแปลง

3.11 การตรวจวัด absorption spectrum ของตัวอย่างพลอยคอร์ันดัมหลังการทดลองเผา

หลังการทดลองเผาในแต่ละครั้ง ก่อนที่จะนำพลอยไปทดลองเผาในครั้งต่อไป ในกรณีที่ยังไม่ได้สีตามที่ต้องการ ต้องนำตัวอย่างพลอยมาทำการวัด absorption spectrum ด้วย UV-Vis-NIR spectrophotometer เพื่อเก็บข้อมูลไว้เปรียบเทียบกับ spectrum ก่อนเผา ซึ่งจะมีประโยชน์อย่างมากในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงสี ก่อนและหลังเผาไม่สามารถเทียบสีกับ colour master ได้

Absorption spectrum ของตัวอย่างพลอยก่อนและหลังการเผาที่แสดงการเปลี่ยนแปลงสี และ/หรือ ความใส ชัดเจนของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง แสดงในรูปที่ 171 ถึง 202

การเปรียบเทียบ absorption spectrum ของทับทิมก่อนและหลังเผา

ส่วนใหญ่ตำแหน่งของ absorption peaks หรือ bands ไม่เปลี่ยนแปลงตำแหน่ง เพราะสีหลักคือสีแดง ซึ่งเกี่ยวข้องกับ peaks ของ Cr^{3+} ยังคงเดิม ส่วนใหญ่จะแสดง absorption intensity (ความสูงของ peak) ลดลง เนื่องจากเนื้อพลอยมีความใสมากขึ้น สำหรับทับทิมที่มีสีอมม่วง ซึ่งตำแหน่งของ Cr^{3+} peak ที่ 555 nm และ IVCT band ของ $\text{Fe}^{2+}/\text{Ti}^{4+}$ ที่ระหว่าง 550-700 nm ซึ่งเป็น broad band มียอด peak ที่ประมาณ 560 nm จะคาบเกี่ยวกันอยู่ เมื่อเผาจนสีอมม่วงหายไป ความกว้างของ broad band ของ IVCT ระหว่าง $\text{Fe}^{2+}/\text{Ti}^{4+}$ ก็จะลดลง หรือ band แคบลง (รูปที่ 172)

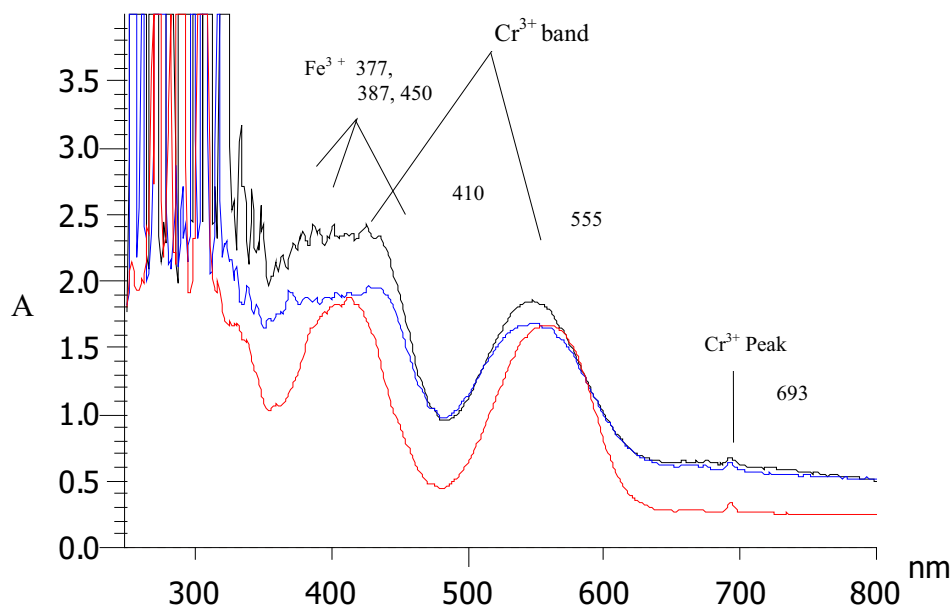
การเปรียบเทียบ absorption spectrum ของแซปไฟร์ก่อนและหลังเผา

สำหรับแซปไฟร์จากแหล่ง Diego Suarez กลุ่มสีน้ำเงิน : Dig(b) และ แกนกลางสีน้ำเงิน : Dig(bc) หลังเผา เนื้อพลอยใสมากขึ้น เห็นได้จากค่า intensity ของ absorption ลดลง (รูปที่ 179 และ 180) ส่วนกลุ่มสีเหลือง : Dig(y) กลุ่มแกนกลางใส : Dig(cc) และกลุ่มแกนกลางสีเหลือง : Dig(yc) หลังเผาจะเห็น IVCT bands ของ $\text{Fe}^{2+}/\text{Ti}^{4+}$ และ $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ ชัดเจนขึ้น (รูปที่ 181 ถึง 183) แสดงว่า พลอยมีสีน้ำเงินเพิ่มขึ้น

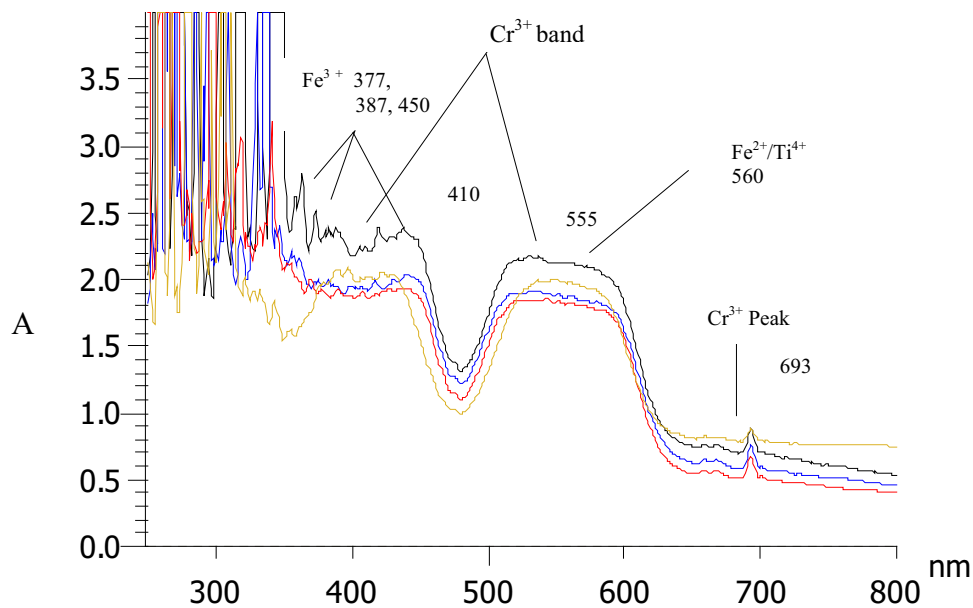
แซปไฟร์จากแหล่ง Andranondambo ซึ่งก่อนเผาไม่แสดง IVCT band ของ $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ (เป็น characteristics ของ spectrum ของ metamorphic sapphire ที่ไม่ผ่านการเผา) หลังเผาจะปรากฏ IVCT band ดังกล่าวชัดเจน (รูปที่ 184) ซึ่งห้องปฏิบัติการตรวจสอบอัญมณีส่วนใหญ่ใช้เป็นเครื่องบ่งชี้ว่า แซปไฟร์จากแหล่งที่เป็น metamorphic affiliation ผ่านการเผาเพิ่มคุณภาพมาแล้ว ถ้าปรากฏ IVCT band นี้

แซปไฟร์จากแหล่ง Ilakaka โดยเฉพาะกลุ่มที่มีหมา : Ilk 1-x-x แสดงการเปลี่ยนแปลงของ spectrum หลังเผาที่ชัดเจน กล่าวคือ การปรากฏขึ้นของ IVCT band ของ Fe^{2+} / Ti^{4+} เมื่อพลอยหมาเปลี่ยนเป็นสีฟ้าหรือน้ำเงินหลังเผา (รูปที่ 185 ถึง 188)

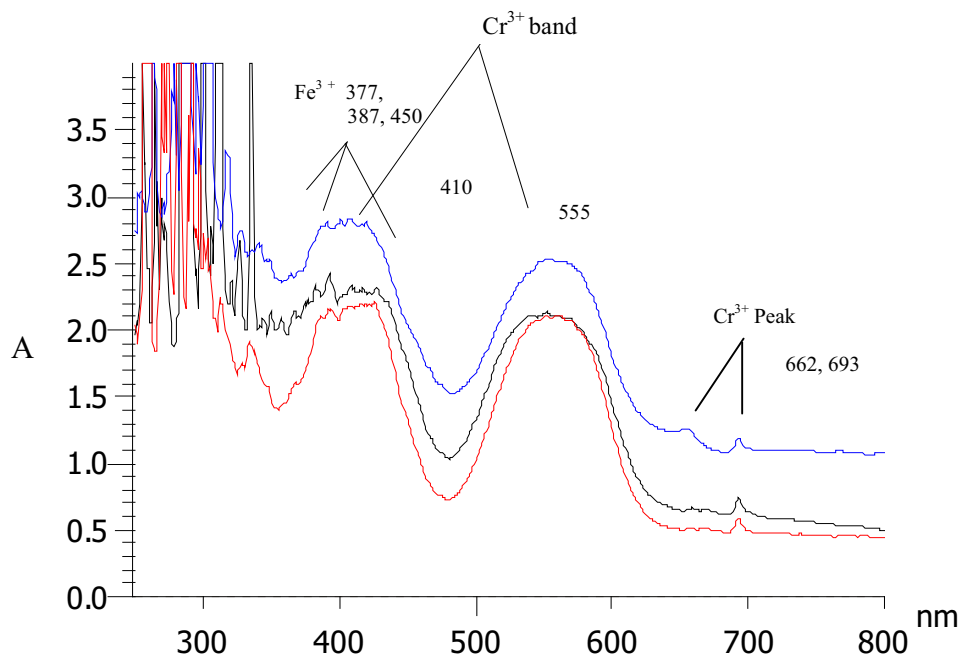
ส่วนแซปไฟร์จากแหล่ง Ilakaka กลุ่มที่ไม่มีหมา ซึ่งเดิมแสดงสีอ่อน spectrum หลังเผาจะมี intensity ลดลงเมื่อพลอยมีความใสเพิ่มขึ้น (เช่น รูปที่ 192) หรือมี intensity สูงขึ้น เมื่อพลอยมีสีเข้มขึ้น (เช่น รูปที่ 196) แล้วแต่กรณี



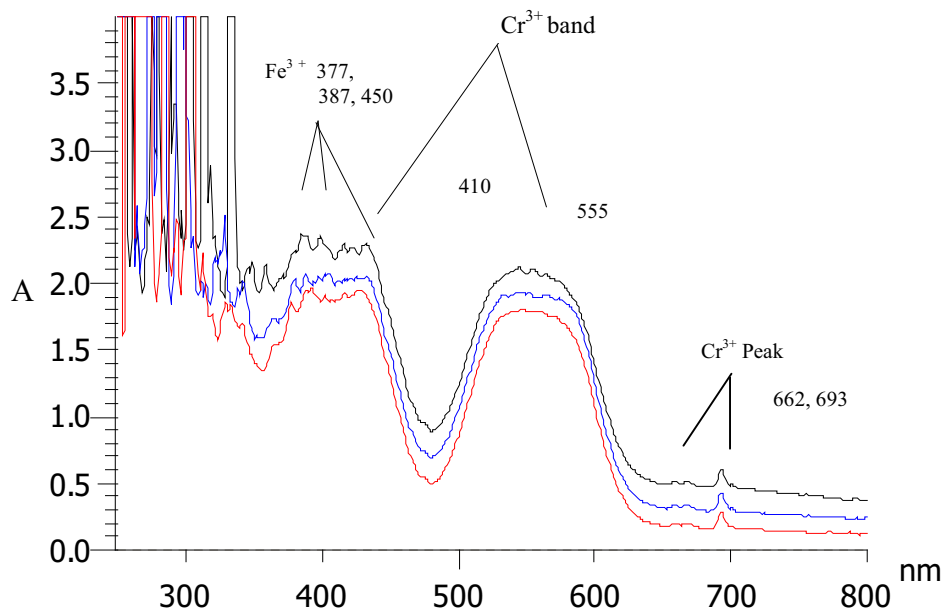
รูปที่ 171 Absorption spectrum ของทับทิมแหล่ง Andilamena รหัสตัวอย่าง Anm1-5-001เปรียบเทียบการดูดกลืนแสงของทิศทางตั้งฉากแกนแสงระหว่างก่อนเผา (—) เผาครั้งที่ 1 (—) เผาครั้งที่ 2 (—)



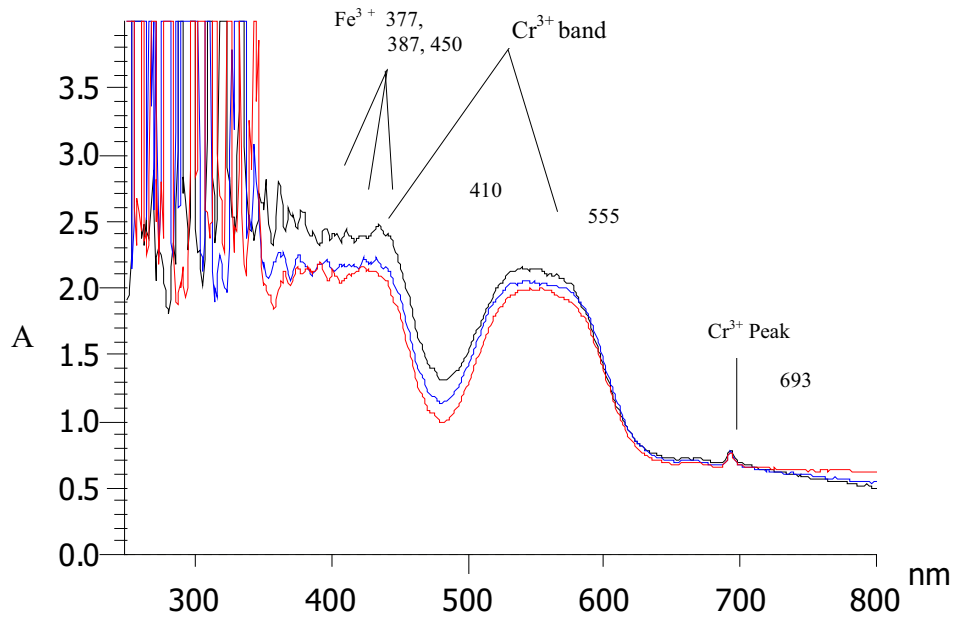
รูปที่ 172 Absorption spectrum ของทับทิมแหล่ง Andilamena รหัสตัวอย่าง Anm2-5-022เปรียบเทียบการดูดกลืนแสงของทิศทางตั้งฉากแกนแสงระหว่างก่อนเผา (—) เผาครั้งที่ 1 (—) เผาครั้งที่ 2 (—) เผาครั้งที่ 3 (—) สังเกตว่าหลังการเผาครั้งที่ 3 IVCT band ของ $\text{Fe}^{2+} / \text{Ti}^{4+}$ แคบลง เนื่องจากเสื่อมมัวของพลอยลดลง



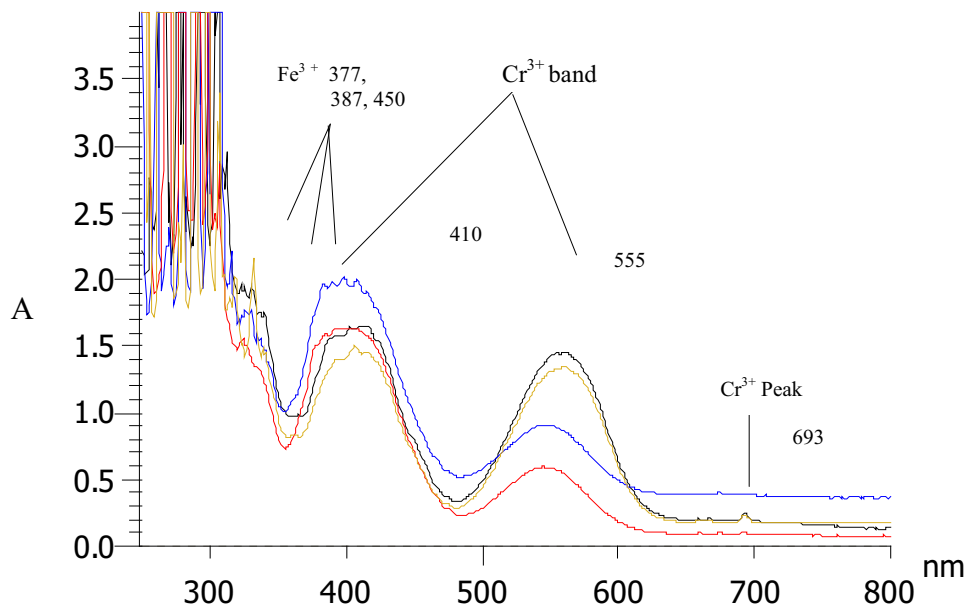
รูปที่ 173 Absorption spectrum ของทับทิมแหล่ง Andilamena รหัสตัวอย่าง Anm3-5-008 เปรียบเทียบ การดูดกลืนแสงของทิศทางตั้งฉากกับแกนแสงระหว่างก่อนเผา (—) เผาครั้งที่ 1 (—) เผาครั้งที่ 2 (—)



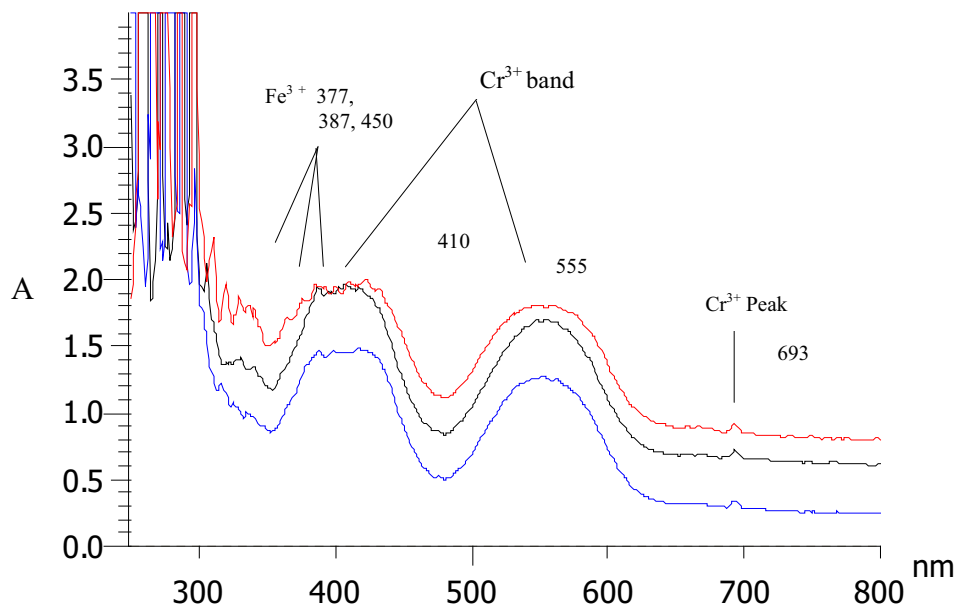
รูปที่ 174 Absorption spectrum ของทับทิมแหล่ง Andilamena รหัสตัวอย่าง Anm4-1-002 เปรียบเทียบ การดูดกลืนแสงของทิศทางตั้งฉากกับแกนแสงระหว่างก่อนเผา (—) เผาครั้งที่ 1 (—) เผาครั้งที่ 2 (—)



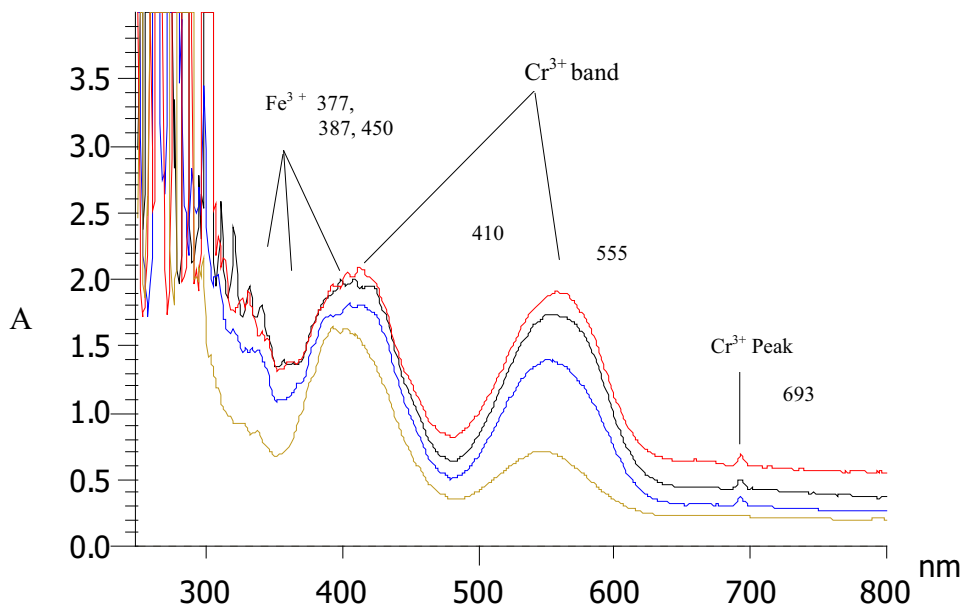
รูปที่ 175 Absorption spectrum ของทับทิมแหล่ง Andilamena รหัสตัวอย่าง Anm5-5-001 เปรียบเทียบ การดูดกลืนแสงของทิศทางตั้งฉากแกนแสงระหว่างก่อนเผา (—) เผาครั้งที่ 1 (—) เผาครั้งที่ 2 (—)



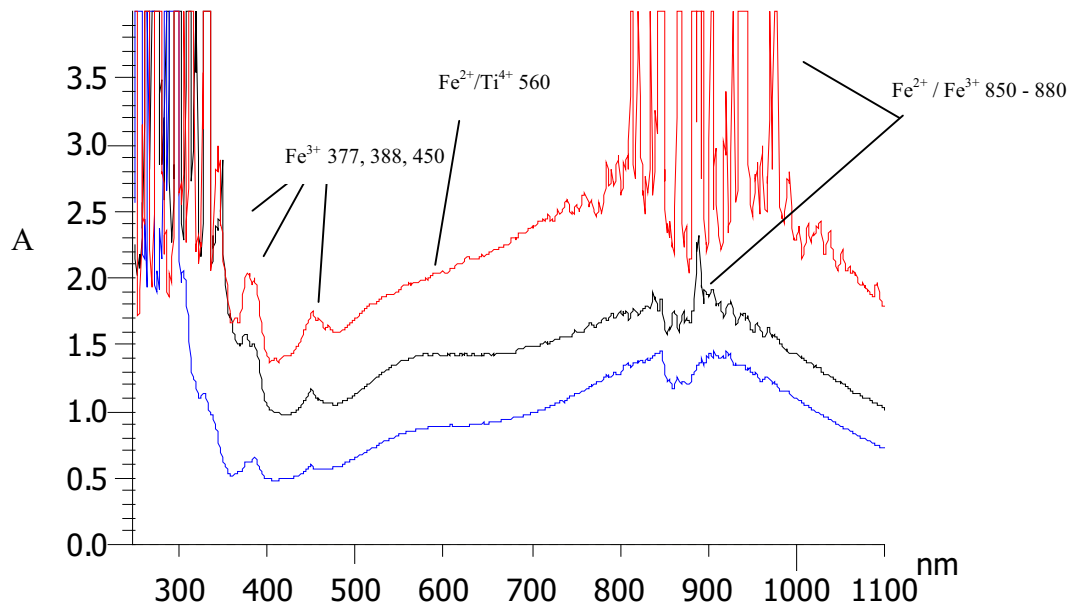
รูปที่ 176 Absorption spectrum ของทับทิมแหล่ง Andilamena รหัสตัวอย่าง Anm6-5-004 เปรียบเทียบ การดูดกลืนแสงของทิศทางตั้งฉากแกนแสงระหว่างก่อนเผา (—) เผาครั้งที่ 1 (—) เผาครั้งที่ 2 (—) เผาครั้งที่ 3 (—)



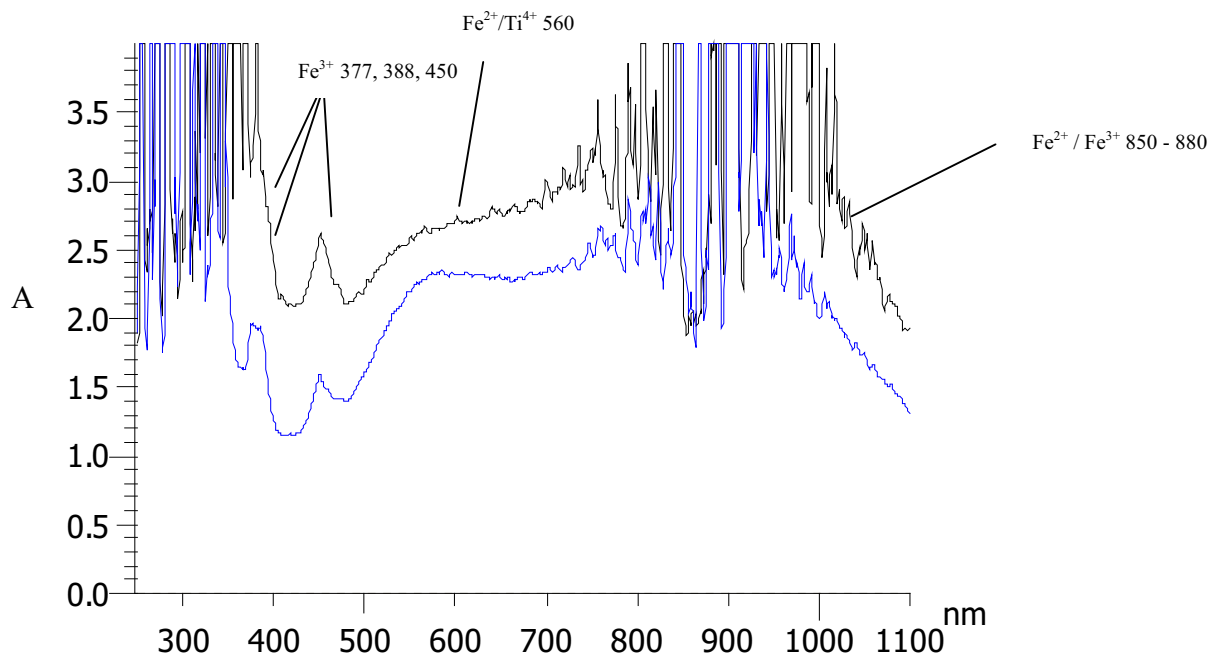
รูปที่ 177 Absorption spectrum ของทับทิมแหล่ง Vatomandry รหัสตัวอย่าง Vam3-019 เปรียบเทียบ การดูดกลืนแสงของทิศทางตั้งฉากแกนแสงระหว่างก่อนเผา (—) เผาครั้งที่ 1 (—) เผาครั้งที่ 2 (—)



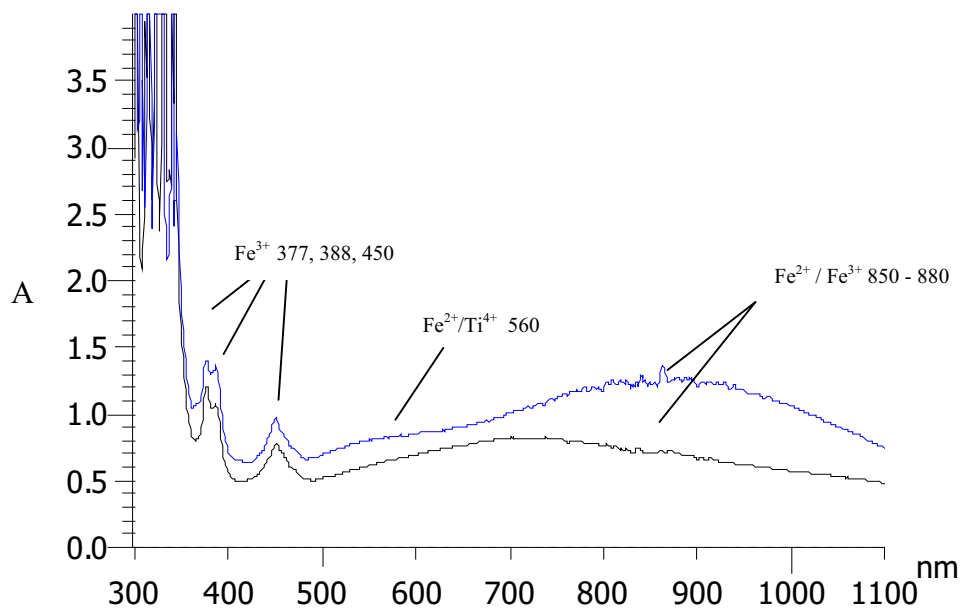
รูปที่ 178 Absorption spectrum ของทับทิมแหล่ง Vatomandry รหัสตัวอย่าง Vam4-004 เปรียบเทียบ การดูดกลืนแสงของทิศทางตั้งฉากแกนแสงระหว่างก่อนเผา (—) เผาครั้งที่ 1 (—) เผาครั้งที่ 2 (—) เผาครั้งที่ 3 (—)



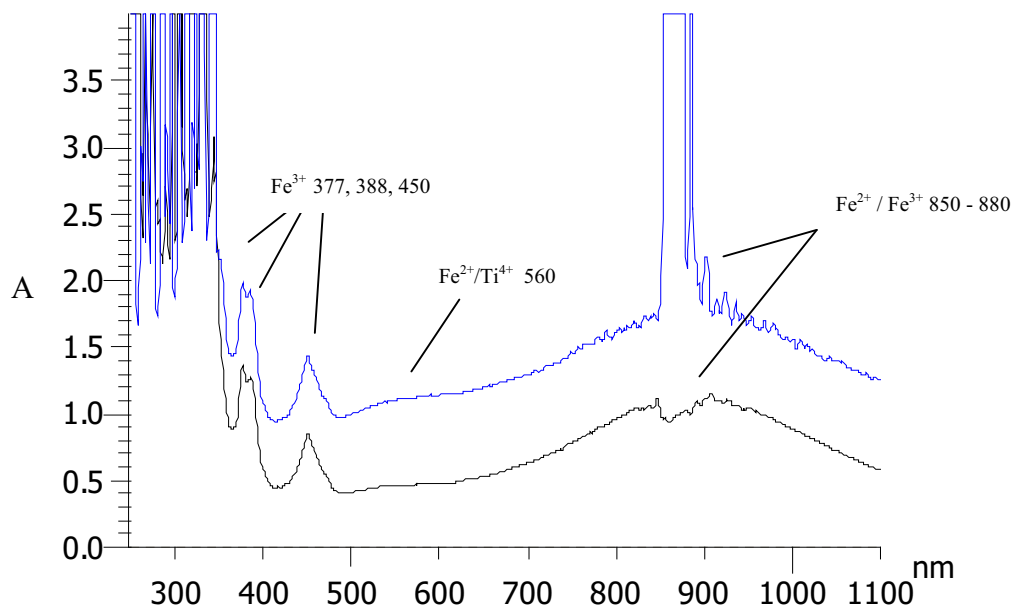
รูปที่ 179 Absorption spectrum ของเซปไฟร์แหล่ง Diego รหัสตัวอย่าง Dig(b)002 เปรียบเทียบการดูดกลืนแสงของทิศทางตั้งฉากแกนแสงระหว่างก่อนเผา (—) เผาครั้งที่ 1 (—) เผาครั้งที่ 2 (—)



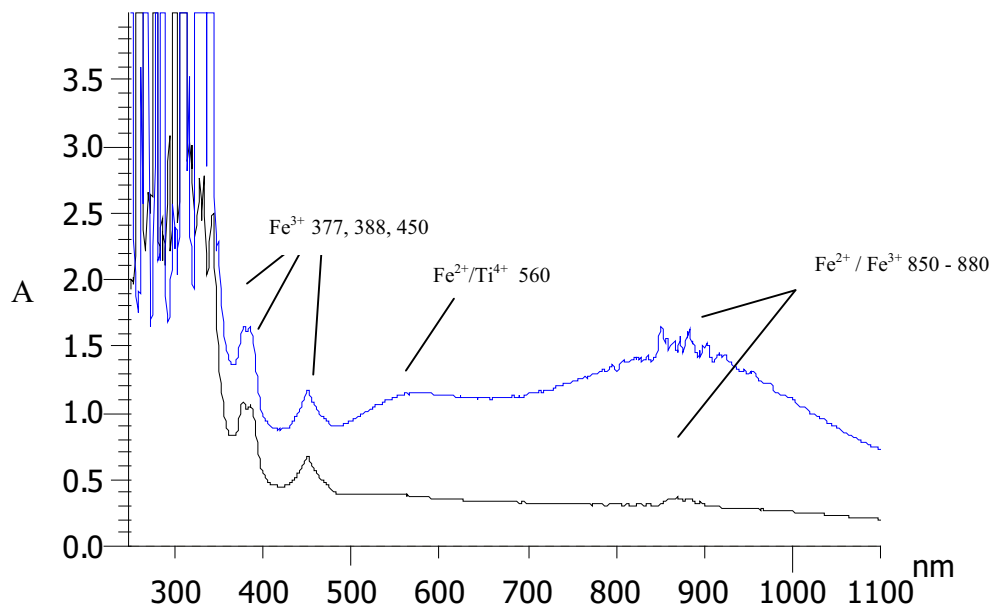
รูปที่ 180 Absorption spectrum ของเซปไฟร์แหล่ง Diego รหัสตัวอย่าง Dig(bc)002 เปรียบเทียบการดูดกลืนแสงของทิศทางตั้งฉากแกนแสงระหว่างก่อนเผา (—) เผาครั้งที่ 2 (—)



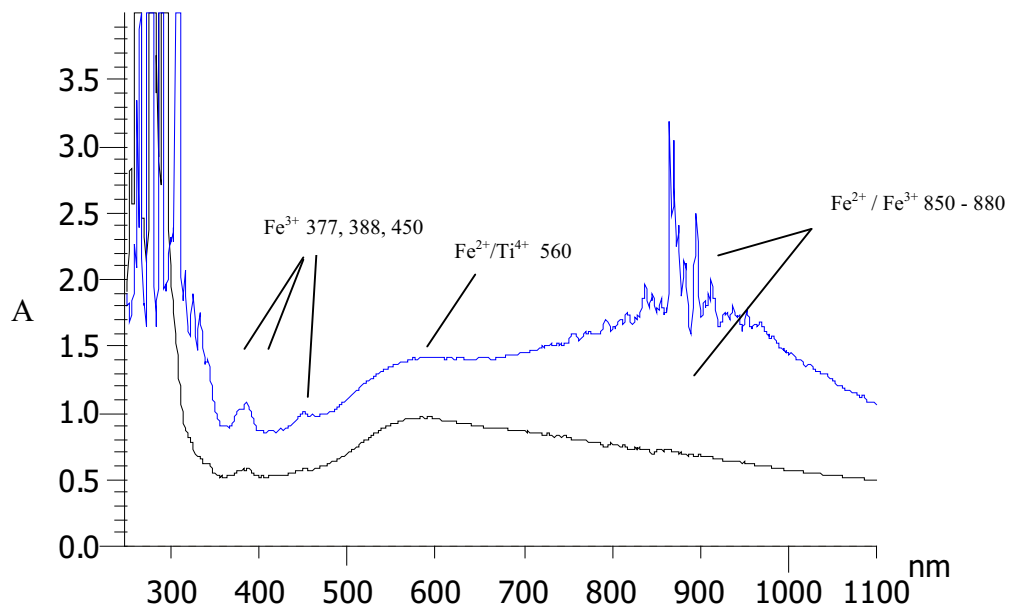
รูปที่ 181 Absorption spectrum ของเซปไฟร์แหล่ง Diego รหัสตัวอย่าง Dig(cc)011 เปรียบเทียบการดูดกลืนแสงของทิศทางตั้งฉากแกนแสงระหว่างก่อนเผา (—) เผาครั้งที่ 2 (—)



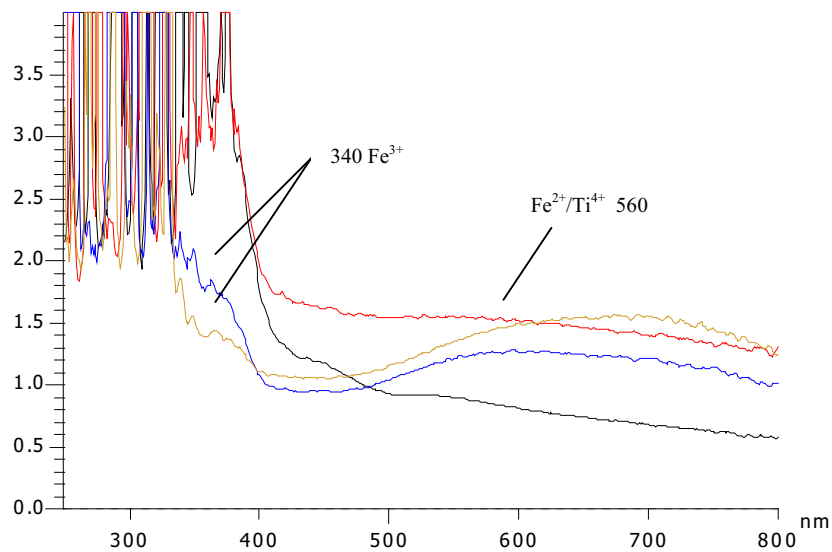
รูปที่ 182 Absorption spectrum ของเซปไฟร์แหล่ง Diego รหัสตัวอย่าง Dig(y)013 เปรียบเทียบการดูดกลืนแสงของทิศทางตั้งฉากแกนแสงระหว่างก่อนเผา (—) เผาครั้งที่ 2 (—)



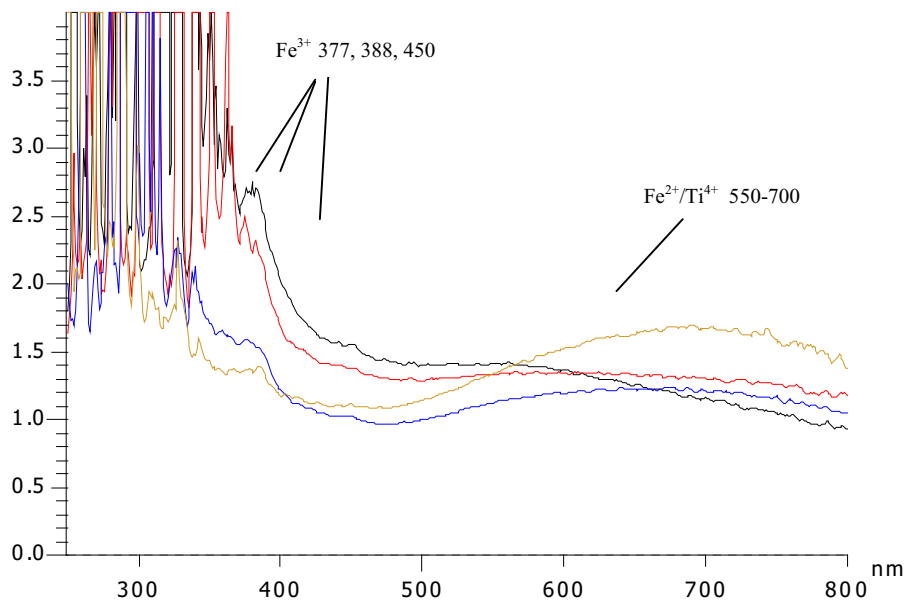
รูปที่ 183 Absorption spectrum ของแซปไฟร์แหล่ง Diego รหัสตัวอย่าง Dig(yc)005 เปรียบเทียบการดูดกลืนแสงของทิศทางตั้งฉากแกนแสงระหว่างก่อนเผา (—) เผาครั้งที่ 2 (—)



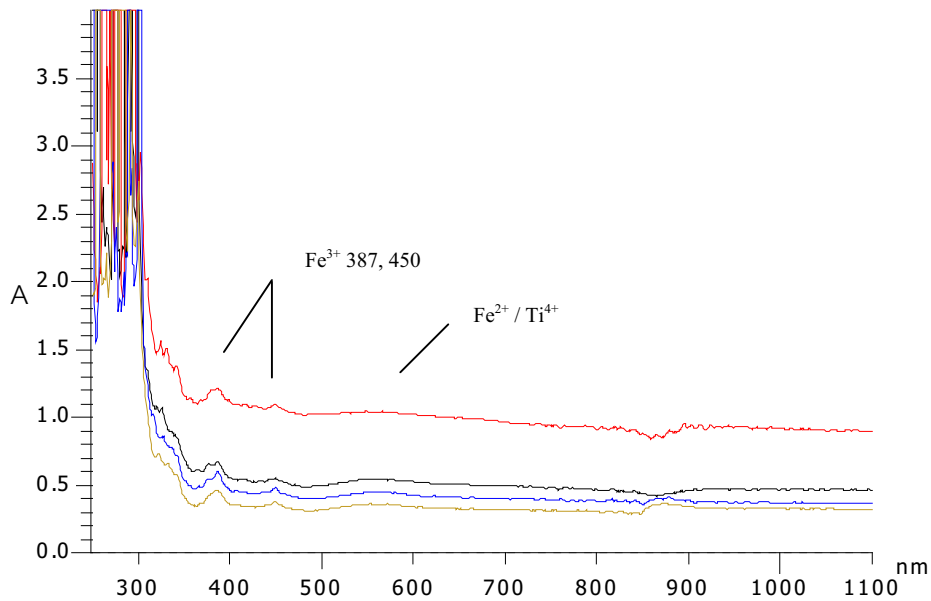
รูปที่ 184 Absorption spectrum ของแซปไฟร์แหล่ง Andranondambo รหัสตัวอย่าง Anb018 เปรียบเทียบการดูดกลืนแสงของทิศทางตั้งฉากแกนแสงระหว่างก่อนเผา (—) เผาครั้งที่ 2 (—)



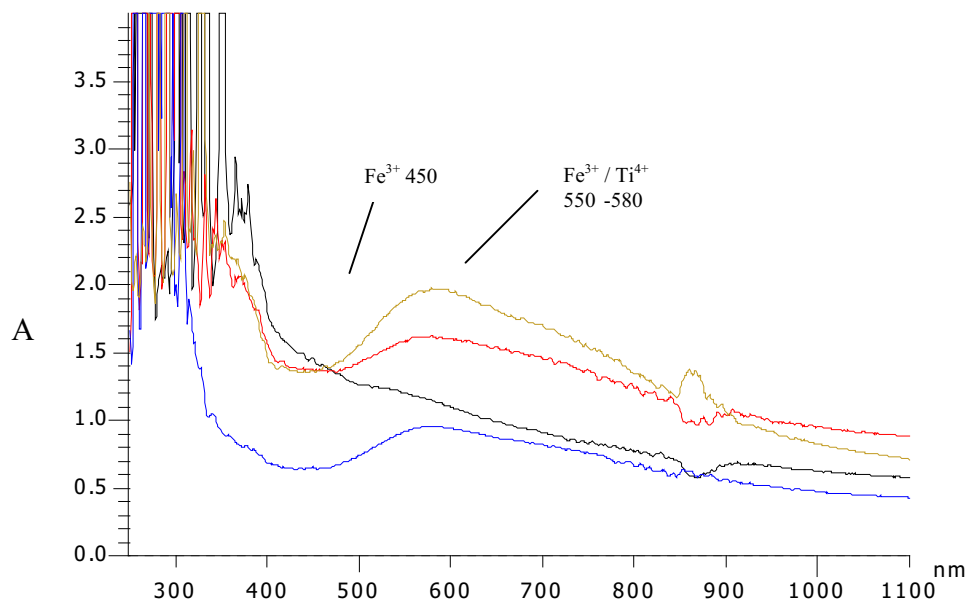
รูปที่ 185 แสดง Absorption spectrum ของเซปไฟร็กกลุ่มหว่าทอง รหัสตัวอย่าง IIk1-1-008 เปรียบเทียบระหว่างก่อนเผา (สีขาวขุ่น) (—) หลังเผาครั้งที่1 (ดูสีไม่ได้พลอยเคลือบด้วยเขม่า) (—) หลังเผาครั้งที่2 (สีฟ้าอ่อนหว่าไม่ขาด) (—) หลังเผาครั้งที่3 (สีน้ำเงินอ่อน) (—)



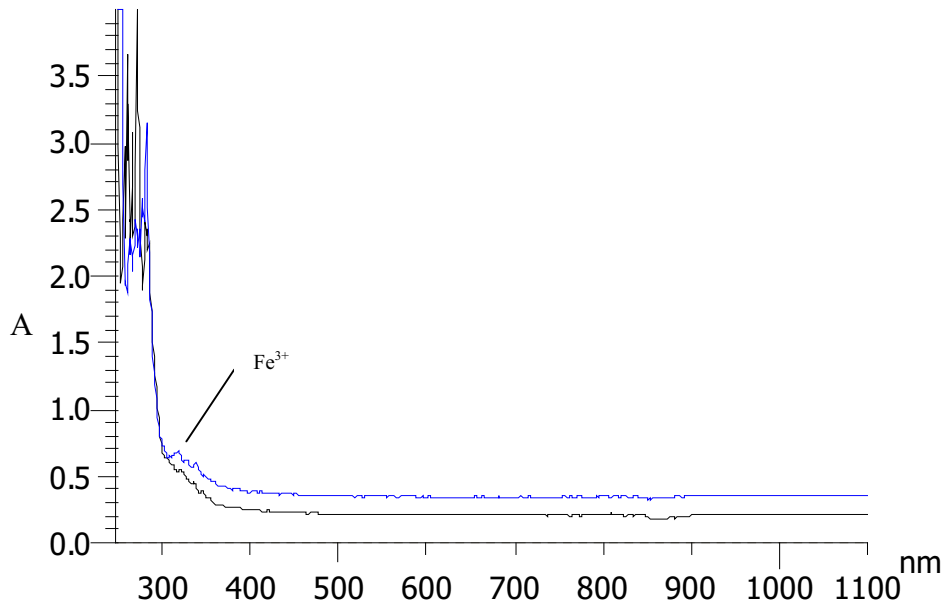
รูปที่ 186 แสดง Absorption spectrum ของเซปไฟร็กกลุ่มหว่าเข้ม รหัสตัวอย่าง IIk1-2-018 เปรียบเทียบระหว่างก่อนเผา (สีขาวขุ่น) (—) หลังเผาครั้งที่1 (ดูสีไม่ได้พลอยเคลือบด้วยเขม่า) (—) หลังเผาครั้งที่2 (สีน้ำเงินอ่อน) (—) หลังเผาครั้งที่3 (สีน้ำเงินเข้มขึ้น) (—)



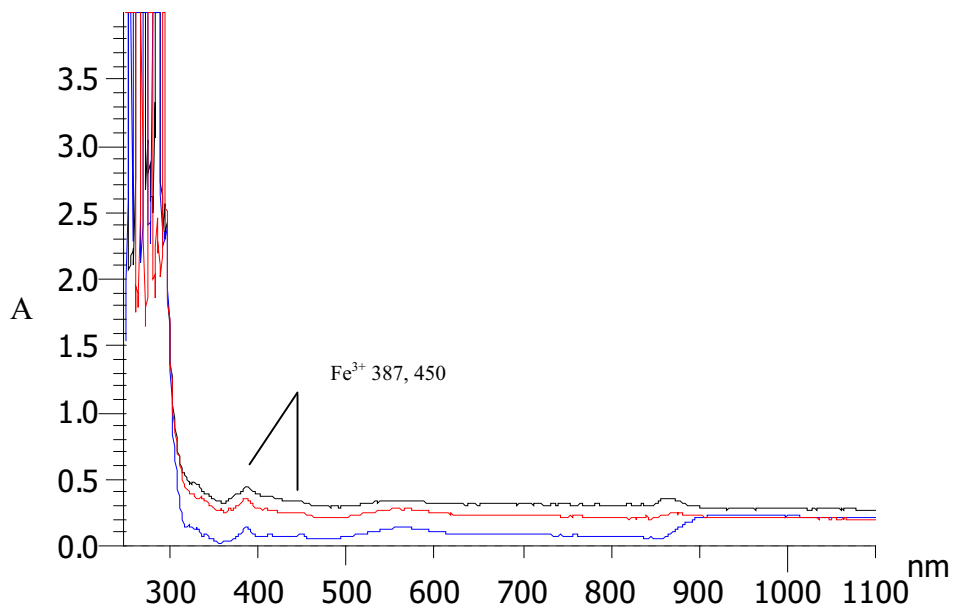
รูปที่ 187 Absorption spectrum ของเซปไฟร์แหล่ง Ilakaka รหัสตัวอย่าง Ilk1-3-001 เปรียบเทียบการดูดกลืนแสงของทิศทางตั้งฉากแกนแสงระหว่างก่อนเผา (—) เผาครั้งที่ 1 (—) เผาครั้งที่ 2 (—) เผาครั้งที่ 3 (—)



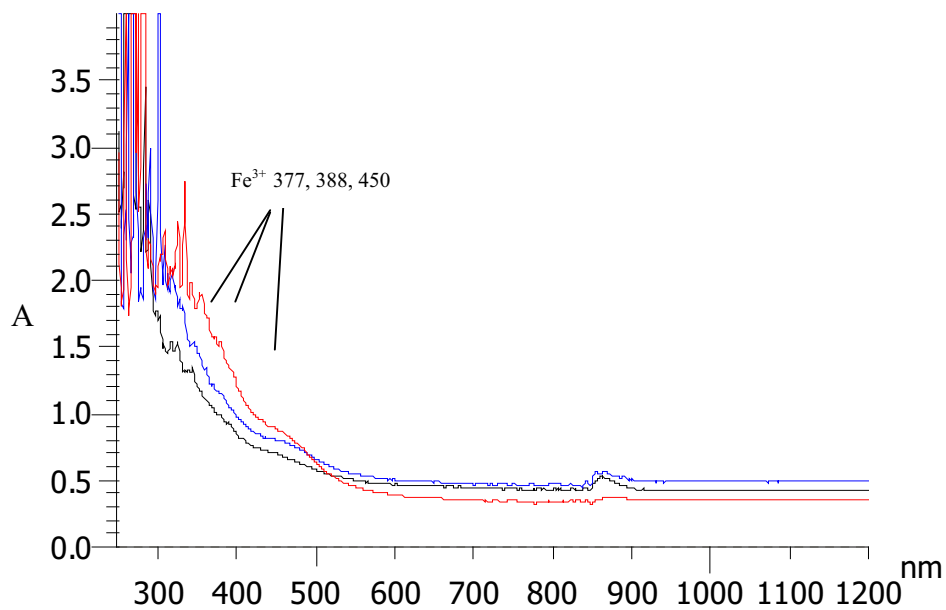
รูปที่ 188 Absorption spectrum ของเซปไฟร์แหล่ง Ilakaka รหัสตัวอย่าง Ilk1-4-001 เปรียบเทียบการดูดกลืนแสงของทิศทางตั้งฉากแกนแสงระหว่างก่อนเผา (—) เผาครั้งที่ 1 (—) เผาครั้งที่ 2 (—) เผาครั้งที่ 3 (—)



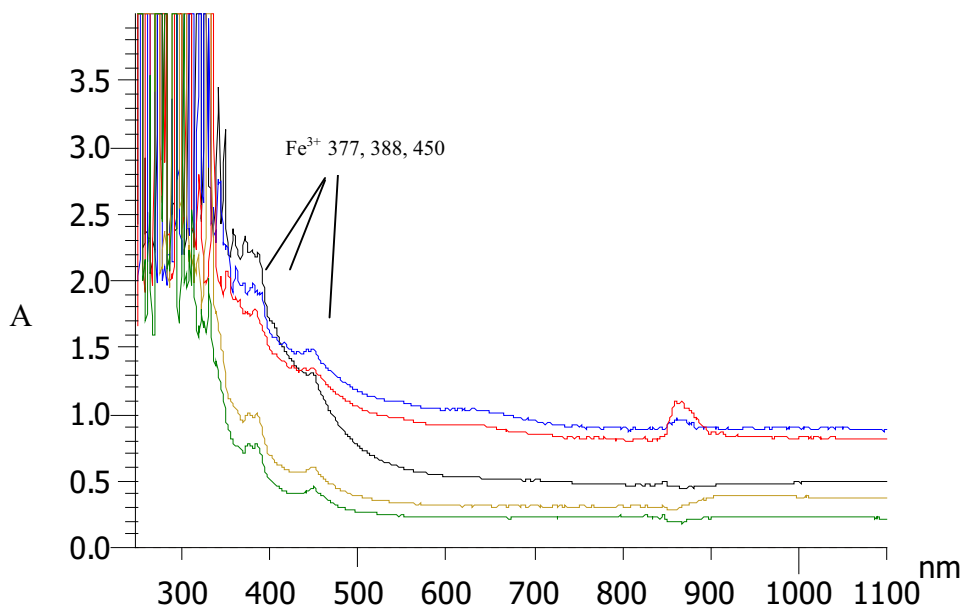
รูปที่ 189 Absorption spectrum ของแซปไฟร์แหล่ง Ilakaka รหัสตัวอย่าง Ilk2-1-001 เปรียบเทียบการดูดกลืนแสงของทิศทางตั้งฉากแกนแสงระหว่างก่อนเผา (—) เผาครั้งที่ 2 (—)



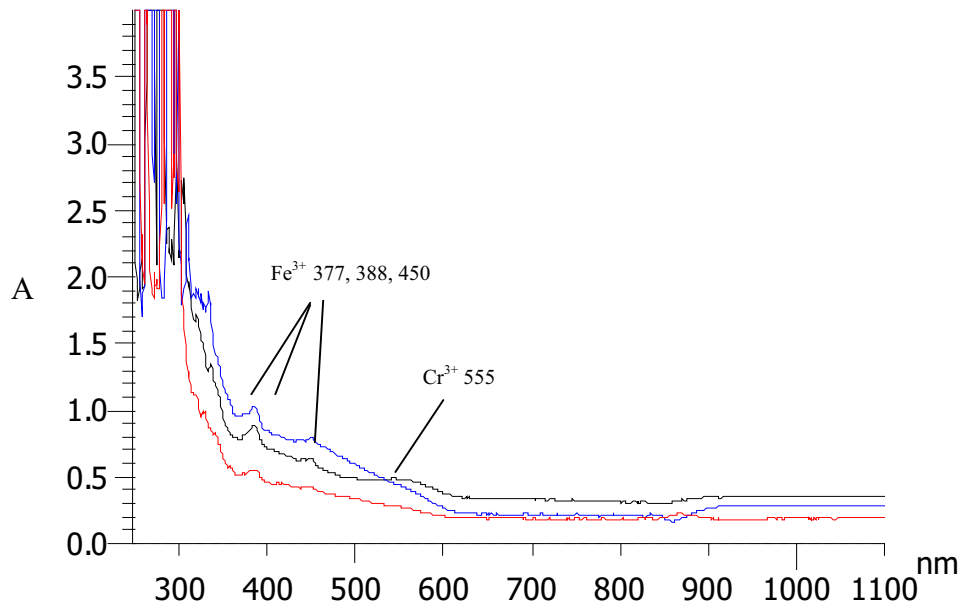
รูปที่ 190 Absorption spectrum ของแซปไฟร์แหล่ง Ilakaka รหัสตัวอย่าง Ilk (c) 001 เปรียบเทียบการดูดกลืนแสงของทิศทางตั้งฉากแกนแสงระหว่างก่อนเผา (—) เผาครั้งที่ 1 (—) เผาครั้งที่ 2 (—)



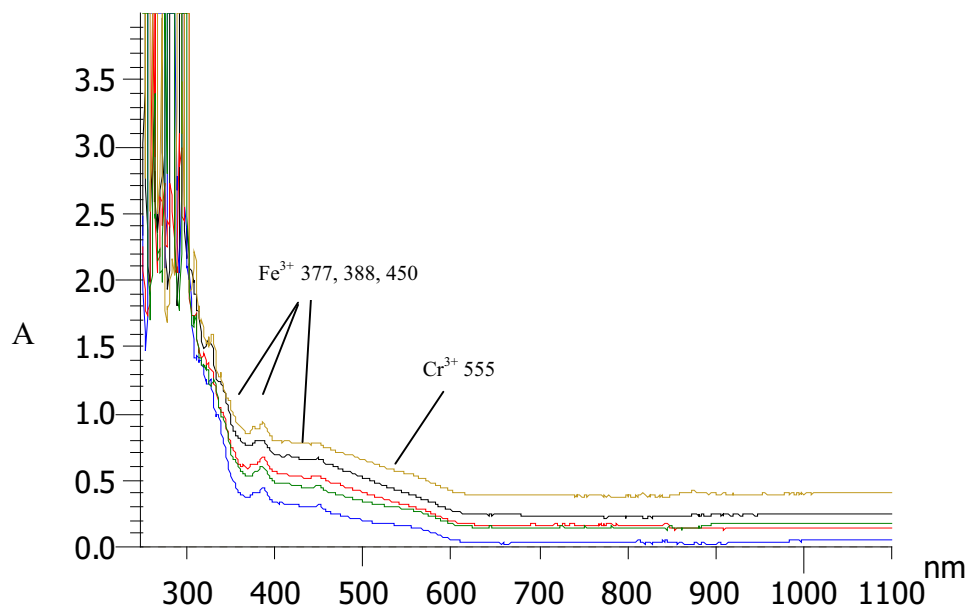
รูปที่ 191 Absorption spectrum ของเซปไฟร์แหล่ง Ilakaka รหัสตัวอย่าง IIk2-2-018 เปรียบเทียบการดูดกลืนแสงของทิศทางตั้งฉากแกนแสงระหว่างก่อนเผา (—) เผาครั้งที่ 1 (—) เผาครั้งที่ 2 (—)



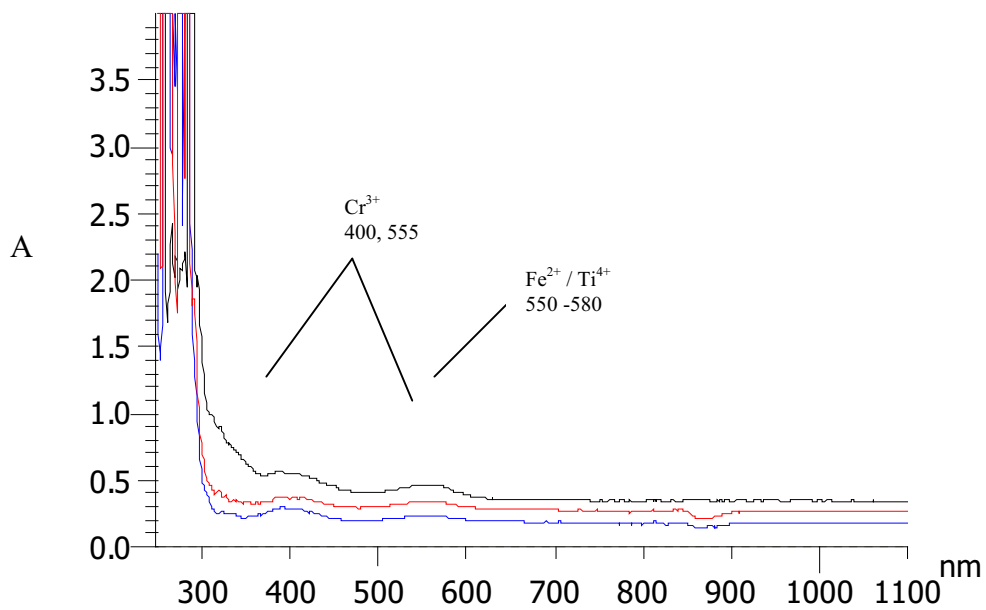
รูปที่ 192 Absorption spectrum ของเซปไฟร์แหล่ง Ilakaka รหัสตัวอย่าง IIk(y)008 เปรียบเทียบการดูดกลืนแสงของทิศทางตั้งฉากแกนแสงระหว่างก่อนเผา (—) เผาครั้งที่ 1 (—) เผาครั้งที่ 2 (—) เผาครั้งที่ 3 (—) เผาครั้งที่ 4 (—)



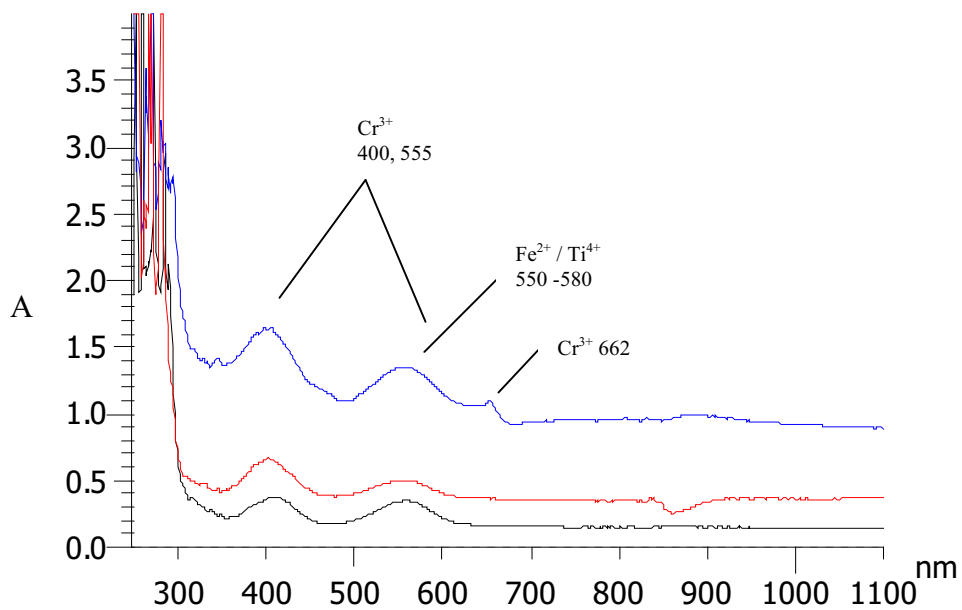
รูปที่ 193 Absorption spectrum ของแซปไฟร์แหล่ง Ilakaka รหัสตัวอย่าง Ilk2-3-014 เปรียบเทียบการดูดกลืนแสงของทิศทางตั้งฉากแกนแสงระหว่างก่อนเผา (—) เผาครั้งที่ 1 (—) เผาครั้งที่ 2 (—)



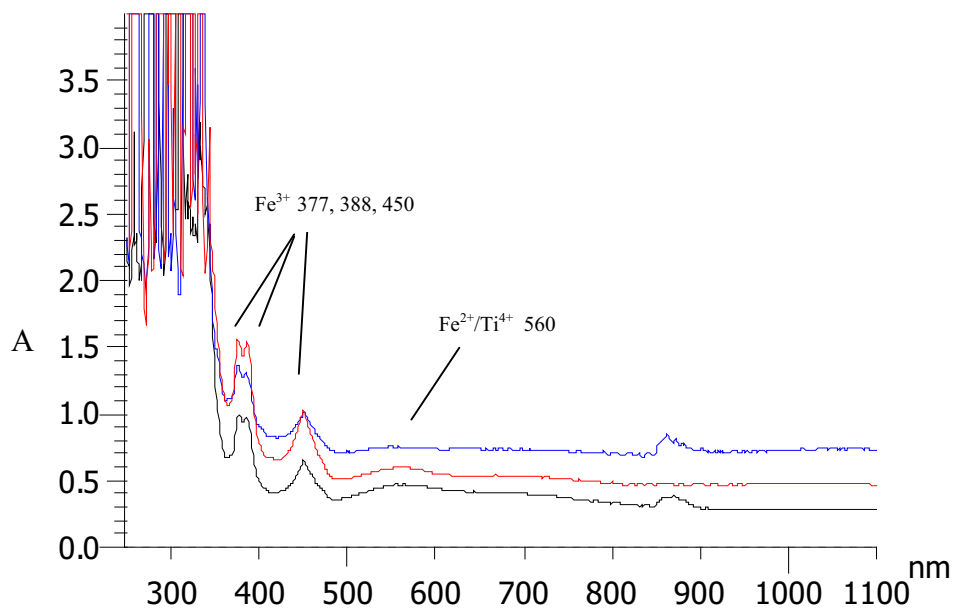
รูปที่ 194 Absorption spectrum ของแซปไฟร์แหล่ง Ilakaka รหัสตัวอย่าง Ilk(o)001 เปรียบเทียบการดูดกลืนแสงของทิศทางตั้งฉากแกนแสงระหว่างก่อนเผา (—) เผาครั้งที่ 1 (—) เผาครั้งที่ 2 (—) เผาครั้งที่ 3 (—) เผาครั้งที่ 4 (—)



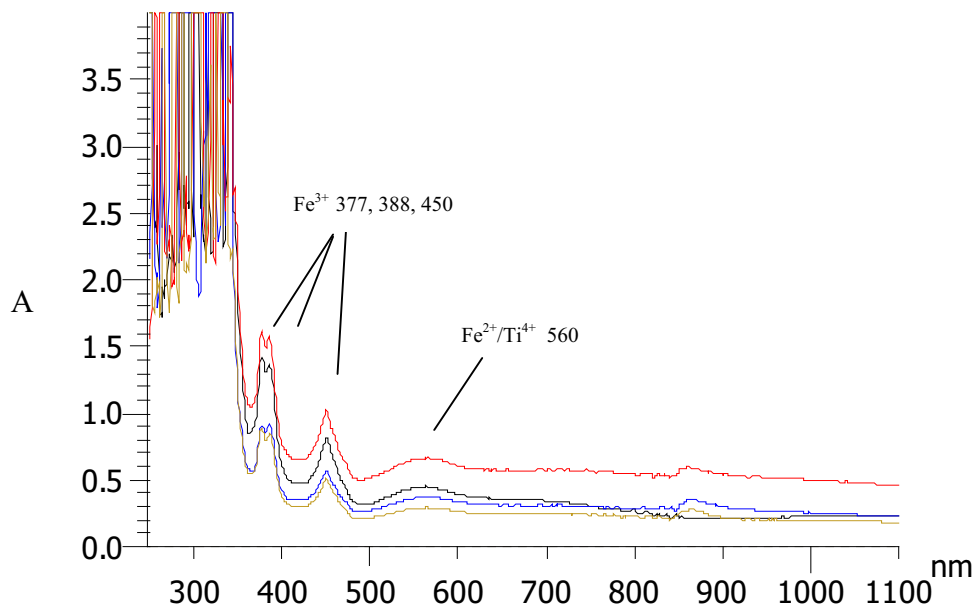
รูปที่ 195 Absorption spectrum ของเซปไฟร์แหล่ง Ilakaka รหัสตัวอย่าง Ilk2-4-006 เปรียบเทียบการดูดกลืนแสงของทิศทางตั้งฉากกับแกนแสงระหว่างก่อนเผา (—) เผาครั้งที่ 1 (—) เผาครั้งที่ 2 (—)



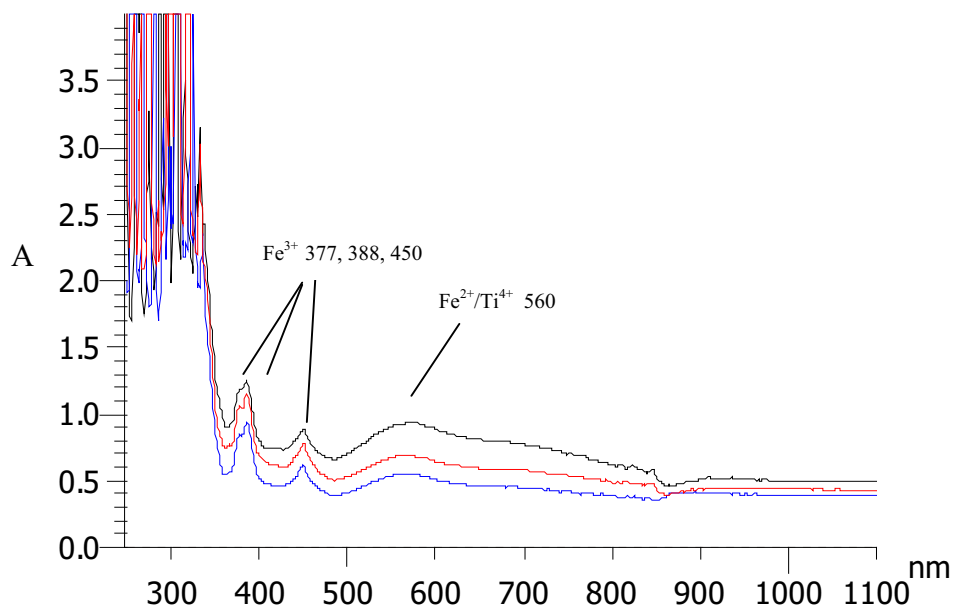
รูปที่ 196 Absorption spectrum ของเซปไฟร์แหล่ง Ilakaka รหัสตัวอย่าง Ilk(p)007 เปรียบเทียบการดูดกลืนแสงของทิศทางตั้งฉากกับแกนแสงระหว่างก่อนเผา (—) เผาครั้งที่ 1 (—) เผาครั้งที่ 2 (—)



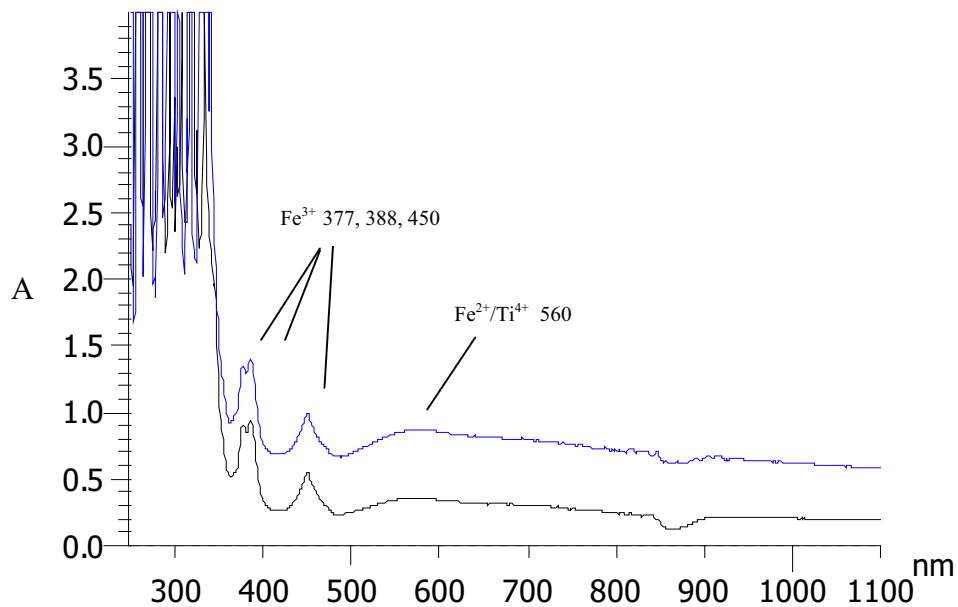
รูปที่ 197 Absorption spectrum ของเซปไฟร์แหล่ง Ilakaka รหัสตัวอย่าง Ilk2-5-010 เปรียบเทียบการดูดกลืนแสงของทิศทางตั้งฉากแกนแสงระหว่างก่อนเผา (—) เผาครั้งที่ 1 (—) เผาครั้งที่ 2 (—)



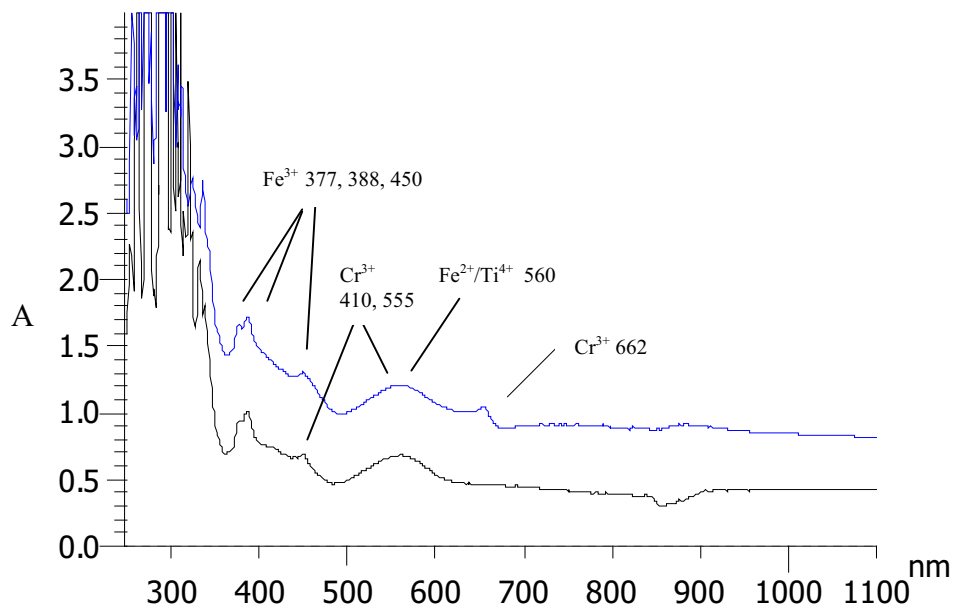
รูปที่ 198 Absorption spectrum ของเซปไฟร์แหล่ง Ilakaka รหัสตัวอย่าง Ilk(g)006 เปรียบเทียบการดูดกลืนแสงของทิศทางตั้งฉากแกนแสงระหว่างก่อนเผา (—) เผาครั้งที่ 1 (—) เผาครั้งที่ 2 (—) เผาครั้งที่ 3 (—)



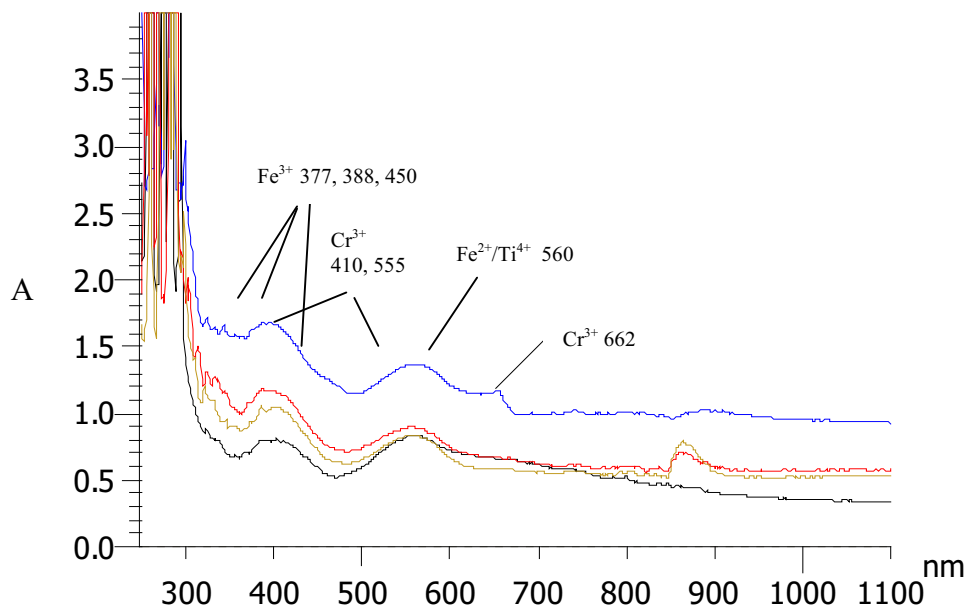
รูปที่ 199 Absorption spectrum ของแซปไฟร์แหล่งIlakaka รหัสตัวอย่าง Ilk2-6-001 เปรียบเทียบการดูดกลืนแสงของทิศทางตั้งฉากแกนแสงระหว่างก่อนเผา (—) เผาครั้งที่ 1 (—) เผาครั้งที่ 2 (—)



รูปที่ 200 Absorption spectrum ของแซปไฟร์แหล่งIlakaka รหัสตัวอย่าง Ilk(b)003 เปรียบเทียบการดูดกลืนแสงของทิศทางตั้งฉากแกนแสงระหว่างก่อนเผา (—) เผาครั้งที่ 2 (—)



รูปที่ 201 Absorption spectrum ของแซปไฟร์แหล่ง Ilakaka รหัสตัวอย่าง IIk2-7-006 เปรียบเทียบการดูดกลืนแสงของทิศทางตั้งฉากแกนแสงระหว่างก่อนเผา (—) เผาครั้งที่ 2 (—)



รูปที่ 202 Absorption spectrum ของแซปไฟร์แหล่ง Ilakaka รหัสตัวอย่าง IIk(v)012 เปรียบเทียบการดูดกลืนแสงของทิศทางตั้งฉากแกนแสงระหว่างก่อนเผา (—) เผาครั้งที่ 1 (—) เผาครั้งที่ 2 (—) เผาครั้งที่ 3 (—)

4. สรุปและวิจารณ์ผล

4.1 ภาพรวม

จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในวิธีการศึกษาแบบต่างๆ พร้อมผลสรุปบางส่วนจากการศึกษานั้นๆ แสดงรวมในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 จำนวนตัวอย่าง วิธีการศึกษา และสรุปผลการศึกษาบางส่วนของโครงการวิจัย

แหล่งตัวอย่าง		Andilamena	Vatomandry	Diego Suarez	Andranondambo	Ilakaka
ชนิดของพลอย		ทับทิม	ทับทิม	แซปไฟร์สีน้ำเงิน-เขียว-เหลือง	แซปไฟร์สีน้ำเงิน	แซปไฟร์หลากสี
จำนวน (เม็ด)		368	93	99	48	5242
น้ำหนัก (กรัม)		369.023	66.346	118.368	27.685	5961.17
ตัวอย่างที่นำไปศึกษาสมบัติพื้นฐานทางอัญมณีวิทยา		302	93	99	48	มีหมา 56 ไม่มีหมา 205
ถ.พ.		3.930 – 4.103	3.894 – 4.096	3.960 – 4.065	3.825 – 4.070	3.811 – 4.037
R.I.	n_c	1.759 – 1.765	1.761 – 1.763	1.759 – 1.769	1.760 – 1.763	1.759 – 1.764
	n_w	1.768 – 1.774	1.769 – 1.771	1.767 – 1.779	1.768 – 1.771	1.767 – 1.772
การเรืองแสง UV*	คลื่นสั้น	+	+	-	-	-
	คลื่นยาว	+	+	-	-	±
กำเนิดของพลอย (จาก literature)		basaltic (?)	basaltic (?)	basaltic	pegmatitic (?) or metasomatic (?)	metamorphic
ตัวอย่างที่วัด absorption spectrum		302	93	99	48	มีหมา 56 ไม่มีหมา 205
ตัวอย่างที่วิเคราะห์เคมี		32	8	34	14	22 91
ตัวอย่างที่ศึกษามลทิน		34	11	7	8	5 21
ตัวอย่างที่ทดลองเผา		91	26	36	15	21 105

หมายเหตุ * + = เรืองแสง, - = ไม่เรืองแสง, ± = บางตัวอย่างเรืองแสง บางตัวอย่างไม่เรืองแสง

4.2 ผลการศึกษาสมบัติพื้นฐานทางอัญมณีวิทยาของตัวอย่างพลอย

พลอยตระกูลคอรันดัมจากแหล่งต่างๆ ของมาดากัสการ์ มีค่าสมบัติพื้นฐานทางอัญมณีวิทยาอยู่ในช่วงปกติของพลอยคอรันดัมทั่วไป โดยค่าความถ่วงจำเพาะต่ำสุด = 3.811 เป็นของแซปไฟร์จากแหล่ง Ilakaka และสูงสุด = 4.103 เป็นของทับทิมจากแหล่ง Andilamena มีค่าดัชนีหักเหของแสงต่ำสุด : $n_c = 1.759$ เป็นของทับทิมจากแหล่ง Andilamena และแซปไฟร์จากแหล่ง Diego Suarez และ Ilakaka ค่าดัชนีหักเหของแสงสูงสุด : $n_o = 1.779$ เป็นของแซปไฟร์จากแหล่ง Diego Suarez

4.3 ผลการศึกษามลทินในเนื้อพลอย

มลทินที่พบเสมอในพลอยจากทุกแหล่งคือ zircon รองลงมาคือ rutile เนื่องจากจำนวนตัวอย่างทับทิมจากแหล่ง Andilamena ที่นำมาศึกษาแร่มลทินสูงกว่าตัวอย่างจากแหล่งอื่นๆ จึงดูเหมือนว่า ทับทิมจาก Andilamena มีแร่มลทินหลากหลายชนิดที่สุด แต่ถ้าพิจารณาประกอบกับการศึกษาอื่นที่มีการตีพิมพ์เผยแพร่ แซปไฟร์จากแหล่ง Andranondambo น่าจะมีความหลากหลายของแร่มลทินใกล้เคียงกัน

การศึกษาตัวอย่างพลอยภายใต้กล้องจุลทรรศน์อัญมณี เพื่อตรวจสอบลักษณะภายในเนื้อพลอยสรุปแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 สรุปผลการตรวจสอบลักษณะภายในเนื้อพลอยด้วยกล้องจุลทรรศน์

แหล่ง	จำนวนตัวอย่างพลอย			
	จำนวนตัวอย่างรวม	ตัวอย่างที่มีมลทิน	ตัวอย่างที่สะอาดไม่มีมลทิน	ตัวอย่างที่มีรอยแตกร้าว
Andilamena	246	135 (55%)	111 (45%)	72 (30%)
Vatomandry	85	75 (88%)	10 (12%)	13 (15%)
Diego Suarez	99	72 (73%)	27 (27%)	50 (50%)
Andranondambo	48	32 (62%)	16 (33%)	9 (19%)
ไม่มีหม่า	115	80 (70%)	35 (30%)	10 (8%)
Ilakaka	มีหม่า	56	56 (100%)	0 (0%)

จะเห็นได้ว่า หากไม่นับแซปไฟร์จากแหล่ง Ilakaka กลุ่มที่มีหม่า ซึ่งถือว่าหม่าคือมลทินที่มีอยู่ในเนื้อพลอย แต่ขนาดเล็กมาก เมื่อเปรียบเทียบพลอยจากแหล่งต่างๆ สัดส่วนของพลอยที่มีมลทินสูงสุดคือทับทิมจากแหล่ง Vatomandry ในขณะที่ทับทิมจากแหล่ง Andilamena สะอาดที่สุด (มีมลทินเป็นสัดส่วนน้อยที่สุด) สำหรับร่องรอยแตกร้าวในเนื้อพลอย ปรากฏว่า แซปไฟร์จากแหล่ง Diego Suarez มีสัดส่วนสูงสุด คือประมาณ 50% ที่มีรอยแตกร้าวน้อยที่สุดคือ แซปไฟร์จากแหล่ง Ilakaka ซึ่งหากพิจารณาจากกระบวนการสะสมตัวของพลอยจากแหล่ง Ilakaka ที่เกิดแบบ palaeo-placer deposits และต่อมา สะสม

ตัวใหม่แบบ placer deposit อีกครั้ง ก็จะสอดคล้องกับผลการตรวจสอบลักษณะแร่ขาวภายในเนื้อพลอยที่มีสัดส่วนต่ำ เพราะระหว่างสะสมตัว รอยร้าวที่มีอยู่จะทำให้พลอยแตกออกเป็นชิ้นเล็กๆ ที่เหลืออยู่จึงมีเพียงพลอยที่แตกรำน้อยเท่านั้น

4.4 ผลการศึกษา absorption spectrum

การศึกษา absorption spectrum ของตัวอย่างพลอยคอร์นคัม โดยเทคนิค UV-Vis-NIR spectrophotometry ดำเนินการตรวจวัดในตัวอย่างพลอยทั้งก่อนและหลังการทดลองเผา เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการเผา

ลักษณะ/รูปแบบ absorption spectrum ของตัวอย่างพลอยก่อนเผา ปรากฏว่า spectrum ของทับทิมจากแหล่ง Andilamena และ Vatomandry มีรูปแบบคล้ายคลึงกัน กล่าวคือ แสดง absorption bands ของ Cr^{3+} ที่ตำแหน่ง 410 และ 555 nm และมักแสดง peaks ของ Fe^{3+} ที่ตำแหน่งประมาณ 377, 387 และ 450 nm ด้วย

แซปไฟร์จากแหล่ง Diego Suarez แสดง peaks ของ Fe^{3+} แสดง $\text{Fe}^{2+}/\text{Ti}^{4+}$ IVCT band ที่ตำแหน่งประมาณ 560 nm และ $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ IVCT band ที่ประมาณ 850-880 nm ส่วนแซปไฟร์จากแหล่ง Andranondambo แสดงรูปแบบ spectrum คล้ายคลึงกัน แต่ไม่มี IVCT band ของ $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$

แซปไฟร์จากแหล่ง Ilakaka แสดงรูปแบบ spectrum ที่แตกต่างกันไป ตามสีหลักของตัวอย่างพลอย แต่เนื่องจากตัวอย่างพลอยส่วนใหญ่มีสีค่อนข้างอ่อน intensity ของ absorption จึงค่อนข้างต่ำ

การตรวจวัด absorption spectrum ของตัวอย่างพลอยหลังเผา หากมีการเปลี่ยนสี และ/หรือ ความใส จะเห็นความแตกต่างของ spectrum ที่ชัดเจน ใช้เป็นเครื่องบ่งบอกความเปลี่ยนแปลงระหว่างตัวอย่างพลอยก่อนและหลังเผาได้ดี

4.5 ผลการศึกษาคู่ประกอบทางเคมี

การศึกษาคู่ประกอบทางเคมีของตัวอย่างพลอย* โดยเฉพาะปริมาณธาตุร่องรอย ได้แก่ Ti, V, Cr, Fe และ Ga ใช้ผลวิเคราะห์ที่ได้จากเทคนิค electron probe microanalysis เป็นสำคัญ เพราะให้ผลที่แม่นยำกว่าเทคนิควิเคราะห์อื่นๆ เช่น ED-XRF หรือ PIXE แม้ว่า detection limit ของ PIXE อาจต่ำกว่าสำหรับธาตุบางธาตุที่วิเคราะห์ สำหรับตัวอย่างที่มี heterogeneity สูงเช่นตัวอย่างพลอยโดยทั่วไป เทคนิค EPMA เหมาะสมกว่า เพราะพื้นที่ที่ตรวจวัดมีขนาดเล็กมาก (ประมาณ 1 ไมครอน) ในขณะที่เทคนิค

หมายเหตุ ในการวิเคราะห์ได้ตรวจวัดปริมาณของ Al, Si และ Mg ด้วย แต่เนื่องจากไม่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีในพลอยตามหลักการที่เกี่ยวข้องในโครงการวิจัยนี้ จึงไม่นำมาพิจารณาด้วย

ED-XRF และ PIXE ตรวจวัดพื้นที่ประมาณ 2 ตารางมิลลิเมตร ซึ่งเหมาะสำหรับตัวอย่างที่ค่อนข้าง homogeneous ข้อดีของเทคนิค EPMA คือสามารถวิเคราะห์ความแตกต่างของบริเวณที่แสดงลักษณะกายภาพต่างกัน เช่น การกระจายตัวของสีหรือหมาในเนื้อพลอย เป็นต้น แต่ข้อเสียคือ ต้องใช้จุลวิเคราะห์จำนวนมากเพื่อหาค่าเฉลี่ยค่าความเข้มข้นของธาตุต่างๆ ในตัวอย่าง

การวิเคราะห์ ดำเนินการตรวจวัดในตัวอย่างพลอยทั้งก่อนและหลังการทดลองเผา ซึ่งปรากฏว่าปริมาณธาตุร่องรอยที่วัดในตัวอย่างพลอยก่อนและหลังเผา ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการศึกษาปริมาณธาตุร่องรอยในตัวอย่างพลอยคอร์ันดัมแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยปริมาณ oxide ของธาตุร่องรอยในคอร์ันดัมจากแหล่งต่างๆ ของมาดากัสการ์ (คิดรวมผลวิเคราะห์ทั้งก่อนและหลังเผา)

แหล่งพลอย	จำนวนจุลวิเคราะห์	(wt%)				
		TiO ₂	V ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	FeO	Ga ₂ O ₃
Andilamena	234	0.0299	0.0203	0.6138	0.3841	0.0111
Vatomandry	29	0.0127	0.0266	0.3988	0.2274	0.0102
Diego Suarez	496	0.0627	0.0126	0.0091	0.7867	0.0348
Andranondambo	191	0.0494	0.0125	0.0091	0.3905	0.0176
Ilakaka (มีหมา)	532	0.0945	0.0175	0.0136	0.0934	0.0159
Ilakaka (ไม่มีหมา)	320	0.0233	0.0155	0.0323	0.2395	0.0184
Ilakaka (รวม)	852	0.0748	0.0169	0.0242	0.1483	0.0168

สรุปได้ว่า สำหรับ Ti แหล่งที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (0.0748 wt%) คือ Ilakaka โดยเฉพาะกลุ่มที่มีหมา มีค่าเฉลี่ยสูงถึง 0.0945 wt% TiO₂ ส่วนแหล่งที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (0.0127 wt%) คือ Vatomandry

สำหรับ V แหล่งที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (0.0266 wt%) คือ Vatomandry ส่วนแหล่งที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (0.0125 wt%) คือ Andilamena

สำหรับ Cr แหล่งที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (0.6138 wt%) คือ Andilamena ส่วนแหล่งที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (0.0091 wt%) คือ Diego Suarez และ Andranondambo

สำหรับ Fe แหล่งที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (0.7867 wt%) คือ Diego Suarez ส่วนแหล่งที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (0.1483 wt%) คือ Ilakaka โดยเฉพาะกลุ่มที่มีหว่า มีค่าเฉลี่ยต่ำถึง 0.0934 wt% FeO

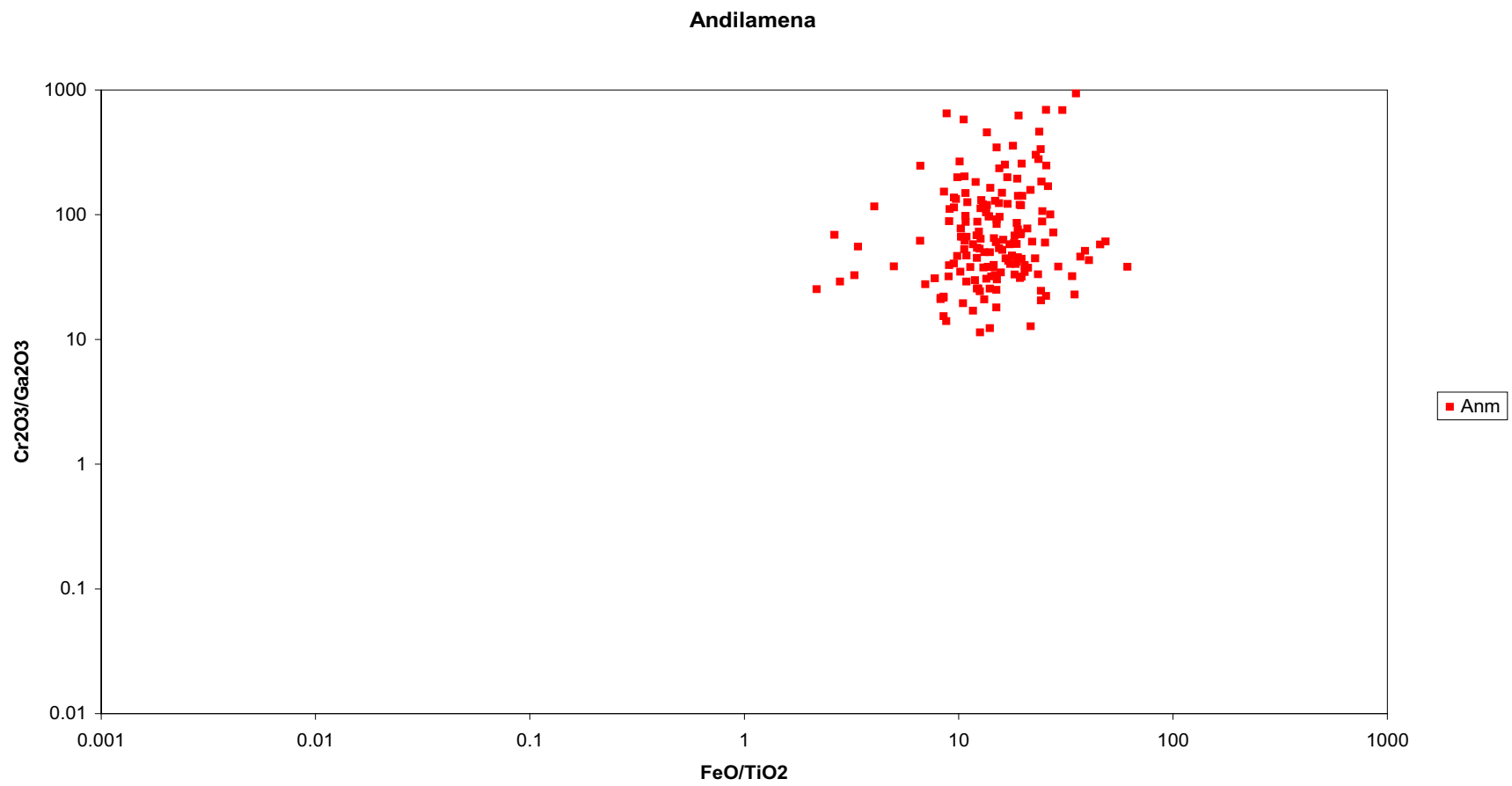
สำหรับ Ga แหล่งที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (0.0348 wt%) คือ Diego Suarez ส่วนแหล่งที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (0.0102 wt%) คือ Vatomandry

ปริมาณธาตุร่องรอยดังกล่าว เมื่อนำมา plot ลงใน variation diagrams ทำให้เห็นความแตกต่างของพลอยแต่ละแหล่งได้ชัดเจน (รูปที่ 203 ถึง 209)

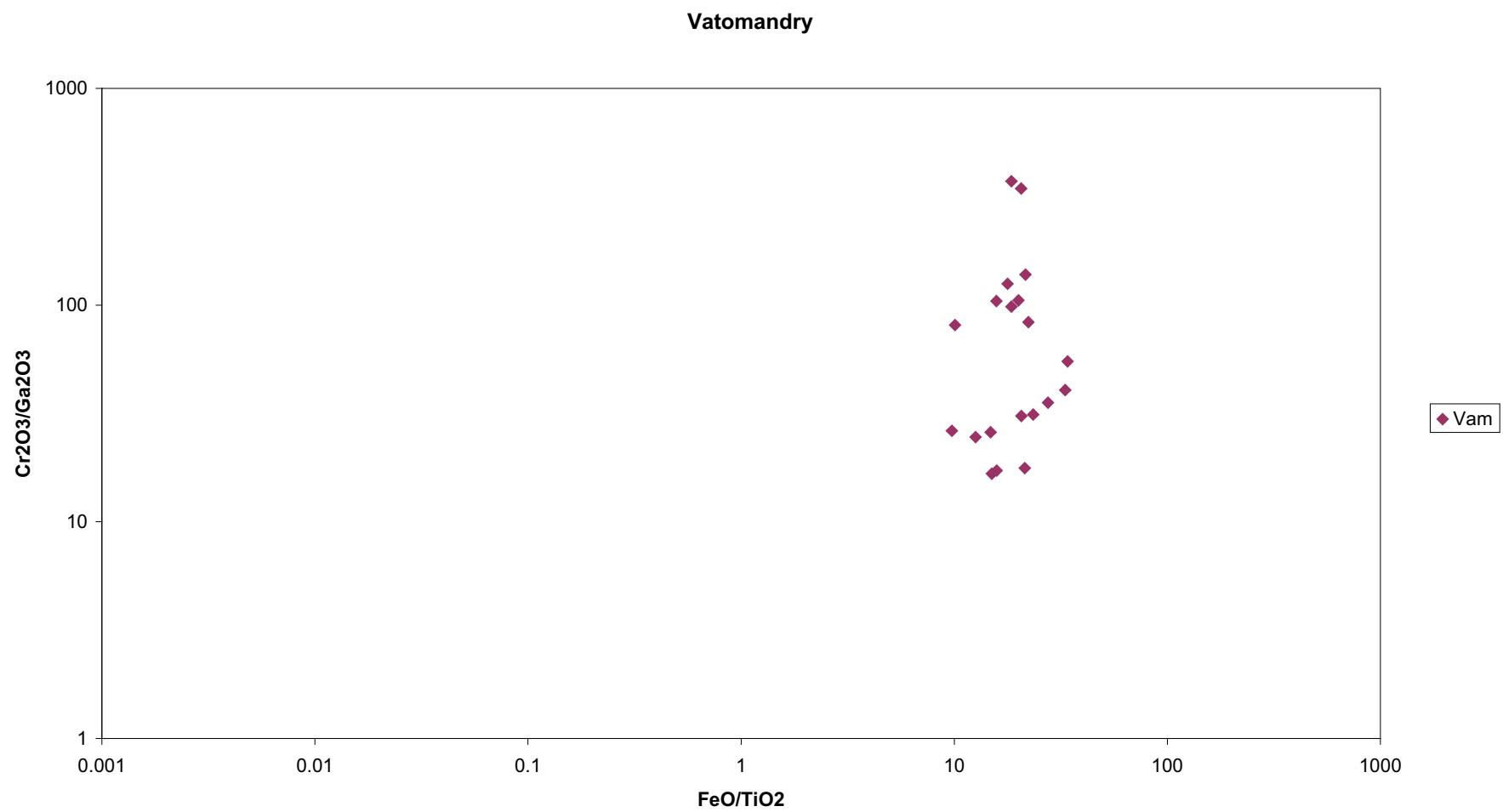
รูปที่ 210 แสดงความสัมพันธ์ของสปีพลอยคอร์นดัม (ก่อนและหลังการทดลองเผา) กับธาตุ Cr, Fe และ Ti

4.6 การเปรียบเทียบลักษณะปรากฏทางกายภาพของพลอยกับสมบัติทางกายภาพ ทางแสงและทางเคมีที่ตรวจวัดได้โดยเครื่องมือวิทยาศาสตร์

ลักษณะปรากฏทางกายภาพ (physical appearance) ของพลอย หมายถึง ลักษณะสมบัติ (characteristics) ของพลอยก้อนหรือพลอยดิบที่ผู้ประกอบการหรือพ่อค้าพลอยใช้เป็นข้อบ่งชี้สำหรับการตัดสินใจเลือกซื้อ และกำหนดราคาพลอย การตรวจสอบลักษณะสมบัติเหล่านี้ ตามปกติผู้ประกอบการไม่มีโอกาสใช้เครื่องมือ/อุปกรณ์ขั้นสูงใดๆ นอกจากแว่นขยาย (loupe) (รูปที่ 211) หรือแว่นขยายชนิดสวมหัว (รูปที่ 212) และกระบอกไฟฉายสำหรับส่องดูภายในเนื้อพลอย (รูปที่ 213) โดยอาศัยประสบการณ์ (โดยเฉพาะบทเรียนที่ตนเคยประเมินค่าของพลอยผิดพลาดในอดีต) ประกอบกับไหวพริบและความช่างสังเกตของแต่ละบุคคล เป็นเครื่องช่วยตัดสินใจว่า พลอยก้อน/พลอยดิบที่ตรวจดูนั้น สมควรลงทุนซื้อหรือไม่? มีโอกาส/ศักยภาพที่จะนำไปเผาเพิ่มคุณภาพได้หรือไม่? ถ้าจะซื้อควรให้ราคาอย่างไร? ความสามารถของผู้ประกอบการแต่ละคนในการประเมินค่าคุณภาพและราคาของพลอยก้อน/พลอยดิบ จัดเป็นความสามารถเฉพาะบุคคลที่ผ่านการฝึกฝน ถ่ายทอด และมีโอกาสได้พบเห็นมามาก สิ่งที่รวบรวมนำเสนอในรายงานนี้ เป็นเพียงข้อมูลที่ได้รับถ่ายทอดจากที่ปรึกษาโครงการวิจัย (คุณประจักษ์ อังคะหิรัญ และคุณอนุภาพ ชินอุดมวงษ์) บางส่วนเท่านั้น โดยพยายามผูกโยงลักษณะปรากฏทางกายภาพต่างๆ ที่เชื่อว่าผู้ประกอบการใช้ในการตรวจดูพลอยกับสิ่งที่ตรวจวัดโดยเครื่องมือวิทยาศาสตร์ได้เท่านั้น

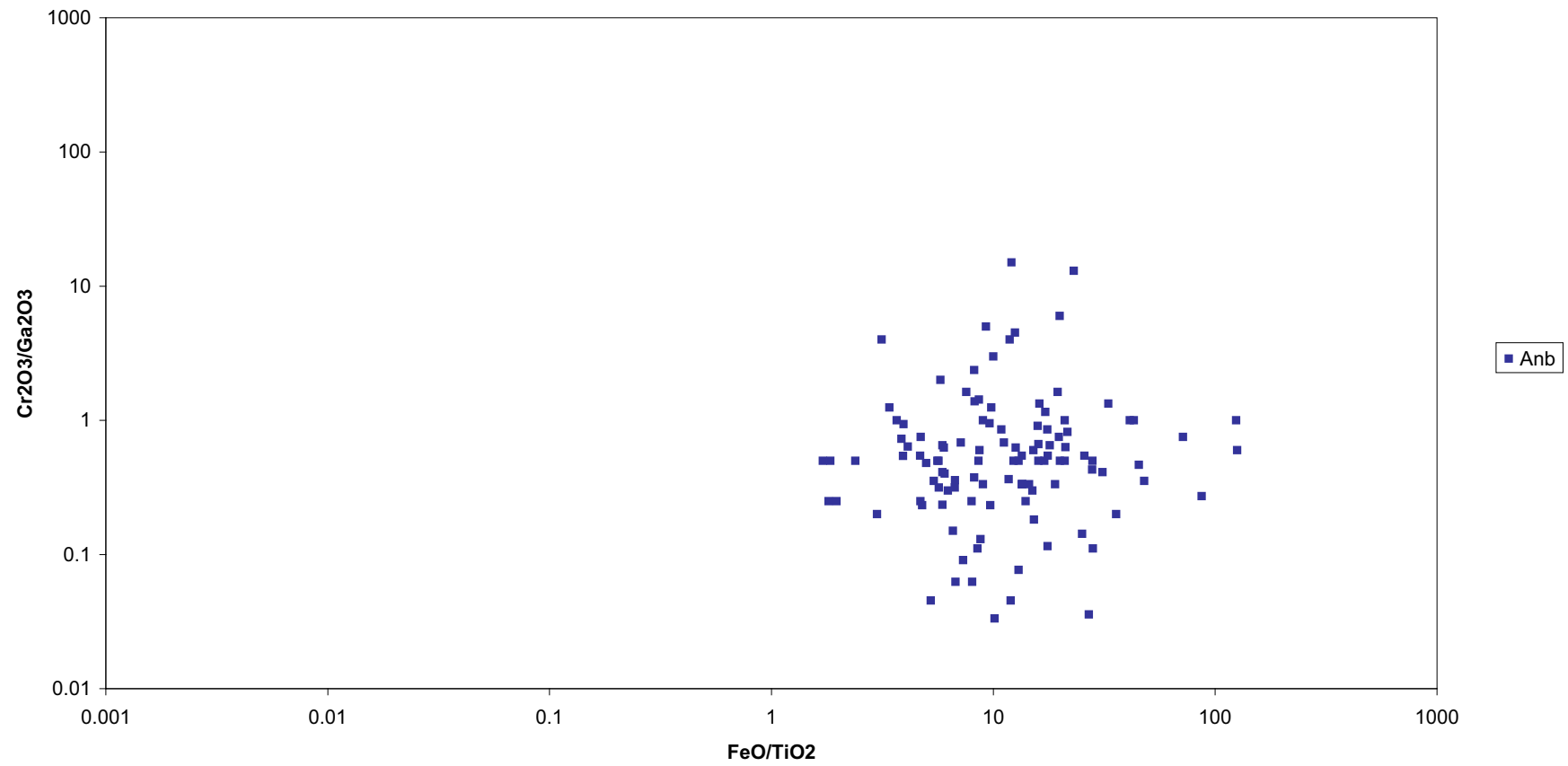


รูปที่ 203 Cr₂O₃ / Ga₂O₃ vs FeO / TiO₂ ของทับทิมแหล่ง Andilamena



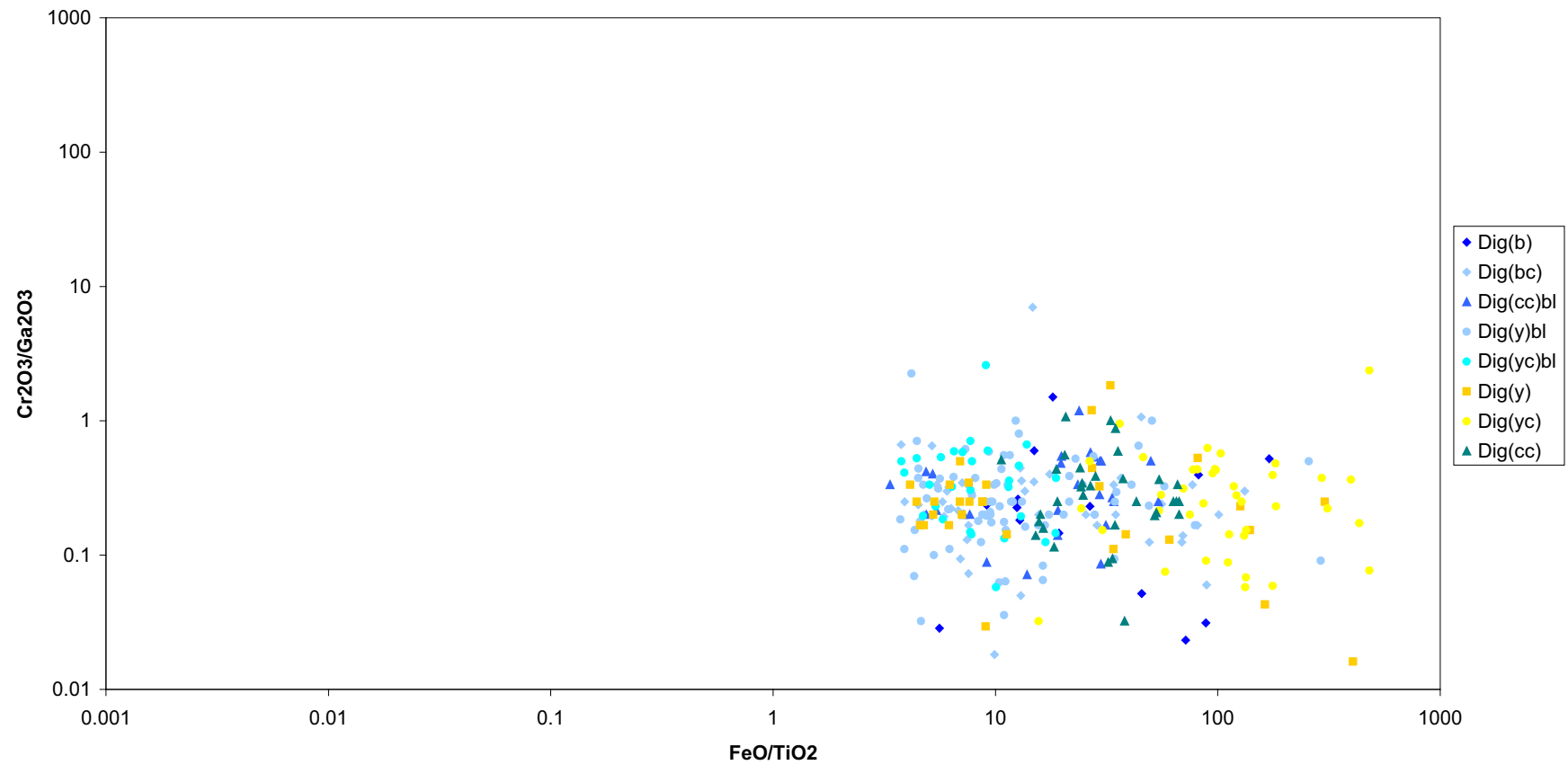
รูปที่ 204 Cr₂O₃ / Ga₂O₃ vs FeO / TiO₂ ของทับทิมแหล่ง Vatomandry

Andranondambo

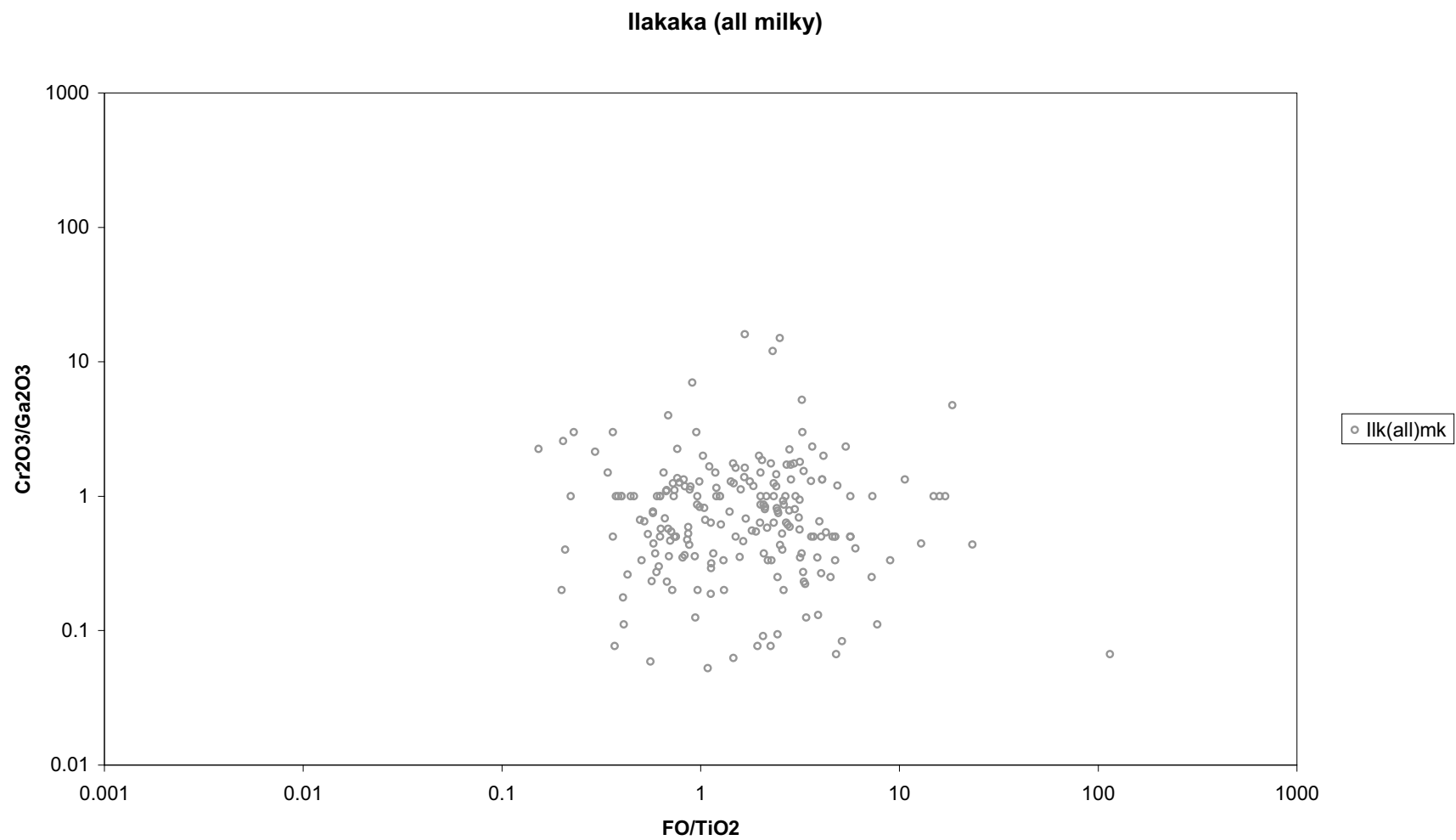


รูปที่ 205 $\text{Cr}_2\text{O}_3 / \text{Ga}_2\text{O}_3$ vs $\text{FeO} / \text{TiO}_2$ ของแซปไฟร์แหล่ง Andranondambo

Diego

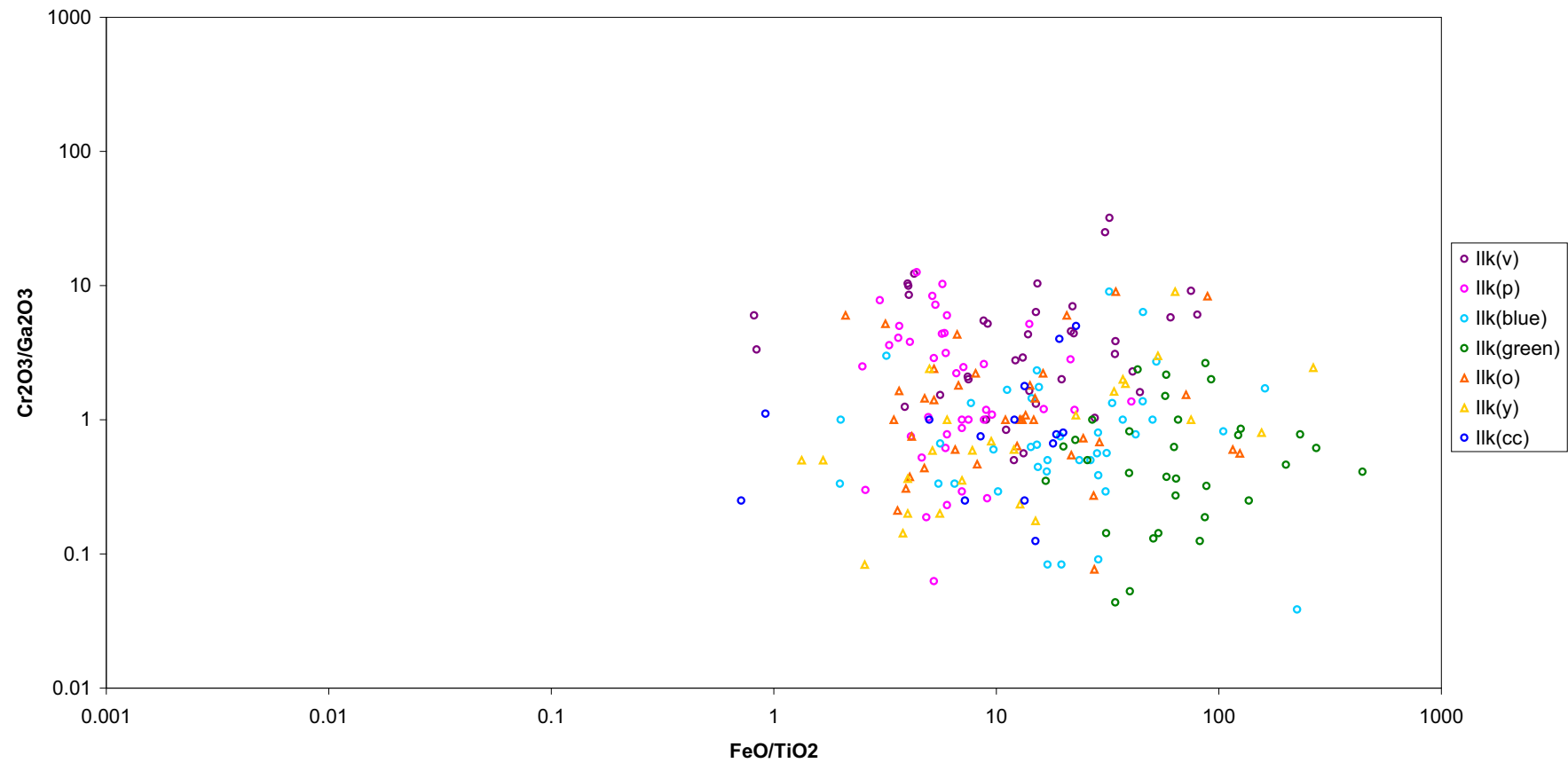


รูปที่ 206 $\text{Cr}_2\text{O}_3 / \text{Ga}_2\text{O}_3$ vs $\text{FeO} / \text{TiO}_2$ ของแซปไฟร์แหล่ง Diego

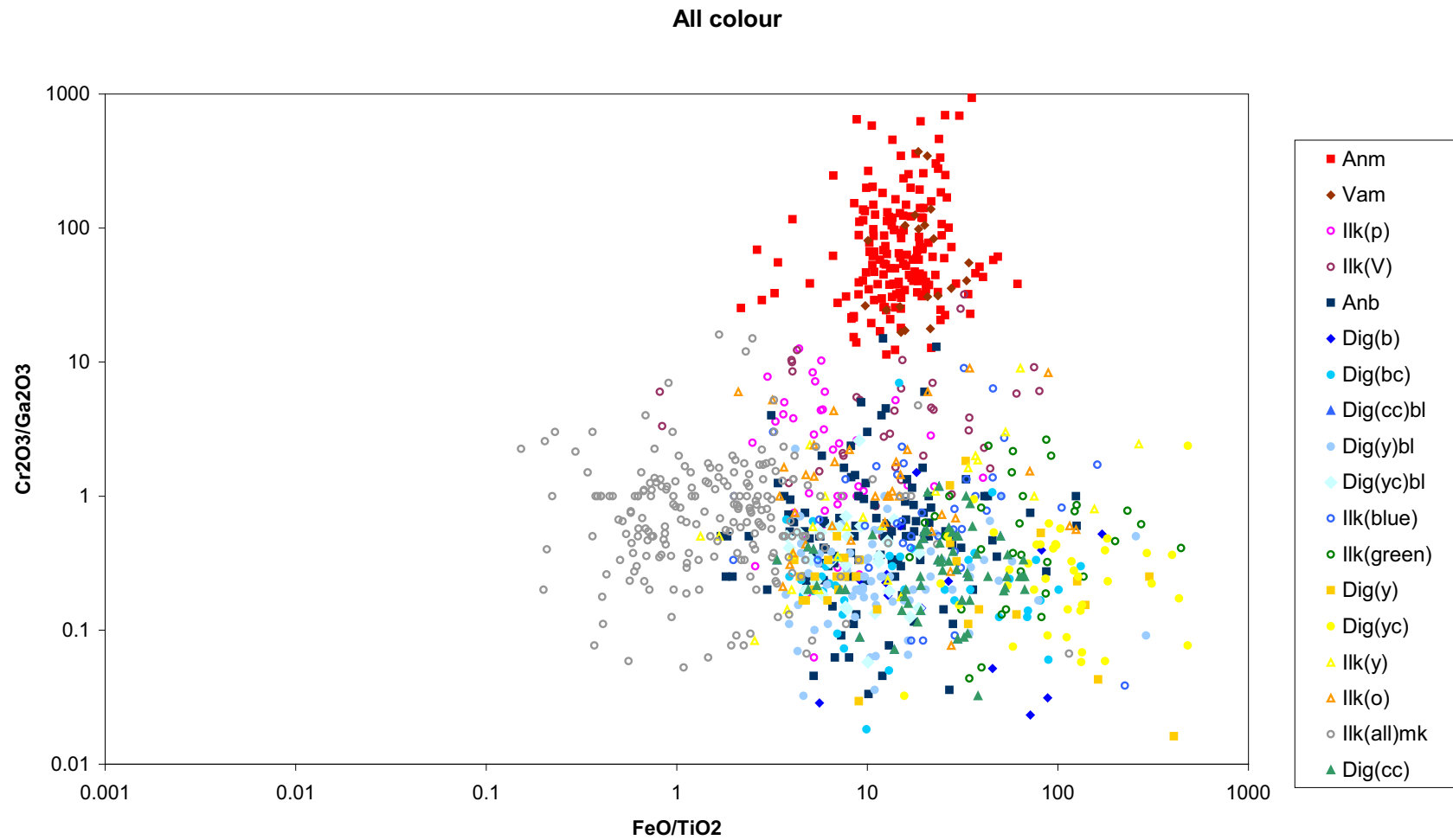


รูปที่ 207 Cr_2O_3 / Ga_2O_3 vs FeO / TiO_2 ของเซปไฟรกลุ่มหน้าแหล่ง Ilakaka

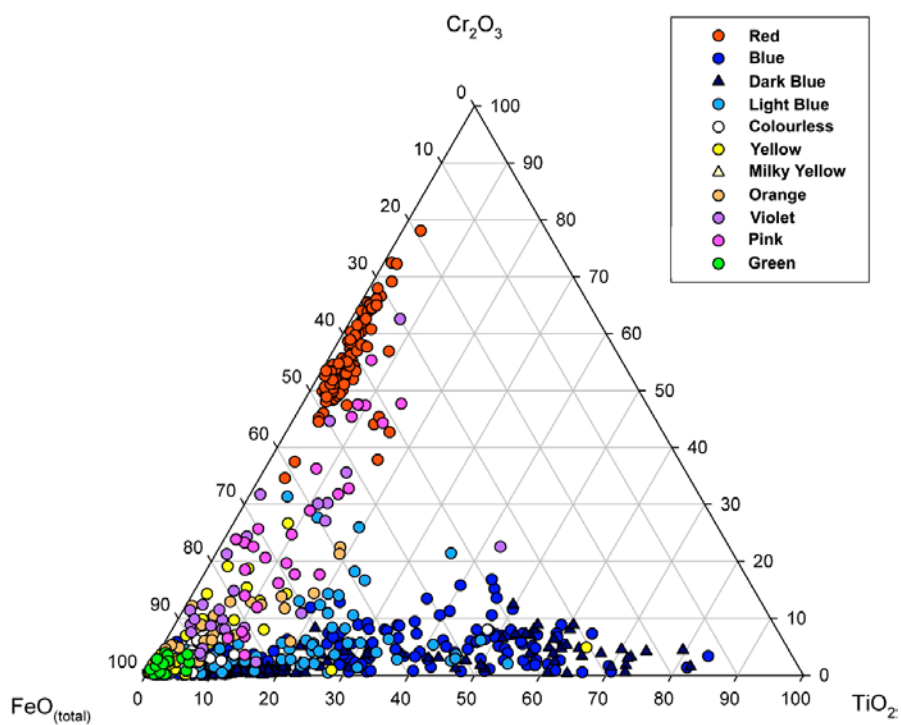
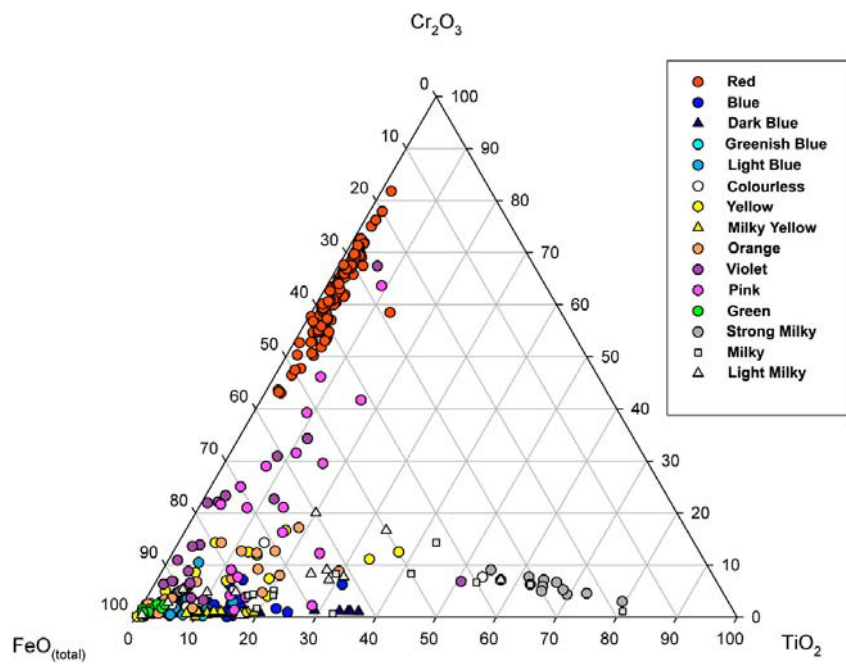
Ilakaka



รูปที่ 208 $\text{Cr}_2\text{O}_3 / \text{Ga}_2\text{O}_3$ vs $\text{FeO} / \text{TiO}_2$ ของแฮปไฟรากลุ่มไอเลก้า Ilakaka



รูปที่ 209 $\text{Cr}_2\text{O}_3 / \text{Ga}_2\text{O}_3$ vs $\text{FeO} / \text{TiO}_2$ ของคอร์ันดัมทุกสี จากทุกแหล่งที่ทำการศึกษา



รูปที่ 210 Cr_2O_3 - FeO - TiO_2 ternary diagram แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง oxides ของธาตุโลหะ
ทรานซิชันหลักที่เกี่ยวกับการแสดงสี และสีของพลอยคอร์ันดัมที่ศึกษาทั้งก่อนและหลังเผา

ลักษณะปรากฏทางกายภาพที่ผู้ประกอบการใช้ตรวจสอบพลอย (น่าจะ) ประกอบด้วย

1. สี (body colour) ทั้งสีที่ปรากฏให้เห็นบนผิวพลอยตามปกติ และสีที่เห็นเมื่อส่องดูกับแสงไฟเมื่อดูกับแสงธรรมชาติ (แสงอาทิตย์) หรือแสงจากแหล่งกำเนิดแสงต่างๆ แล้วแต่ประสบการณ์ของแต่ละคน โดยต้องพิจารณาถึงการกระจายตัว/ความสม่ำเสมอของสี ความบริสุทธิ์ของสี มีสีอื่นสอดแทรกผสมอยู่ด้วยหรือไม่ อย่างไร? ความมืด/ความสว่างของโทนสี ความเข้ม/ความฉ่ำของสีหลัก สีรอง หรือสีสอดแทรก ลักษณะเหล่านี้ประสาทตาและสมองของมนุษย์ที่อาจต้องฝึกฝน จดจำบ้าง สามารถประมวลองค์ประกอบปลีกย่อยเข้าด้วยกัน แล้วสรุปผลได้ดีกว่าเครื่องมือวิทยาศาสตร์ใดๆ ซึ่งอาจวัดองค์ประกอบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแสดงสีของพลอยออกมาเป็นตัวเลข เป็น graph หรือ diagram ได้ แต่การประมวลผลและการแปลผลยังต้องอาศัยการตัดสินใจของมนุษย์อยู่ดี

2. ความโปร่งใส (transparency) สัดส่วนที่แสงสามารถส่องทะลุผ่านเนื้อพลอย สำหรับลักษณะปรากฏข้อนี้ หากพลอยไม่ถึงกับทึบแสง หรือแทบไม่ยอมให้แสงผ่าน ที่เรียกกันว่า “พลอยตัน” ผู้ประกอบการอาจไม่กังวลมากนัก เพราะส่วนใหญ่เชื่อว่าจะสามารถเผาให้ใสขึ้นได้ หากความไม่ค่อยโปร่งใสเป็นเพราะมลทินที่ปนอยู่ในเนื้อพลอย อย่างไรก็ตาม ปกติพลอยที่จะ “เผาออก” หรือ “เผาได้” ไม่ควรที่จะ “ปิดกั้น” ไม่ยอมให้แสงผ่านเกินกว่า 50% ทั้งนี้ ลักษณะและชนิดของมลทินที่ทำให้พลอยขุ่นมัว จะเป็นปัจจัยในการประเมินคุณภาพของพลอยก้อนด้วย ลักษณะสมบัติข้อนี้ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์สามารถวัดค่า (%) ที่แสงส่องผ่าน) ออกมาเป็นตัวเลขได้ แต่จะนำมาใช้ประโยชน์ได้เท่าการตรวจดูด้วยสายตาของผู้ประกอบการหรือไม่ โดยเฉพาะในกรณีที่เนื้อพลอยมีความใส หรือขุ่นมัวไม่สม่ำเสมอทั่วไปทั้งเม็ด ยังเป็นที่สงสัยกันอยู่

3. ขนาด หรือน้ำหนัก และรูปทรง (size, weight, and shape or form) ของพลอยก้อน ลักษณะสมบัติเหล่านี้ เครื่องมือ/อุปกรณ์ตรวจวัดได้แม่นยำกว่าการประเมินด้วยสายตา และการสัมผัสด้วยมือมนุษย์แน่นอนในการเลือกซื้อพลอยเม็ด (selected individual stone) ผู้ประกอบการต้องใช้อุปกรณ์ เช่น เครื่องชั่ง หรือเครื่องวัดขนาดช่วย แต่ถ้าเป็นพลอยกลุ่ม หรือซื้อขายเป็น lot อาศัยการประเมินขนาดการกระจายตัวหรือสัดส่วนของขนาดต่างๆ หรืออาจใช้อุปกรณ์วัดขนาด เช่น ตะแกรงร่อน แล้วชั่งน้ำหนักรวม เพราะไม่คุ้มกับการเสียเวลาหาจะวัดขนาดและชั่งน้ำหนักพลอยทุกเม็ด

4. รอยแตก รอยร้าว (crack, fracture, fissure) ทั้งขนาด ปริมาณ การวางตัว ตำแหน่ง และลักษณะประกอบอื่นๆ เช่น มีสารหรือวัสดุอื่นใดเคลือบอยู่ตามพื้นผิวของรอยแตกเหล่านั้นหรือไม่? มีโอกาสกำจัดออกไปได้หรือไม่? ลักษณะปรากฏข้อนี้ แม้อาศัยเครื่องมือ/อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ตรวจวัดค่าเป็นตัวเลขแน่นอนได้ แต่ไม่คุ้มกับเวลา และความพยายามที่ต้องลงแรงไป แม้จะเป็นการเลือกซื้อพลอยเม็ดก็ตาม การประเมินด้วยสายตาให้ผลได้ดีพอ โดยทั่วไป ผู้ประกอบการจะไม่ซื้อพลอยที่มีรอยแตก รอย

ร้าวมาก (เกิน 10-15 %) เว้นแต่จะกระจุกตัวอยู่เฉพาะแห่ง เช่น บริเวณขอบ หรือส่วนนอกๆ ของก้อนพลอย กรณีที่มีรอยแตก รอยร้าวไม่มาก สิ่งที่ต้องประเมินคือ หากรอยแตกร้าวอยู่ภายในก้อนพลอย ไม่สามารถเนียนหรือฝนทิ้ง (โดยไม่เสียเนื้อพลอย หรือน้ำหนักพลอยมากนัก) ได้ จะพิจารณาว่า จะใช้วิธีการขึ้นรูปเพื่อเจียรระโนพลอยให้เหลี่ยมเจียรระโนบดบังร่องรอยของแนวแตกร้าว นั้นได้หรือไม่ หากเป็นพลอยที่ต้องนำมาเผาเพื่อเพิ่มคุณภาพ ต้องพิจารณาด้วยว่า รอยแตกร้าว นั้นๆ จะทำให้พลอยแตก เสียหายระหว่างการเผาหรือไม่ การประเมินเหล่านี้ไม่มีเครื่องมือวิทยาศาสตร์ใดๆ ตรวจวัดได้

5. มลทิน (inclusion) ทั้งชนิด ขนาด ปริมาณ และการกระจายตัว ผู้ประกอบการอาจไม่สามารถระบุได้ว่า มลทินนั้นๆ คืออะไร แต่จากประสบการณ์ จะสามารถบอกได้ว่า มลทินชนิดหนึ่งๆ จะเผากำจัดออกไปได้หรือไม่? จะส่งผลกระทบต่อเสียว (เช่น ทำให้พลอยแตกร้าว) ระหว่างเผาหรือไม่? หลักการพิจารณาประเมิน จะคล้ายคลึงกับกรณีของรอยแตกรอยร้าว กล่าวคือ ถ้าเลือกได้จะไม่ซื้อพลอยที่มีมลทินมาก (เกิน 10-15 %) เป็นต้น ลักษณะสมบัติข้อนี้ เครื่องมือ/อุปกรณ์วิทยาศาสตร์สามารถตรวจวัด และระบุชนิดของมลทินได้แม่นยำ แน่นนอน เว้นแต่มลทินนั้นๆ จะอยู่ลึกลงไปใ้เนื้อพลอยมาก ข้อเสียก็คือ ค่าใช้จ่ายในการตรวจพิสูจน์มลทินนั้นสูงมาก เหมาะกับการทำวิจัยเท่านั้น

6. ลักษณะพื้นผิวของพลอย (surface feature/characteristics) ได้แก่ ความเรียบ/ขรุขระ รอยขีดข่วน ความมัน ความวาว แม้กระทั่ง ความรู้สึกเมื่อสัมผัสด้วยมือ เป็นลักษณะปรากฏที่สะท้อนหรือเกี่ยวข้องกับความแข็ง (hardness) ความเหนียว (toughness) และความวาว (luster) ซึ่งเป็นสมบัติทางกายภาพพื้นฐานของแร่ทั่วไป รวมทั้งแร่ที่เป็นอัญมณี ผู้ประกอบการโดยทั่วไปใช้เป็นเครื่องสังเกต แยกพลอยเนื้อแข็ง (พลอยตระกูลคอรันดัม) ออกจากพลอยเนื้ออ่อนอื่นๆ โดยพิจารณาประกอบกับลักษณะปรากฏอื่นๆ เช่น สี ลักษณะรอยแตกร้าว เป็นต้น

7. ลักษณะภายในเนื้อพลอย (internal characteristics/texture) เป็นลักษณะปรากฏที่ผู้ประกอบการสังเกตเห็นได้จากการใช้กระบอกไฟฉายส่องดูพลอยเทียบได้กับลักษณะที่สังเกตเห็นภายใต้กล้องจุลทรรศน์ดูพลอย (gemmological microscope) เพียงแต่มีกำลังขยายเทียบกันไม่ได้เท่านั้น นอกเหนือจากลักษณะภายในเนื้อพลอยอื่นๆ ที่กล่าวมาแล้ว เช่น มลทิน รอยแตกร้าว สี และความโปร่งใส ลักษณะปรากฏตามหัวข้อนี้ ได้แก่ หม่า เหลือบ และเชื้อสี

หม่า (miliness or cloudiness) หมายถึง ลักษณะที่เนื้อพลอยมีความขุ่นมัวคล้ายน้ำมันเงาจางหรือหมอกเมฆ ปกติมักมีสีขาวขุ่น แต่อาจอมหรือสอดแทรกด้วยสีอื่น เช่น สีฟ้าอ่อน สีเทา สีควนบุหรี่ สีเหลืองทองอ่อนๆ สีน้ำตาล หรือสีน้ำตาลอมแดงอ่อนๆ หรือสีอื่นๆ พลอยที่มีลักษณะเช่นนี้ ผู้ประกอบการไทย เรียกว่า “พลอยหม่า” ผู้ประกอบการศรีลังกาเรียกพลอยก้อนที่มีลักษณะเช่นนี้ว่า “geuda” โดยหมายรวมถึง พลอยก้อนตระกูลคอรันดัม ซึ่งมีลักษณะกึ่งโปร่งใส (semi-transparent) ถึงโปร่งแสง

(translucent) ประกอบกับลักษณะปรากฏอื่นๆ เช่น เหลือบ (silky) ขุ่นขาว (milky) หรือหมอกควัน (smoky) (Pemadasa and Danapala, 1994)

หมาเป็นมลทินขนาดเล็กมาก ที่พบในคอร์นคัมส่วนใหญ่เป็น oxide ของ Ti การกระจายตัวของ หมา อาจสม่ำเสมอทั่วหรือเกือบทั่วทั้งเม็ดพลอย หรืออาจกระจุกตัวอยู่บางบริเวณ เช่น บริเวณแกนกลางของเม็ดพลอย หรือตามแนว/ระนาบของโครงสร้างผลึก หรือตามระนาบหน้าผลึกระหว่างการเติบโตของผลึก หรือปรากฏเป็นหย่อมๆ รูปร่างไม่แน่นอน สำหรับพลอยหมาที่พบในการศึกษาพลอยคอร์นคัมจากแหล่งต่างๆ ของมาดากัสการ์ครั้งนี้ ส่วนใหญ่พบในแซปไฟร์จาก Ilakaka ซึ่งแบ่งออกได้ 4 ประเภท ดังนี้

(1) หมาทอง เนื้อพลอยมีลักษณะขาวขุ่นนวล เมื่อยกขึ้นส่องกับแสงธรรมชาติ หรือส่องด้วยกระบอกไฟฉายดูพลอย จะเห็นสีน้ำตาลแดง หรือสีทอง หรือสีทองแดง (บางกรณีเรียกว่า “หมาทองแดง”) เนื้อพลอยมีลักษณะโปร่งแสง เมื่อวางอยู่บนพื้น พลอยหมาชนิดนี้จะเห็นเป็นสีขาวขุ่นนวลตา

(2) หมาเข้ม เนื้อพลอยมีลักษณะขุ่นเข้ม ปริมาณหมามีความเข้มข้นสูงกว่าหมาทอง และโปร่งแสงน้อยกว่า อาจสอดแทรกด้วยสีเทา สีฟ้าอ่อน หรือสีควันบุรี แต่ไม่ใช่สีน้ำตาลแดง

(3) หมาอ่อน เนื้อพลอยมีปริมาณหมาก่อนข้างต่ำ มีลักษณะขาวขุ่นจางๆ และโปร่งแสงมากกว่าหมาทอง ไม่มีสีอื่นสอดแทรก

(4) หมาปนหิน เนื้อพลอยมีลักษณะขุ่นเข้ม คล้ายหมาเข้ม แต่มีเนื้อพลอยบางส่วนเป็นสีเทาหรือสีน้ำตาล ก่อนข้างทึบแสง คล้ายมีเนื้อหินปนอยู่

เหลือบ (silkeness) หมายถึง ลักษณะภายในเนื้อพลอยที่เป็นลายเส้น หรือแถบสะท้อนแสง เหลือบคล้ายเส้นไหม เมื่อส่องไฟและพลิกพลอยไปมา เกิดจากมลทินรูปแท่งเข็มของ oxide ของ Ti พลอยที่มีลักษณะภายในทั้งหมา และเหลือบอยู่ด้วยกัน จะเผาะออก (ให้สี) ได้ง่ายกว่าพลอยที่มีเฉพาะเหลือบ และในพลอยที่มีเหลือบปริมาณมาก เผาแล้วแสดงปรากฏการณ์เหลือบแสงรูปดาว (star) ได้

เชื้อสี (coloured patch หรือ ethul ottu) หมายถึง แด้มสีที่ปรากฏอยู่ในเนื้อพลอยที่ใสไม่มีหมา ซึ่งโดยทั่วไปบริเวณอื่นๆ ของเนื้อพลอยไม่มีสี (colourless) เป็นลักษณะที่ผู้ประกอบการในศรีลังกาเรียกว่า พลอยอ็อตตู (ottu) ถ้ามีลักษณะเป็นจุดสี (coloured spot) ศรีลังกาเรียกว่า “dot ottu” ถ้าลักษณะเป็นเส้นสี (coloured line) ศรีลังกาเรียกว่า “iri ottu” และถ้ามีลักษณะเป็นปื้นหรือแด้มสี (coloured patch) ศรีลังกาเรียกว่า “normal ottu” แต่ถ้าแด้มสีปรากฏอยู่เฉพาะบริเวณผิวพลอยเรียกว่า “pita ottu” เฉพาะกลุ่ม ethul ottu (เชื้อสีอยู่ภายในเนื้อพลอย) สามารถเผาให้สีกระจายไปทั่วเม็ดพลอยได้ ถ้าบริเวณแนวรอยต่อระหว่างเชื้อสีกับเนื้อพลอยส่วนที่ใสไม่มีสีเป็นแนวคมชัด แต่ถ้าแนวรอยต่อมีลักษณะหม่นมัวไม่ชัดเจน (blurred) จะเผาให้สีกระจายไปส่วนอื่นๆ ของเนื้อพลอยได้ยากมาก

สำหรับตัวอย่างพลอยคอร์นคัมจากมาดากัสการ์ที่นำมาศึกษาในโครงการวิจัยนี้ ลักษณะภายในเนื้อพลอยที่พบมาก ได้แก่ หมา โดยเฉพาะในแซปไฟร์จากแหล่ง Ilakaka ซึ่งส่วนใหญ่เป็นชนิดหมาเข้ม

และหม่าทอง นอกจากนั้น ยังพบลักษณะหม่าเป็นลักษณะขุนขาว กระจุกตัวเป็นกลุ่มบริเวณแกนกลางของผลึกทับทิมจากแหล่ง Andilamena มักมีรูปหกเหลี่ยมชัดเจน (รูปที่ 214) หรือตามแนว growth zone ตัวอย่างพลอยที่ลักษณะภายในมีหม่าอีกแหล่งหนึ่ง คือ แซปไฟร์จากแหล่ง Diego Suarez โดยเฉพาะกลุ่มที่มีสีหลักเป็นสีเหลือง : Dig(y) และที่มีแกนกลางเป็นสีเหลือง : Dig(yc) และยังพบแต้มสี (coloured patch) เป็นสีน้ำเงินและสีน้ำตาลในบางตัวอย่างของแซปไฟร์ 2 กลุ่มดังกล่าวของแหล่ง Diego Suarez ด้วย



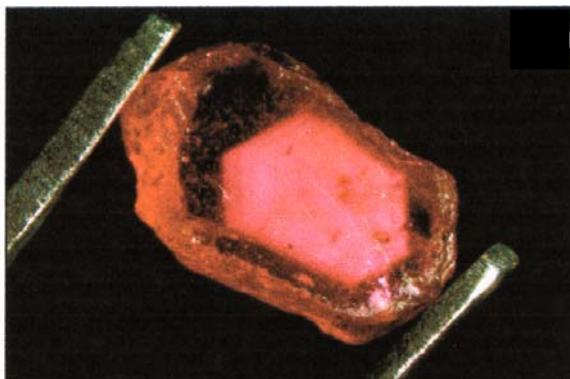
รูปที่ 211 แว่นขยาย (loupe)



รูปที่ 212 แว่นขยายชนิดสวมหัว



รูปที่ 213 กระบอกไฟฉายสำหรับส่องดูภายในเนื้อพลอย



รูปที่ 214 ลักษณะแกนกลางขาวขุนรูปหกเหลี่ยมในทับทิมจากแหล่ง Andilamena (Anm 2-5-034) (10x)

ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะหมำภายในเนื้อพลอย กับส่วนประกอบทางเคมี หรือปริมาณธาตุร่องรอย โดยเฉพาะ Ti, Cr และ Fe ของพลอยคอร์ันดัมจากบางแหล่งของมาดากัสการ์ที่มีหมำ แสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ปริมาณธาตุร่องรอย (Ti, Cr, Fe) ของตัวอย่างพลอยคอร์ันดัมกลุ่มที่มีหมำ เปรียบเทียบกับที่ไม่มีหมำจากแหล่งเดียวกัน

แหล่งตัวอย่าง		ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) (wt.%)		
(จำนวนตัวอย่าง / จำนวนจุดวิเคราะห์)		TiO ₂	Cr ₂ O ₃	FeO
Andilamena ruby				
Anm 1-x	ใส (4/9)	0.0181	0.7488	0.3812
Anm 2-x	ใส (13/56)	0.0243	0.4728	0.3369
	หมำ (8/74)	0.0412	0.5194	0.3999
Anm 3-x	ใส (9/33)	0.0174	0.6180	0.3609
	หมำ (4/18)	0.0351	0.8681	0.3964
Anm 4-x	ใส (6/31)	0.0221	0.7835	0.3993
	หมำ (4/12)	0.0416	0.9226	0.5147
Diego Suarez sapphire				
Dig(y)	ใส (6/11)	0.0122	0.0107	0.7464
ส่วนที่สีเหลือง	หมำ (13/35)	0.1190	0.0089	0.9267
Ilakaka sapphire				
Ilk 1-1-x	หมำทอง (8/194)	0.1016	-	0.0636
Ilk 1-2-x	หมำเข้ม (10/212)	0.0671	-	0.1324
Ilk 1-3-x	หมำอ่อน (1/4)	0.0105	-	0.2445
Ilk 1-4-x	หมำปนหิน (3/125)	0.1307	-	0.0952
Ilk กลุ่มไม่มีหมำทั้งหมด (91/316)		0.0253	-	0.2307
Ilk กลุ่มที่มีหมำทั้งหมด (22/535)		0.1062	-	0.0806

ข้อมูลจากตารางที่ 8 จะเห็นได้ว่า สำหรับตัวอย่างทับทิมจากแหล่ง Andilamena บริเวณที่มีหมำ แสดงปริมาณธาตุร่องรอยทั้ง Ti, Cr และ Fe สูงกว่าบริเวณที่เนื้อพลอยใส (ไม่มีหมำ) ทั้งสิ้น โดยเฉพาะ

ปริมาณ TiO_2 ของบริเวณจุดวิเคราะห์ที่มีหม่า แสดงปริมาณ TiO_2 สูงกว่าบริเวณที่ใสไม่มีหม่า ประมาณ เกือบ 2 เท่าเสมอ

สำหรับตัวอย่างแชปไฟร์จากแหล่ง Diego Suarez ก็เช่นเดียวกัน บริเวณที่มีหม่าในตัวอย่างที่สีหลักเป็นสีเหลือง แสดงปริมาณ TiO_2 สูงกว่าหลายเท่า และแสดงปริมาณ FeO สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน

ส่วนตัวอย่างแชปไฟร์จากแหล่ง Ilakaka หากเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่มีหม่าและไม่มีหม่า จะเห็นว่า กลุ่มที่มีหม่า มีปริมาณ TiO_2 สูงกว่าหลายเท่า แต่มีปริมาณ FeO ต่ำกว่าหลายเท่าเช่นกัน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่มีหม่าด้วยกันเอง ปรากฏว่า กลุ่มหม่าปนหินมีปริมาณ TiO_2 สูงสุด รองลงมาเป็นกลุ่มหม่าทอง หม่าเข้ม และหม่าอ่อน ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณ FeO แปรผกผันกับปริมาณ TiO_2 ตามลำดับเช่นกัน

แสดงว่าลักษณะภายในเนื้อพลอยคอรัันดัมจากมาดากัสการ์ที่มีหม่า มีความสัมพันธ์กับปริมาณ TiO_2 อย่างชัดเจน ส่วนปริมาณธาตุร่องรอยอื่นที่ส่งผลต่อการแสดงสีของพลอย เช่น Cr และ Fe อาจแปรตามหรือผกผันกับปริมาณ Ti ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับการบวนการกำเนิดของแหล่งพลอยนั้นๆ

4.7 ผลการทดลองเผาพลอย

จากผลของการทดลองเผาพลอยคอรัันดัม (ทับทิมและแชปไฟร์) จากแหล่งต่างๆ ของมาดากัสการ์ ตามรายละเอียดที่นำเสนอในบทที่ 3 สามารถสรุปผลได้ดังนี้

(1) ข้อเท็จจริง

สำหรับพลอยธรรมชาติ ไม่เคยปรากฏว่ามีพลอย 2 เม็ดใดๆ ที่เหมือนกันทุกประการ แต่ละเม็ดจะมีลักษณะเฉพาะของตัวเอง อันที่จริงแม้แต่ในพลอยเม็ดเดียวกัน ก็ยังอาจแตกต่างกันในแต่ละตำแหน่งหรือบริเวณ ลักษณะสมบัติที่แตกต่างกัน อาจเป็น

- ก. องค์ประกอบทางเคมี โดยเฉพาะธาตุร่องรอย ทั้งชนิด การกระจายตัว และปริมาณ
- ข. มลทิน (inclusions/impurities) ทั้งชนิด สถานะ การกระจายตัว และปริมาณ
- ค. ความบกพร่องหรือผิดปกติของโครงสร้างผลึก (crystal defects) ทั้งชนิด ขนาด การกระจายตัว และความหนาแน่น
- ง. ปัจจัยอื่นๆ เช่น รูปร่าง ขนาด หรือน้ำหนักของเม็ดพลอย เป็นต้น

ดังนั้น ย่อมไม่สามารถกำหนดกรรมวิธี ตัวแปร และขั้นตอนต่างๆ ของการเผาพลอยใดๆ ที่จะทำให้พลอยทุกเม็ดตอบสนองเหมือนกัน

(2) หลักการเบื้องต้นของการเผาผลาย

สืบเนื่องจากข้อเท็จจริงดังกล่าวข้างต้น กรรมวิธีการเผาผลายที่น่าจะให้ผลดีและคุ้มค่าที่สุด จึงควรดำเนินการตามขั้นตอนโดยยึดหลักดังนี้

ก. จำแนกกลุ่ม และคัดเลือกพลอยที่จะเผา โดยพยายามคัดเลือกพลอยที่มีลักษณะสมบัติต่างๆ ใกล้เคียงกันให้มากที่สุด (สีหลัก, ปริมาณมลทิน, หมา ฯลฯ) และเป็นพลอยชนิดเดียวกัน เพื่อเผาด้วยกัน หรือเผาในบ้ำเดียวกัน

ข. กำหนดขั้นตอนการเผา โดยเริ่มต้นจากการเผาภายใต้ภาวะขั้นต่ำสุดที่คาดว่าจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหลังเผา ได้แก่ การกำหนดอุณหภูมิสูงสุด ระยะเวลา บรรยากาศ ฯลฯ แล้วคัดเลือกเม็ดที่ตอบสนองต่อการเผาได้ดีตามต้องการออก จากนั้นจึงเผาครั้งต่อไป โดยปรับภาวะการเพิ่มขึ้นทีละช่วง ตามที่จะพิจารณาว่าเหมาะสม โดยสังเกตการเปลี่ยนแปลงหรือการตอบสนองของพลอยที่เผาในครั้งที่ผ่านมา ด้วยทุกครั้ง เช่น อุณหภูมิอาจเพิ่มขึ้นขั้นละ หรือครั้งละ 100°C เวลาเพิ่มขึ้นขั้นละ 1 ชั่วโมง เป็นต้น การสังเกตและบันทึกข้อมูลต่างๆ ของแต่ละขั้นตอนการเผา จะช่วยให้สามารถกำหนดภาวะการเผาที่เหมาะสมได้ใกล้เคียงขึ้น ทั้งนี้ ต้องคัดเลือกพลอยที่ตอบสนองต่อการเผาเป็นที่ต้องการแล้วออกทุกครั้ง

(3) พิจารณาปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้อง

ก. ปัจจัยเกี่ยวกับการแสดงสีของพลอย

สำหรับพลอยตระกูลคอร์ันดัม ปัจจัยที่ส่งผลต่อการแสดงสีของพลอย ได้แก่ ธาตุร่องรอยกลุ่มโลหะทรานสิชัน (transition metals) โดยเฉพาะ Cr, Fe และ Ti ซึ่งแต่ละธาตุส่งผลต่อสีของคอร์ันดัม ดังนี้

Cr : พลอยคอร์ันดัมที่มีปริมาณ Cr_2O_3 สูงกว่า 0.1 wt.% จะแสดงสีแดง เช่น ทับทิมจากแหล่ง Andilamena มีค่าเฉลี่ยปริมาณ Cr_2O_3 (จาก 233 จุดวิเคราะห์) = 0.6138 wt.% และทับทิมจากแหล่ง Vatomandry (เฉลี่ยจาก 29 จุดวิเคราะห์) = 0.3988 wt.% ทำให้ทับทิมจากทั้งสองแหล่งมีสีแดงเข้ม แต่หากปริมาณ Cr_2O_3 อยู่ระหว่าง 0.10 ถึง 0.01 wt.% พลอยจะแสดงสีแดงอ่อน หรือสีชมพู เช่น แซปไฟร์จากแหล่ง Ilakaka กลุ่มสีส้ม, ชมพู, ม่วง มีค่าเฉลี่ยปริมาณ Cr_2O_3 ดังนี้

กลุ่มพลอย	ค่าเฉลี่ยปริมาณ Cr_2O_3 (wt.%)	จำนวนจุดวิเคราะห์
สีส้ม : Ilk(o) และ Ilk 2-3-x	0.0114	43
สีชมพู : Ilk 2-4-x	0.0124	30
สีม่วงดอกมะเขือ : Ilk(p)	0.0598	18
สีม่วงดอกอัญชัน : Ilk(v) และ Ilk 2-7-x	0.0614	48

Fe : เป็นธาตุที่พบเสมอในพลอยคอร์นดัมที่เกิดตามธรรมชาติ Fe ส่งผลต่อการแสดงสีของพลอยคอร์นดัมแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปริมาณของ Fe และธาตุร่องรอยอื่นๆ ที่มีอยู่ในตัวอย่างพลอยนั้นๆ คอร์นดัมที่มี Fe เป็นหลัก มีธาตุร่องรอยอื่นๆ น้อย จะแสดงสีเหลืองหรือเขียว ขึ้นอยู่กับ oxidation state ของ Fe ว่าจะมี Fe^{3+} หรือ Fe^{2+} ในสัดส่วนอย่างไร ถ้ามี Fe^{3+} เป็นหลักจะแสดงสีเหลือง ถ้ามีทั้ง Fe^{3+} และ Fe^{2+} จะแสดงสีเขียว โดยความเข้มของสีจะแปรตามความเข้มข้นหรือปริมาณของ Fe

คอร์นดัมที่มี Fe เป็นหลัก และมี Cr + Ti เป็นรอง จะแสดงสีม่วง (ปริมาณ Cr_2O_3 ควรอยู่ประมาณ 0.050 wt.%) โดยจะมีสีม่วงดอกมะเขือถ้ามีปริมาณ TiO_2 ค่อนข้างต่ำ และมีสีม่วงดอกอัญชันถ้ามีปริมาณ TiO_2 สูงขึ้น เช่น ตัวอย่างแซปไฟร์จากแหล่ง Ilakaka มีค่าเฉลี่ย TiO_2 ดังนี้

กลุ่มพลอย	ค่าเฉลี่ยปริมาณ TiO_2 (wt.%)	จำนวนจุดวิเคราะห์
สีม่วงดอกมะเขือ : Ilk(p)	0.0147	18
สีม่วงดอกอัญชัน : Ilk(v) และ Ilk 2-7-x	0.0404	47

คอร์นดัมที่มี Fe เป็นหลักและมี Ti เป็นรอง จะแสดงสีฟ้า (ถ้า TiO_2 ไม่สูงนัก) หรือสีน้ำเงิน (ถ้า TiO_2 ค่อนข้างสูง) เช่น ตัวอย่างแซปไฟร์จากแหล่ง Ilakaka, Andranondambo และ Diego Suarez ดังนี้

กลุ่มพลอย	ค่าเฉลี่ยปริมาณ oxide (wt.%)		จำนวนจุดวิเคราะห์
	TiO_2	FeO	
สีฟ้า : Ilk(b) + Ilk 2-6-x	0.0191	0.3221	55
สีน้ำเงิน : Anb	0.0494	0.3905	191
สีน้ำเงินเข้ม : Dig	0.0627	0.7867	496

Ti : โดยทั่วไป Ti ที่มีอยู่ในคอร์นดัม ตามลำพังตัวเองจะไม่ส่งผลต่อการแสดงสีของพลอย แต่จะส่งผลให้คอร์นดัมแสดงสีฟ้าหรือน้ำเงิน เมื่ออยู่ร่วมกับ Fe หากพลอยคอร์นดัมมี Ti เป็นหลัก และปริมาณ Fe ค่อนข้างต่ำ อาจไม่ส่งผลให้พลอยแสดงสี โดยลักษณะเนื้อพลอยเป็นหว่า หรือมีสีขุนขาว เช่น กลุ่มพลอยหว่าจากแหล่ง Ilakaka ซึ่งมีปริมาณ TiO_2 เฉลี่ย (จาก 532 จุดวิเคราะห์) = 0.0945 wt.% แต่มี FeO เฉลี่ย (จาก 532 จุดวิเคราะห์) เพียง 0.0934 wt.%

ตารางที่ 9 แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณ Ti, Cr และ Fe ในตัวอย่างพลอยคอร์ันดัมสีต่างๆจากมาดากัสการ์ เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุร่องรอยเหล่านี้กับการแสดงสีของพลอย

ตารางที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุร่องรอยกับการแสดงสีของพลอยคอร์ันดัมจากมาดากัสการ์

สีพลอย	แหล่ง (จำนวนจุลวิเคราะห์)	ค่าเฉลี่ยปริมาณ oxides (wt.%)		
		TiO ₂	Cr ₂ O ₃	FeO
แดง	Anm (233)	0.0299	0.6138	0.3841
แดง	Vam (29)	0.0127	0.3988	0.2274
ม่วงดอกอัญชัน	Ilk (49)	0.0404	0.0614	0.2754
ม่วงดอกมะเขือ	Ilk (18)	0.0147	0.0598	0.0814
ชมพูอ่อน	Ilk (30)	0.0096	0.0124	0.0606
ส้มอ่อน	Ilk (46)	0.0107	0.0114	0.1343
น้ำเงินเข้ม	Dig (95)	0.1294	0.0080	0.8887
น้ำเงินเข้ม	Anb (46)	0.1135	0.0097	0.5073
น้ำเงิน	Dig (123)	0.0707	0.0096	0.7921
น้ำเงิน	Anb (48)	0.0403	0.0081	0.3834
น้ำเงินอ่อน	Dig (70)	0.0331	0.0098	0.6710
น้ำเงินอ่อน	Anb (85)	0.0224	0.0095	0.3265
ฟ้าอ่อน	Ilk (55)	0.0191	0.0092	0.3221
เขียวอ่อน	Ilk (43)	0.0081	0.0080	0.5040
เหลืองขุ่น	Dig (46)	0.0923	0.0093	0.8836
เหลืองใส	Dig (116)	0.0100	0.0092	0.8181
เหลืองอ่อน	Ilk (54)	0.0104	0.0099	0.1243
ใสไม่มีสี	Ilk (21)	0.0193	0.0079	0.1555
หม่นทอง	Ilk (194)	0.1016	0.0101	0.0636
หม่นเข้ม	Ilk (212)	0.0658	0.0098	0.1180
หม่นอ่อน	Ilk (4)	0.0105	0.0090	0.2445
หม่นปนหิน	Ilk (125)	0.1307	0.0084	0.0952

ข. ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเผาพลอย : ที่สำคัญมี 2 ประการ คือ มลทิน (inclusions) และรอยแตกร้าว (fractures หรือ cracks) ในเนื้อพลอย

มลทินที่มีอยู่ในเนื้อพลอย อาจเป็นของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส หากมีปริมาณมาก ย่อมส่งผลให้ความใส (clarity) หรือไฟ (brilliance) ของพลอยลดลง มลทินที่เป็นของเหลว และ/หรือ แก๊ส และมลทินของแข็งบางชนิดอาจส่งผลให้พลอยแตกร้าวเสียหายจากการเผา เนื่องจากการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนระหว่างเผา จึงควรระมัดระวังตรวจสอบเป็นพิเศษ โดยเฉพาะในพลอยขนาดใหญ่ มลทินของแข็งส่วนใหญ่เป็นแร่ชนิดอื่นที่ถูกพลอยยอมไว้ระหว่างการตกผลึก ชนิด ขนาด และปริมาณของมลทินแร่บางชนิด เป็นปัจจัยสำคัญต่อความสำเร็จหรือความล้มเหลวในการเผาพลอย เช่น ถ้าเป็นมลทินแร่ rutile ขนาดเล็กที่มีอยู่หนาแน่น จนทำให้เนื้อพลอยมีลักษณะขาวขุ่น หรือเป็นพลอยหมัว เช่นเดียวกับตัวอย่างแซปไฟร์จากแหล่ง Ilakaka บางส่วน เมื่อนำไปเผาในภาวะที่เหมาะสม พลอยคอร์นคัมจะแสดงสีได้ง่ายในขณะเดียวกัน หากไปปรากฏอยู่ในพลอยทับทิม เช่นที่พบในตัวอย่างจากแหล่ง Andilamena บางกลุ่ม อาจส่งผลกระทบต่อไม่พึงประสงค์เมื่อนำพลอยไปเผา เพราะบริเวณที่มีมลทินเหล่านี้หนาแน่น อาจแสดงสีน้ำเงิน ทำให้ตัวอย่างทับทิมมีสีน้ำเงินหรือม่วงสอแทรกเป็นบางบริเวณได้ และอาจกำจัดได้ค่อนข้างยาก มลทินแร่บางชนิด เมื่อได้รับความร้อนจากการเผา อาจเกิดการเปลี่ยนแปลง และ/หรือ ทำปฏิกิริยากับมลทินแร่อื่นที่อยู่ข้างเคียง หรือทำปฏิกิริยากับคอร์นคัม กลายเป็นแร่ใหม่ ซึ่งในบางกรณีเป็นแร่ที่ไม่โปร่งแสง กลายเป็นลักษณะที่นักเผาพลอยเรียกว่า “เนื้อหิน” ทำให้พลอยที่เผาเสียหาย และอาจแก้ไขได้ยาก มลทินที่เป็นแร่สีเข้ม หรือทึบแสง และ/หรือ มลทินที่จะทำให้เกิดลักษณะ “เนื้อหิน” หากกำจัดออกได้ก่อนนำไปเผา อาจช่วยลดความเสียหายจากการเผาพลอยได้

สำหรับรอยแตกร้าวในเนื้อพลอย หากมีอยู่ เป็นปัจจัยด้านลบทั้งสิ้น เพราะนอกจากจะทำให้ความใสหรือไฟของพลอยลดลงแล้ว ยังอาจทำให้พลอยแตกเสียหาย หากนำไปเผาโดยไม่พิจารณาให้รอบคอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งรอยแตกร้าวที่มีสารอื่นเคลือบอยู่ หรือที่มีแนวโน้มว่าจะชักนำให้พลอยแตกร้าวเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับความร้อนสูง ในกรณีพลอยขนาดใหญ่ต้องพิจารณาว่าจำเป็นต้องกำจัดออกก่อนนำไปเผาหรือไม่

(4) การพิจารณาเลือกกรรมวิธีเผาพลอย

การพิจารณาเลือกกรรมวิธีการเผาพลอย เช่น ชนิดของเตาที่จะใช้ อุณหภูมิสูงสุด ระยะเวลาเผา บรรยากาศระหว่างเผา และการปล่อยให้พลอยเย็นตัวหลังเผา สามารถอาศัยหลักการในการเผาพลอยที่กล่าวถึงในบทที่ 3 เป็นแนวทางในการพิจารณาได้ ประเด็นสำคัญที่ต้องตัดสินใจ หรือกำหนดเบื้องต้นคือ วัตถุประสงค์ของการเผา เพื่อเพิ่ม-ลด-หรือเปลี่ยนสีเดิมของพลอย หรือ เพื่อลดความขุ่นมัวของเนื้อพลอย : “เผาใส” ซึ่งจะพิจารณาได้จากลักษณะสมบัติตั้งต้นของพลอยดิบ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สีหลักหรือสีเดิมของพลอย

โดยทั่วไป สีของพลอยดิบ จะเป็นเครื่องกำหนดว่า พลอยเมื่อนั้นอาจเผาให้ออกเป็นสีใดได้บ้าง สำหรับพลอยดิบที่แสดงสีเดิมในโทนสีแดง เช่น แดง ชมพู ม่วง ส้ม และน้ำตาลแดง เนื่องจากมี Cr เป็นธาตุร่องรอย การที่จะกำหนดวัตถุประสงค์ของการเผาพลอย เพื่อเปลี่ยนให้เป็นสีในโทนอื่น ย่อมไม่สมเหตุผล ทั้งในทางทฤษฎีและทางปฏิบัติ กล่าวคือ พลอยแดงหรือชมพู มักมีราคาสูงกว่าพลอยสีอื่นๆ อยู่แล้ว และการที่จะกำจัดโทนสีแดง จำเป็นต้องทำให้ Cr^{3+} ออกจากตำแหน่งการแทนที่ Al^{3+} โครงสร้างผลึกของคอร์ันดัม หรืออย่างน้อยต้องเปลี่ยน oxidation state ของ Cr ซึ่งน่าจะทำได้ยาก เว้นแต่จะยอมให้พลอยเสียหาย เพราะถ้าพิจารณาเปรียบเทียบจุดหลอมเหลวของ Cr_2O_3 ($2,266 \pm 25$ °C) กับของ Al_2O_3 ($2,015 \pm 15$ °C) จะเห็นว่า กว่าที่จะเผาให้ Cr^{3+} เปลี่ยนแปลงพลอยอาจจะหลอมไปก่อนแล้วก็ได้ ด้วยเหตุนี้ การเผาพลอยดิบที่มีสีเดิมในโทนสีแดง จึงควรมุ่งเน้นการพยายามกำจัดสีสอดแทรกอื่นๆ เช่น สีน้ำตาล เนื่องจาก Fe หรือสีน้ำเงิน/ม่วง เนื่องจาก Fe และ Ti เพื่อให้พลอยที่เผามีสีแดงสดใสขึ้น

ส่วนพลอยดิบสีอื่นๆ เช่น น้ำเงิน เขียว เหลือง โดยหลักการควรพยายามเผาเพื่อเพิ่มหรือลดความเข้มของสีเดิมเป็นสำคัญ ซึ่งน่าจะทำได้ง่ายกว่า แม้ว่าโดยทฤษฎี การเผาเปลี่ยนสีระหว่างสีน้ำเงิน เขียว และเหลือง น่าจะเป็นไปได้ เพราะเกี่ยวข้องกับธาตุร่องรอยชุดเดียวกัน คือ Fe และ Ti ขึ้นอยู่กับว่า จะต้องการให้ธาตุใดแสดงบทบาทเด่นกว่ากันในการส่งผลต่อสีของพลอย อย่างไรก็ตาม ต้องพิจารณาถึงความคุ้มทุนด้วย เพราะการเผาเพื่อเปลี่ยนสี อาจต้องเผาซ้ำหลายๆ ครั้ง หรือเผายีนอุณหภูมิเป็นระยะเวลานานมาก กว่าที่จะพลอยจะแสดงผลตอบสนอง

สำหรับพลอยหมา จัดว่าเป็นพลอยที่เผาให้แสดงสีได้ง่ายที่สุด เพราะมีปริมาณ Ti ค่อนข้างสูง แม้ปริมาณ Fe จะค่อนข้างต่ำ แต่ก็เพียงพอที่ทั้งสองธาตุจะช่วยกันแสดงสีฟ้าหรือน้ำเงินได้ หลังจากเผาด้วยเตาน้ำมันในบรรยากาศแบบ reduction ที่อุณหภูมิสูงสุดเพียง $1,450$ °C

(5) สรุป

โดยสรุป หลักปฏิบัติทั่วไปสำหรับการเผาพลอย ซึ่งต้องถือว่าเป็นการทดลองทุกครั้งที่ทำ การเผา คือ ควรเริ่มต้นที่อุณหภูมิขั้นต่ำ และระยะเวลาสั้นก่อน แล้วเลือกพลอยที่พิจารณาเห็นว่า มีสีและความใสเป็นที่น่าพอใจแล้วออกจากเตา ก่อนที่จะเผาครั้งต่อไปโดยเพิ่มอุณหภูมิ และ/หรือ ระยะเวลา เป็นลำดับตามขั้นตอน เหตุผลที่เสนอว่า ควรดำเนินการเป็นลำดับดังนี้ เพราะการเผาพลอยเชิงพาณิชย์ ย่อมไม่คุ้มที่จะนำพลอยไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี เพื่อนำข้อมูลมาประกอบการพิจารณาว่าจะเผาพลอยอย่างไร อีกทั้งเทคนิควิเคราะห์ที่มีอยู่ในปัจจุบันให้ข้อมูลได้เฉพาะจุด เฉพาะตำแหน่งที่ทำกรวิเคราะห์เท่านั้น ไม่สามารถวิเคราะห์เชิงปริมาณในพื้นที่ที่ลึกจากผิวพลอยลงไปได้มาก โดยไม่ทำให้พลอยเสียหาย เท่ากับว่า แม้จะพยายามวิเคราะห์ให้มากที่สุดต่อตัวอย่างพลอยแต่ละตัวอย่าง ข้อมูลที่ได้รับยังคงจำกัดอยู่เฉพาะบริเวณพื้นผิวรอบๆ เม็ดพลอยเท่านั้น หากเทียบกับความสามารถในการประเมิน

คุณภาพพลอยของผู้ประกอบการไทย ที่ใช้เพียงไฟฉายส่องดูพลอยกับแว่นขยายดูพลอย กลับให้ผลที่น่าเชื่อถือ ว่า พลอยดิบกลุ่มหนึ่งๆ ที่เลือกซื้อ มา จะมีโอกาสเผาสำเร็จได้มากกว่า

สิ่งหนึ่งที่เทคโนโลยีทันสมัย จะเป็นประโยชน์ต่อการเผาพลอยก็คือ การใช้มาตรวัดที่แม่นยำ และมีประสิทธิภาพสูง เช่น เครื่องวัดอุณหภูมิ วัดการไหลเวียน หรือแรงดันของอากาศ เชื้อเพลิง หรือ แก๊สที่ใช้ในการปรับสภาวะบรรยากาศระหว่างการเผา เพราะค่าเหล่านี้ (อุณหภูมิ ความดัน บรรยากาศ และ oxygen fugacity หรือความแรง/ความเข้มของภาวะออกซิไดส์ หรือรีดิวซ์) เป็นค่าที่ค่อนข้างวิกฤต การเปลี่ยนแปลงของ oxidation state หรือสภาวะขณะที่ธาตุร่องรอยจะเข้าไปแทนที่ Al^{3+} หรือเข้าไปแทนที่ธาตุร่องรอยอื่น ในโครงสร้างของคอรัลด์ มักเกิดขึ้นได้ในช่วงแคบๆ เท่านั้น สูงหรือต่ำจากช่วงวิกฤตนั้นเพียงเล็กน้อย การเปลี่ยนแปลงที่ต้องการอาจไม่เกิดขึ้น หรือซ้ำร้าย อาจเผาจนถึงภาวะที่เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ไม่พึงประสงค์ และไม่สามารถแก้ไขหรือทำให้ย้อนกลับได้ พลอยที่เผาก็จะเสียหายไป ผู้ประกอบการจึงควรคำนึงถึงปัจจัยเหล่านี้ให้มากขึ้น เพราะถ้ามีอุปกรณ์มาตรวัดที่มีประสิทธิภาพเหมาะสม ประกอบด้วยความสามารถในการดูแลและประเมินพลอยดิบ ผู้ประกอบการบางราย อาจมีความสามารถระบุได้ใกล้เคียง หรือคำนวณได้ว่าพลอยเม็ดนี้ หรือกลุ่มนี้ จะต้องเผาอย่างไร ? (อุณหภูมิ ? แรงดันอากาศ ? อัตราการไหลของเชื้อเพลิง ? แรงดันแก๊สสำหรับปรับสภาวะบรรยากาศ ? ระยะเวลาของแต่ละปัจจัย ? ลำดับของการควบคุมแรงดัน/อัตราการไหล ฯลฯ ?) จึงจะได้ผลดี โดยแทบไม่ต้อง “ทดลอง” เผาก่อนเลย ก็เป็นไปได้

บรรณานุกรม

1. ชานูชัย อัสววินิจกุลชัย, อาริรัตน์ คอนดวงแก้ว และ วัลลภ บุญคง, 2529, *การเสริมคุณภาพของโทแพสด้วยการอาบนิวตรอน*, รายงานวิชาการประจำปี 2529, สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ (พปส-3-9) หน้า 165-166.
2. ประจักษ์ อังคะหิรัญ, 2543, *การเผาผลาญ*, เอกสารคำสอนประกอบกระบวนการวิชาการเพิ่มคุณภาพอัญมณี, สาขาวิชาอัญมณีวิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 17 หน้า.
3. ประจักษ์ อังคะหิรัญ, 2545, *การเผาผลาญ*, เอกสารประกอบการบรรยายกระบวนการวิชาการเพิ่มคุณภาพอัญมณี, สาขาวิชาอัญมณีวิทยา, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 49 หน้า.
4. พงศ์ทิพย์ วิโนทัย, วรุณี ถิรมงคล, ไอ มิง ถัง, วิเรศ วีระสัย, ธนากร โอสดจันท์ และ ขวัญ อารยะชนิตกุล, 2541, การเพิ่มและลดสีในแซปไฟร์จากอัฟริกา, ใน “*วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ*”, นัตรชัย สมศิริ, พรสวาท วัฒนกุล, สุรพล ภัทราคร และ พงษ์จันทร์ จันทยศ (บรรณาธิการ), สกว., กรุงเทพฯ, หน้า 101-112.
5. ประพจน์ แอดาล, 2533, *การออกแบบและก่อสร้างเตาเผาผลาญความร้อนสูง*, รายงานปริญา วศ.บ (วิศวกรรมศาสตร), มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 217 หน้า.
6. พิเชษฐ ลิ้มสุวรรณ, มงคล ราชนิยม, สุภาณี ลิ้มสุวรรณ, พงศ์พันธ์ จินดาอุดม และสถาพร จันทน์หอม, 2535, *การสร้างและพัฒนาเตาไฟฟ้าอุณหภูมิสูงสำหรับการเผาผลาญ*, ภาควิชาฟิสิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 12 หน้า.
7. พิเชษฐ ลิ้มสุวรรณ, มงคล ราชนิยม, วิยะพล พัฒนเศรษฐกุล และสถาพร จันทน์หอม, 2541, การวิจัยและพัฒนาเตาอุณหภูมิสูงแบบปรับบรรยากาศได้สำหรับการเผาผลาญ, ใน “*วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ*”, นัตรชัย สมศิริ, พรสวาท วัฒนกุล, สุรพล ภัทราคร และพงษ์จันทร์ จันทยศ (บรรณาธิการ), สกว., กรุงเทพฯ, หน้า 129-138.
8. พิเชษฐ ลิ้มสุวรรณ, มงคล ราชนิยม, วิยะพล พัฒนเศรษฐกุล และสถาพร จันทน์หอม, 2543, *การพัฒนาเตาอุณหภูมิสูงแบบปรับบรรยากาศได้สำหรับการเผาผลาญ*, รายงานการวิจัย, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ, 74 หน้า.
9. โปยม อรัญยกานนท์, ประพิศ สัมปัตตะวนิช และ รัก หารษาเวก, 2521, การหุงผลอยตระกูลคอร์ันดัม, เอกสารสำหรับประชาชน ฉบับที่ 23, กรมทรัพยากรธรณี, เรื่อง “อัญมณี”, หน้า 12.
10. โปยม อรัญยกานนท์, วัลลภ บุญคง และ รัก หารษาเวก, 2529, การใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาคุณภาพรัตนชาติ, *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, ปีที่ 1, ฉบับที่ 3, หน้า 27-33.

11. ภัทรารธรรม คหะวงศ์, 2538, การทดลองเผาผลายสินน้ำเงินที่อุณหภูมิต่ำ, รายงานปัญหาพิเศษ หลักสูตร วท.บ.(เคมีอุตสาหกรรม), คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 48 หน้า.
12. ภิญโญ มีชำนะ, 2534, การปรับปรุงคุณภาพพลอยโดยใช้เทคนิคเผาอุณหภูมิสูงที่ผลิตในประเทศ, รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัยและพัฒนาของศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ ครั้งที่ 1/2534 (พ.ค. – ต.ค. 2534), 26 หน้า.
13. รัก หรรษาเวก, 2531, การเพิ่มคุณค่าทับทิมและแซปไฟร์ด้วยกรรมวิธีการใช้ความร้อน, การประชุมเหมืองแร่ ประจำปี 2531, กรมทรัพยากรธรณี, หน้า 241-247.
14. รัก หรรษาเวก, 2544, ศักยภาพพลอยมาดากัสการ์กับแนวโน้มการลงทุน, เอกสารประกอบการสัมมนา เรื่อง “พลอยมาดากัสการ์ : นิมิตรใหม่ของผู้ประกอบการไทย”, 15 กุมภาพันธ์ 2544, กรมทรัพยากรธรณี, กรุงเทพฯ, 10 หน้า.
15. รัก หรรษาเวก และ กฤตยา ปัทมาลัย, 2539, เทคนิคการเผาพลอยทับทิมและแซปไฟร์, เอกสารประกอบการบรรยายเรื่อง “การเพิ่มคุณภาพรัตนชาติ” ในการอบรมเรื่อง “เรียนรู้การดูพลอย”, 21-25 สิงหาคม 2539, กรมทรัพยากรธรณี, กรุงเทพฯ, 3 หน้า.
16. วรุณี ถิรมงคล, 2535, การศึกษาความเป็นไปได้ในการเพิ่มมูลค่ามรกตและเพทายด้วยการเผา, กองการวิจัย, กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 16 หน้า.
17. วัลลภ บุญคง, 2543, การเปลี่ยนสีของอัญมณีเมื่อนำย้อมสี, ใน “อัญมณีหายรังสี” กองพิสิทธ์, สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ, หน้า 6-12.
18. วัลลภ บุญคง, ชาญชัย อัสววินิจกุลชัย, อารีรัตน์ คอนดงแก้ว, นพวรรณ ศรีรัตนประเสริฐ และอัจฉรา แสงอรียวนิช, 2533, การเพิ่มคุณภาพของพลอยโดยวิธีการอบรังสี, การสัมมนาทางวิชาการ เรื่อง “พลอยอัญมณีอันมีค่าของไทย”, 17-21 ธันวาคม 2533, ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, หน้า 187-197.
19. สมยศ หอวรรณกุล, 2531, การศึกษาเพื่อพัฒนาเทคนิคการเผาผลายสินน้ำเงิน, รายงานปริญา วศ.บ. (วิศวกรรมศาสตร์), มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 124 หน้า.
20. สุชาติพิศ ศิริไพศาลพิพัฒน์, ทิพย์มนต์ ภัทรากร, สุกจิต สงวนเรือง, นัทธมน คุณแสง และสุรพล ภัทรากร, 2541, การศึกษาและพัฒนาสถานะการเผาทับทิม, ใน “วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ”, ฉัตรชัย สมศิริ, พรสวาท วัฒนกุล, สุรพล ภัทรากร และพงษ์จันทร์ จันทยศ (บรรณาธิการ), สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ, หน้า 115-125.
21. สุชาติพิศ ศิริไพศาลพิพัฒน์, สุกจิต สงวนเรือง และนัทธมน คุณแสง, 2543, การพัฒนาสถานะของการเผาทับทิม, รายงานการวิจัย, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ, 219 หน้า.

22. สุปานิ ลิมสุวรรณ, นพพร ศาสตร์จำ, พรเพ็ญ ไยเจริญ และพิเชษฐ ลิมสุวรรณ, 2536, *การสร้างและพัฒนาเตาไฟฟ้าอุณหภูมิสูงสำหรับการเผาพลอย*, รายงานการวิจัย, ภาควิชาฟิสิกส์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 110 หน้า.
23. อภิลักขณ์ มาสกุล, 2542, *มูลค่าเพิ่มของพลอยจากกรรมวิธีการเผา : กรณีศึกษาจังหวัดจันทบุรี*, การค้นคว้าแบบอิสระ, เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 61 หน้า.
24. อิสรา วีระวัฒน์สกุล, สัมพันธ์ นันทขว้าง และชวลิต พรหมบุญ, 2540, *การศึกษาเพื่อพัฒนาเทคนิคการเผาพลอยตระกูลคอรันดัม*, รายงานการวิจัย, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 129 หน้า.
25. Abraham, J.S.D., 1982, Heat treating corundum : the Bangkok operation, *Gems & Gemology*, v. 18, no. 2, p. 79-82.
26. Chikayama, A. and Furuya, M., 2001, *Sparks gem rush at Ilakaka deposit in Madagascar*, 28th International Gemmological Conference, Madrid, Spain, p. 19-21.
27. Crowningshield R. and Nassau, K., 1981, The heat and diffusion treatment of natural and synthetic sapphires, *J. Gemm.*, v. 17, no. 8, p. 528-541.
28. Ediriweera, R.N. and Perera, S.I., 1989, Heat treatment of geuda stones – spectral investigation, *J. Gemm.*, v. 21, no. 7, p. 403-404.
29. Ediriweera, R.N., Perera, S.I., and Weerasinghe, W., 1991, Method for creating required atmospheric conditions within crucibles placed inside a furnace, *The Australian Gemmologist*, v. 17, no. 11, p. 443-445.
30. Emmett, J.L., 1999, Fluxes and the heat treatment of ruby and sapphire, *Gems & Gemology*, v. 35, no. 3, p. 90-92.
31. Emmett, J.L. and Douthit, T.R., 1993, Heat treating the sapphires of Rock Creek, Montana, *Gems & Gemology*, v. 29, no. 4, P. 250-272.
32. Emmett, J.L., Scarratt, K., McClure, S.F., Moses, T., Douthit, T.R., Hughes, R., Novak, S., Shigley, J.E., Wang, W., Bordelon, O. and Kane, R.E., 2003, Beryllium Diffusion of Ruby and Sapphire, *Gems & Gemology*, v. 39, no. 2, p. 84-135.
33. Fritsch, E. and Rossman, G.R., 1987, An update on color in gems. Part 1 : introduction and colors caused by dispersed metal ions, *Gems & Gemology*, v. 23, no. 3, p. 126-139.
34. Fritsch, E. and Rossman, G.R., 1988a, An update on color in gems. Part 2 : colors involving multiple atoms and color centers, *Gems & Gemology*, v. 24, no. 1, p. 3-15.

35. Fritsch, E. and Rossman, G.R., 1988b, An update on color in gems. Part 3 : colors caused by band gaps and physical phenomena, *Gems & Gemology*, v. 24, no. 2, p. 81-102.
36. Gübelin, E. and Peretti, A., 1997, Sapphires from Andranondambo mine in SE Madagascar : evidence for Metasomatic skarn formation, *J. Gemm.*, v. 25, no. 7, p. 453-470.
37. Gunaratne, H.S., 1981, 'Geuda sapphires' – their colouring elements and their reaction to heat, *J. Gemm.*, v. 17, no. 5, p. 292 – 300.
38. Gunawadene, M., 1984, Contribution towards the identification of treated corundums : heat and diffusion treated rubies, *J. Gemm.*, v. 19, no. 4, p. 298-310.
39. Häger, T., 2001, *High temperature treatment of natural corundum*, Proceedings of the International Workshop on Material Characterization by Solid State Spectroscopy : The Minerals of Vietnam, April 4-10, Institute of Materials Science, Hanoi.
40. Hänni, H.A., 1999, Blue, pink, and purple sapphires from Ilakaka, Madagascar, Gem News, *Gems & Gemology*, v. 27, no. 2, p. 149-150.
41. Hänni, H.A., 2001, Important new ruby deposits in eastern Madagascar : Chemistry and internal features, Gem News International, *Gems & Gemology*, v. 37, no. 2, p. 146-147.
42. Hänni, H.A., 2002, Orange treated sapphire – towards finding a name for a new product, *J. Gemm. Assoc. Hong Kong*, v. 23, p. 23-28.
43. Henn, U. and Milisenda, C.C., 2001, The gemstone occurrences of Madagascar, *The Australian Gemmologist*, v. 21, p. 76-82.
44. Hughes, R.W., 1997, *Ruby and Sapphire*, RWH Publishing, 511 p.
45. Jobbins, E.A., 1971, Heat-treatment of pale blue sapphire from Malawi, *J. Gemm.*, v. 12, no. 8, p. 342-343.
46. Kiefert, L., Schmetzer, K., Krzemnicki, M.S., Bernhardt, H.-J. and Hänni, H.A., 1996, Sapphires from Andranondambo area, Madagascar, *J. Gemm.*, v. 25, no. 3, p.185-209.
47. Leuenberger, A., 2001, The new ruby deposits in eastern Madagascar : Mining and production, Gem News International, *Gems & Gemology*, v. 37, no. 2, p.147-149.
48. Maxwell, M., 2002, The processing and heat treatment of Subera (Queensland) sapphire rough, *The Australian Gemmologist*, v. 21, p. 279-286.
49. McClure, S.F., 2002, Gem Trade Lab Notes : Bulk-diffusion treated sapphire with synthetic overgrowth, *Gems & Gemology*, v. 38, no. 3, p. 255-256.

50. McClure, S.F., Kammerling, R.C. and Fritsch, E., 1993, Update on diffusion-treated corundum : Red and other colors, *Gems & Gemology*, v. 29, no. 1, p. 16-28.
51. McClure, S.F., Moses, T., Wang, W., Hall, M. and Koivula, J.I., 2002, Gem News International : A new corundum treatment from Thailand, *Gems & Gemology*, v. 38, no. 1, p. 86-90.
52. McClure, S.F. and Smith, C.P., 2000, Gemstone enhancement and detection in the 1990s, *Gems & Gemology*, v. 36, no. 4, p. 336-359.
53. Milisenda, C.C. and Henn, U., 1996, Compositional characteristics of sapphires from a new find in Madagascar, *J. Gemm.*, v. 25, no. 3, p. 177-184.
54. Milisenda, C.C., Henn, U. and Henn, J., 2001, New gemstone occurrences in the south-west of Madagascar, *J. Gemm.*, v. 27, no. 7, p. 385-394.
55. Ministry of Energy and Mines, Madagascar, 2002, Direction of Mines and Geology.
56. Moses, T., Hall, M. and Wang, W., 2002, Gem Trade Lab Notes : More bulk diffusion-rubies and orange sapphires, *Gems & Gemology*, v. 38, no. 4, p. 342-344.
57. Nassau, K., 1981, Heat treating ruby and sapphire : technical aspects, *Gems & Gemology*, v. 17, no. 3, p. 121-131.
58. Nassau, K., 1983, *The physics and chemistry of color*, John Wiley & Sons, 454 p.
59. Nassau, K., 1984a, *Gemstone Enhancement*, 1st ed., Butterworths, 221 p.
60. Nassau, K., 1984b, The early history of gemstone treatments, *Gems & Gemology*, v. 20, no. 1, p. 22-33.
61. Nassau, K., 1994, *Gemstone Enhancement, History, Science and State of the Art*, 2nd ed., Butterworth – Heineman, 252 p.
62. Nassau, K., 1999, An overview of gemstone treatments, *Gems & Gemology*, v. 35, no. 3, p. 95-96.
63. Nassau, K., 2001, *The physics and chemistry of color*, 2nd ed., John Wiley & Sons, 481 p.
64. Nassau, K. and Nicolett, C., 1990, Crustal evolution of the granulites of Madagascar, in D. Vielzeuf and P. Vidal (eds) : *Granulites and crustal evolution*, Academic Publishers, p. 291-310.
65. Nicolett, C., 1990, Crustal evolution of the granulites of Madagascar, in D. Vielzeuf and P. Vidal (eds) : *Granulites and crustal evolution*, Academic Publishers, p. 291-310.
66. Paech, H.-J., 1988, Outline of the geologic history of South-East Africa and Madagascar, *Zeitschrift für geologische Wissenschaften*, Band 16, Heft 7, p. 569-676.
67. Pemadasa, T.G. and Danapala, M.V., 1994, Heat treated corundums of Sri Lanka: Their heat treatment, *The Australian Gemmologist*, v. 18, no. 11, p. 346-347.

68. Perera, S.I., Pannila, A.S., Gunasekera, H.P.N.J. and Ediriweera, R.N., 1991, Anomalous behaviour of certain geuda corundums during heat treatment, *J. Gemm.*, v. 22, no. 7, p. 405-407.
69. Peretti, A. and Gunther, D., 2002, The Color Enhancement of Fancy Sapphires with a New Heat-treatment Technique, *Contributions to Gemology*, no. 1, p. 1-48.
70. Peretti, A., Gunther, D. and Graber, A.L., 2003, The Beryllium Treatment of Fancy Sapphires with a New Heat-treatment Technique, *Contributions to Gemology*, no. 2, p. 21-36.
71. Pezzotta, F., 2001, Madagascar : A mineral and gemstone paradise, *extraLapis English*, No. 1, 97 p.
72. Pisutha-Arnond, V., Hager, T., Wathanakul, P. and Atichat, W., 2004, Yellow and brown coloration in beryllium-treated sapphires, *J. Gemm.*, v. 29, no. 2, p. 77-103.
73. Proust, M.A., 2002, New sapphire treatment still a mystery, *Colored Stone*, v. 15, no. 2, p. 12-13.
74. Qi, L., Yuan, X., Lin, S. and Wang, Z., 2002, Colouring mechanism of high-temperature heat-treated orange sapphire in Madagascar (in Chinese), *J. Gems and Gemology*, v. 4, no. 4, p. 1-5.
75. Sasaki, E., 1980, Treatment of sapphires, *Z.Dt. Gemmol.Ges.*, v. 29, no. 1/2, p. 66.
76. Scarratt, K., 1983, Notes from the Laboratory : Diffusion treated corundum, *J. Gemm.*, v. 18, no. 6, p. 523-530.
77. Schmetzer, K., 1999, Ruby and variously coloured sapphires from Ilakaka, Madagascar, *The Australian Gemmologist*, v. 20, p. 282-284.
78. Schmetzer, K., Bosshart, G. and Hanni, H.A., 1983, Naturally-coloured and treated yellow and orange-brown sapphires, *J. Gemm.*, v. 18, no.7, p. 607-622.
79. Schmetzer, K. and Kiefert, L., 1990, Spectroscopic evidence for heat treatment of blue sapphires from Sri Lanka – additional data, *J. Gemm.*, v. 22, no. 2, p. 80-82.
80. Schwarz, D., Kanis, J. and Schmetzer, K., 2000, Sapphires from Antsiranana Province, Northern Madagascar, *Gems & Gemology*, v. 36, no. 3, p. 216-233.
81. Schwarz, D., Petsch, E.J. and Kanis, J., 1996, Sapphires from the Andranondambo region, Madagascar, *Gems & Gemology*, v. 32, no. 2, p. 80-99.
82. Schwarz, D. and Schmetzer, K., 2001, Rubies from the Vatomandry area, eastern Madagascar, *J. Gemm.*, v.27, no. 7, p. 395-408.
83. Superchi, M., Donini, A., Muzzioli, D. and Roman, E., 1997, *Sapphire occurrences at Ambondromifehy on the Antsiranana province, north Madagascar*, 26th International Gemmological Conference, Idar –Oberstein, Germany, p. 62-63.

84. Sutherland, F.L., Hoskin, P.W.O., Fanning, C.M. and Coenraads, R.R., 1998a, Models of corundum origin from alkali basaltic terrains : A reappraisal, *Contr. Min. Pet.*, v. 133, no. 4, p. 356-372.
85. Sutherland, F.L., Schwarz, D., Jobbins, E.A., Coenraads, R.R. and Webb, G., 1998b, Distinctive gem corundum suites from discrete basalt fields : A comparative study of Barrington, Australia, and West Pailin, Cambodia, gem fields, *J.Gemm.*, v. 26, no. 2, p. 66-85.
86. Sutherland, F.L. and Schwarz, D., 2001, Origin of gem corundums from basaltic fields, *The Australian Gemmologist*, v. 21, p. 30-33.
87. Themelis, T., 1992, *The Heat Treatment of Ruby and Sapphire*, 1st ed., Gemlab, Inc., 236p.
88. Themelis, T., 2003, *Beryllium-Treated Rubies and Sapphires*, Bangkok, 48 p.
89. Thiramongkol. V., 1995, *The influence of the environment on heat treatment of corundum*, paper presented at the 25th International Gemmological Conference, 21-27 October 1995, Bangkok and Rayong, Thailand.
90. Tombs, G., 1980, Further thoughts and questions on Australian sapphires, their composition and treatment, *Z.Dt. Gemmol. Ges.*, v. 29, p. 79-81.
91. Wang, W. and Green, B., 2002, Gem News International : Update on Be-diffused corundum, *Gems & Gemology*, v. 38, no. 4, p. 363-364.