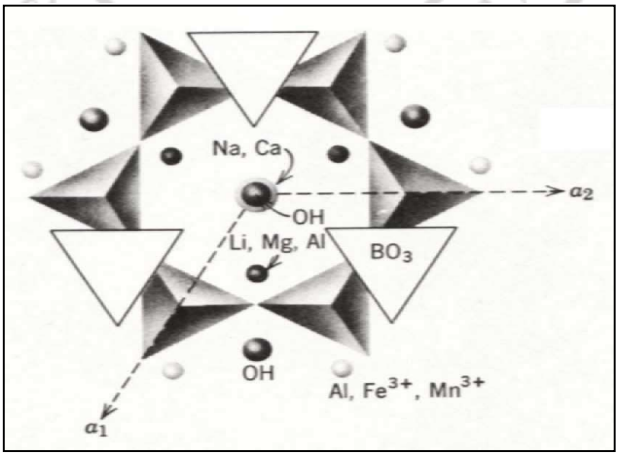
บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สมบัติทั่วไปของทัวร์มาลีน

พลอยทัวร์มาลีน (tourmaline) ชื่อแร่กลุ่มนี้มาจากภาษาสิงหล คำว่า“ทูระมาลี” เมื่อปี พ.ศ. 2246 ได้มีการนำเอาแร่ต่างๆ จากเกาะลังกาไปยังประเทศฮอลันดา เป็นครั้งแรก ซึ่งในบรรดาแร่ต่างๆ ที่นำไปนั้นรู้จักกันดีแล้วทุกอย่าง เหลืออยู่อีกอย่างเดียวที่ไม่ทราบว่าเป็นอะไร จึงได้เรียกชื่อแร่อย่างเดียวที่ไม่ทราบชื่อนั้นว่า “ทัวร์มาลีน”สำหรับทัวร์มาลีนชนิดที่มีเหล็กปนนั้นได้เป็นที่รู้จักกันดีในประเทศเยอรมันนีมานานแล้ว ในสมัยนั้นเรียกทัวร์มาลีนชนิดนี้ว่า ชอล (schorl) และชื่อนี้ก็เลยใช้ติดมาจนกระทั่งปัจจุบันนี้ ซึ่งใช้เรียกทัวร์มาลีนชนิดที่มีเหล็กปนอยู่ด้วยบรรดาทัวร์มาลีนนั้นมีส่วนประกอบทางเคมียุ่งยากมาก แต่ว่าทัวร์มาลีนแต่ละชนิดนั้นก็มีสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ใกล้เคียงกัน สำหรับสูตรเคมีของทัวมาลีนนั้นอาจเขียนได้ดังนี้ คือ XY $[Si_6Al_3B_3(O,OH)_{30}]$ ตามสูตรนี้ โดยธาตุตำแหน่ง X และ R แตกต่างกันตามชนิดแร่ ได้แก่ที่เข้าไปอยู่ใน (ปัญจวรรณ ธนสุทธิพิทักษ์, 2550 : หน้า 69)

Elbaite : X = Na R = Al และ Li
Liddicoatite : X = Ca R = Al และ Li
Dravite : X = Na R = Mg
Uvite : X = Ca R = Mg
Schorl : X = Na R = Fe และ Mg



ภาพที่ 2.1 แสดงลักษณะโครงสร้างภายในของทัวร์มาลีน (อภิเชษฐ์ มณีวงษ์, 2561)

ตำแหน่ง R อาจถูกแทนที่ด้วยธาตุให้สีบางส่วน

Cr /V --> ให้สีเขียวสด

Cu --> ให้สีเขียว-น้ำเงิน

Mn --> ให้สีชมพู-แดง

Fe --> ให้สีน้ำเงินหรือเขียว

ประเภท แร่ อัญมณี ซิลิเกต

โครงสร้างผลึก รูปผลึกระบบไตรโกนัล

ค่าความแข็ง 7–7.5

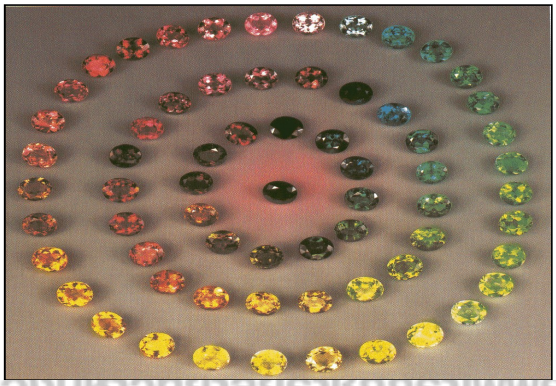
ดรรชนีหักเห n_{ω}=1.635–1.675, n_{ε}=1.610–1.650

สีผงละเอียด สีขาว

ความถ่วงจำเพาะ 3.06 (+.20 -.06)

ความหนาแน่น 2.82–3.32

บรรดาทัวมาลีนทั้งหลายนั้น มีสีจ้ามาก และมีสีไม่กลมกลืนกัน ซึ่งอาจเป็นเปราะๆ หรือเป็นตอนๆ สลับกัน หรืออาจจะเรียกว่าสีต่างก็ได้ ในบรรดาสีแร่ด้วยกันทัวร์มาลีนมีสีสวยที่สุด สีในบรรดาผลึกทั้งหลายของทัวมาลีนนี้ จะค่อยๆ เปลี่ยนสีไปเรื่อยๆ หรือไม่ก็เปลี่ยนสีแบบกะทันหันจากสีหนึ่งไปเป็นอีกสีหนึ่งทันที คล้ายกับว่าใครเอาทัวร์มาลีนสองแท่งคนละสีมาต่อกันไว้เป็นแท่งเดียวกัน บรรดาทัวร์มาลีนนั้นอาจพบทุกสี เป็นอัญมณีที่มีสีหลากหลายที่สุด ชนิดที่เป็นอัญมณีส่วนใหญ่อยู่ในประเภท (species) แอลไบต์ (elbaite) และ ลิดิโคไอต์ (liddicoatite) ซึ่งมี Li อยู่ในโครงสร้าง และประเภทดราไวต์ (dravite) ซึ่งมี Na และ Mg อยู่ในโครงสร้าง



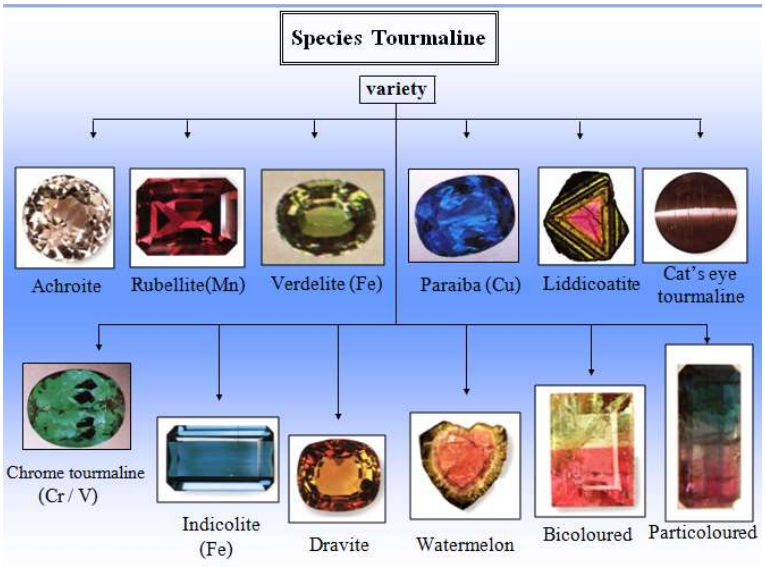
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพที่ 2.2 แสดงสีของพลอยในตระกูลทัวร์มาลีน (อภิเชษฐ์ มณีวงษ์, 2561)

สำหรับทัวร์มาลีนมีมากมายหลายสีนั้น นักวิชาการได้ศึกษาพบว่า สีของทัร์วมาลีนนั้นขึ้นอยู่กับส่วนประกอบทางเคมี แต่สำหรับทัวมาลีนที่มีสีต่างๆ คือสลับกันในแท่งเดียวกันนั้น เนื่องจากว่าขณะที่ผลึกงอกอยู่เรื่อยๆ นั้น สภาพแวดล้อมในที่ๆ ผลึกงอกนั้นได้เปลี่ยนแปลงไป และการที่ทัวร์มาลีนมีสีต่างๆ นั้น เพราะว่าในทัวร์มาลีนมีแคตไอออนของธาตุอื่นๆ รวมอยู่ด้วยซึ่งแคตไอออนเหล่านี้

ที่ทำให้ทัวร์มาลีนต้องมีสีต่างๆกัน เช่นทัวร์มาลีนสีดอกกุหลาบ เพราะว่ามีแคตไอออนของแมงกานีส สามวาเลนซีรวมอยู่ด้วย และทัวร์มาลีนสีเขียวนั้นเพราะว่ามี ferrous iron แต่สีของทัวร์มาลีนที่มีเหล็ก หรือซอร์ลนั้น ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของ ferric กับ ferrous iron ที่มีอยู่ในแร่ดังกล่าวนี้ เช่น บรรดาผลึกที่มีสีน้ำตาลนั้น แสดงว่ามี ferric iron มากกว่า ferrous iron แต่ผลึกทัวร์มาลีนที่มีสีเขียวน้ำตาล หรือสีเขียวนั้น แสดงว่ามี ferrous iron มากกกว่า ferric iron และในเวลาที่ซอร์ล (schorl) ตกผลึกจากสารละลายเพื่อเกิดเป็นแร่นั้น อัตราส่วนระหว่าง ferric กับ ferrous iron ในสารละลายเปลี่ยนแปลงได้ ดังนั้นด้วยเหตุนี้สีของทัวร์มาลีนชนิดนี้จึงเปลี่ยนไปด้วย และอาจจะค่อยๆ เปลี่ยนไปเรื่อยๆ หรือเปลี่ยนทันทีทันใดเลยก็ได้ ดังนั้นเราจะเห็นว่าสีของทัวร์มาลีนนั้นขึ้นอยู่กับสารละลายที่จะตกเป็นผลึกนั่นเอง

เนื่องจากทัวร์มาลีนมีมากสี จึงทำให้มีทัวร์มาลีนหลายชนิดอีกด้วย เช่นสีดำ เรียกว่า ชอร์ล (schorl) ซึ่งตามปกติพบในหินไนส์ หินชีสต์ และหินเปกมาไทท์ส่วนทัวมาลีนสีน้ำตาล เรียก ดราไวท์ (dravite) ซึ่งตามปกติพบในหินปูน (crystalline limestone) แต่สำหรับสีใสๆ มักพบในหินเปกมาไทท์และทัวมาลีนสีชมพู หรือสีแดงนั้นเรียกว่า รูเบลไลท์ (rubellite) ส่วนสีเขียวเรียกว่ามรกตบราซิล (brazillian emerald) สีน้ำเงินเข้ม เรียกว่า อินดีโคไลท์ (indicolite) และบรรดาทัวร์มาลีนที่ไม่มีสี เรียก แอคโคไอต์ (achroite) (อภิเชษฐ์ มณีวงษ์, 2561)



ภาพที่ 2.3 แสดงทัวร์มาลีนชนิดต่างๆ (อภิเชษฐ์ มณีวงษ์, 2561)

บรรดาทัวร์มาลีนนอกจากมีสีมากมายแล้ว ยังมีคุณสมบัติใช้ในด้านวิทยาศาสตร์ และด้านเทคนิคกล่าวคือทำให้ทัวร์มาลีนร้อน หรือทำให้เกิดการเสียดสี หรืออัดความดันเข้าไปในที่ที่มีทัวร์มาลีน แล้วผลจากการกระทำดังกล่าวนี้ จะเกิดประจุไฟฟ้าขึ้นทันที ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้ของทัวร์มาลีน

เอาไปใช้ในเรื่องไฟฟ้า และทำเครื่องมือต่างๆ นอกจากนี้แล้วยังมีประโยชน์อย่างอื่นอีกบรรดาทัวร์มาลีนนี้ นับว่าเป็นแร่ที่มีมาก ซึ่งตามปกติพบในหินแกรนิต ในหินแกรนิตเพกมาไทท์

การกำเนิด พบมากในหินแกรนิต เพกมาไทท์ โดยเฉพาะในหินเพกมาไทท์ ส่วนใหญ่จะพบแร่ทัวร์มาลีนชนิดที่มีสีดำ แต่ชนิดที่มีสีอื่นๆ ก็อาจพบได้เช่นกัน เกิดร่วมกับแร่อื่นๆ เช่น ไมโครคลายน์ อัลไบท์ ควอตซ์ มัสโคไวท์ เลพิโดไลท์ เบอริล อะพาไทท์ และฟลูออไรท์ นอกจากนี้ยังพบว่าเกิดเป็นแร่ที่ไม่จำเป็น (accessory mineral) ในหินอัคนี หินแปรพวกไนส์ชีสท์ และในหินปูนอีกด้วย ซึ่งแต่ละแหล่งกำเนิดอาจพบทัวร์มาลีนที่มีลักษณะเฉพาะหรือสีที่ต่างกัน โดยสีในทัวร์มาลีนเกิดจากการที่มีธาตุปริมาณน้อยเข้าไปแทนที่ในโครงสร้างของผลึกทัวร์มาลีน ทำให้การดูดกลืนแสงและสีเปลี่ยนแปลง เช่น ทัวร์มาลีนสีชมพูมีธาตุให้สีที่เกิดจากธาตุแมงกานิส (Mn) เข้าไปแทนที่ในโครงสร้างผลึก สีเขียวเกิดจากธาตุปริมาณน้อยที่เป็นเหล็ก (Fe) โครเมียม (Cr) หรือวาเนเดียม (V)

2.2 การปรับปรุงคุณภาพอัญมณี

2.2.1 การเผาพลอย (Heat treatment)

ประเทศไทยได้รับการยอมรับจากวงการธุรกิจอัญมณีและเครื่องประดับทั่วโลกว่าเป็นผู้นำในด้านการเผาพลอย มีบุคลากรที่มีความรู้ในการเผาพลอยเป็นจำนวนมาก สามารถเผาพลอยสีต่างๆ ให้มีสวยงามแปลกตาอย่างหลากหลาย จึงเป็นธุรกิจหนึ่งที่เป็นที่เชิดหน้าชูตาและนำรายได้เข้าสู่ประเทศปีละมากๆ ไม่แพ้ธุรกิจใด การเผาพลอยหรือหุงพลอยเป็นกรรมวิธีในการเพิ่มมูลค่าให้กับอัญมณีอย่างหนึ่ง จากการประเมินของ ทนง ลีลาวัฒนสุข และสุชาติ สิงห์บำรุง จากห้องปฏิบัติการวิเคราะห์และตรวจสอบอัญมณี สถาบันวิจัยและพัฒนาอัญมณีและเครื่องประดับแห่งชาติ ประมาณกว่า 80% ของพลอยที่ขุดได้ทั้งหมดจะมีเพียง 10% เท่านั้นที่เป็นพลอยเนื้อดี มีสีสวยงามสามารถนำมาเจียระไนได้เลย ส่วนที่เหลือต้องนำมาผ่านกระบวนการเพิ่มคุณภาพก่อน การเผาพลอยเป็นวิธีหนึ่งได้รับการยอมรับและนิยมใช้กัน เนื่องจากเป็นการให้ความร้อนเข้าไปทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในเนื้อพลอย โดยไม่มีการใส่สารแปลกปลอมใดๆ เข้าไปช่วย นับเป็นการปรับปรุงคุณภาพโดยอาศัยสารเคมีที่อยู่ภายในเนื้อพลอยเอง จึงไม่ถือเป็นการทำเทียมหรือขายของปลอมให้กับผู้ซื้อแต่อย่างใด การเผาพลอยนั้นก็เพื่อให้เกิดผลบางประการที่ทำให้เนื้อพลอยสวยงามขึ้น เช่น เปลี่ยนสีให้เข้มหรือจางลง สีกลมกลืนทั่วทั้งเม็ดพลอยมากขึ้น เนื้อใสสะอาดขึ้น กำจัดตำหนิต่างๆ ในเนื้อพลอย เป็นต้น พลอยที่นิยมนำมาเผาได้แก่

ทับทิม นำมาเผาเพื่อให้ทับทิมมีสีแดงเข้มขึ้น เพราะทับทิมส่วนใหญ่จะมีสีอมม่วงมาก ซึ่งเมื่อเผาตัดสีม่วงไปแล้ว สีแดงจะมีสีสดขึ้น

บุษราคัม บุษราคัมส่วนใหญ่จะมีสีเหลืองอมเขียว เมื่อนำไปเผาแล้วสีเขียวจะน้อยลง ทำให้มีสีเหลืองสดเข้มขึ้น

ไพลิน ไพลินส่วนใหญ่จะมีสีน้ำเงินอมเขียว เมื่อนำไปเผาแล้วสีเขียวจะจางหรือหายไป ทำให้เห็นสีน้ำเงินสดขึ้น

พลอยเนื้ออ่อนชนิดต่างๆ เช่น เพทาย โทแพซ ซิทริน แอเมทีสต์ ฯลฯ เมื่อนำไปเผาแล้วจะเปลี่ยนสีไปเลย เช่น เพทายเมื่อนำไปเผาแล้ว จะเปลี่ยนจากสีน้ำตาลกลายเป็นสีขาวคล้ายเพชร เป็นต้น

สถาบันวิทยบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

การปรับปรุงคุณภาพพลอยแซปไฟร์เพื่อให้ได้สีน้ำเงินเข้มขึ้น ต้องเผาด้วยภาวะบรรยากาศรีดิวซิง ซึ่งอุปกรณ์เตาเผาที่เหมาะสมในการควบคุมบรรยากาศรีดิวซิงได้คือ เตาเผาน้ำมันโซลา และเตาเผาแก๊สหุงต้ม ซึ่งอุปกรณ์เตาเผาทั้งสอง มีจุดเด่นและจุดด้อยต่างกันดังนี้

ภาพที่ 2.4 เตาเผาน้ำมันโซลา (วินัย เมฆอรียะ, 2554)

1. เตาเผาน้ำมันโซลา สามารถสร้างบรรยากาศรีดิวซิงได้ดีกว่าเตาเผาแก๊สหุงต้ม จึงสามารถเผาให้แซปไฟร์เกิดสีน้ำเงินได้มากกว่า และสามารถอบพลอยให้เย็นตัวลงอย่างช้าๆ ด้วยระยะเวลายาวนานได้ มีผลทำให้เกิดสีน้ำเงินได้มากขึ้น กรณีของพลอยแซปไฟร์ที่มีหม่าอ่อน ซึ่งมีปริมาณธาตุมลทินของ Ti น้อย เมื่อเทียบสัดส่วนกับธาตุมลทินของ Fe แต่มีข้อเสียคือ อัตราการเร่งของอุณหภูมิช้า จึงไม่เหมาะกับพลอยแซปไฟร์ที่มีศักยภาพของหม่าหิน ซึ่งมีปริมาณธาตุมลทินของ Ti สูง เมื่อเทียบสัดส่วนกับธาตุมลทินของ Fe

2. เตาเผาแก๊สหุงต้ม สามารถสร้างบรรยากาศรีดิวซิงได้น้อยกว่าเตาเผาน้ำมันโซลาจึงไม่เหมาะสมที่จะใช้เผาพลอยแซปไฟร์ที่มีหม่าอ่อน แต่จะเหมาะสำหรับพลอยแซปไฟร์ที่มีหม่าจัด หรือพลอยแซปไฟร์ที่มีศักยภาพของหม่าหิน เนื่องจากเตาเผาแก๊ส หุงต้มสามารถเร่งอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิได้เร็ว รวมทั้งสามารถยกเบ้าเผาที่อุณหภูมิสูงให้เย็นตัวอย่างรวดเร็วได้ ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการกำจัดหรือลดหม่าหินซึ่งอยู่ ในรูปของ TiO_2 ได้

ภาพที่ 2.5 เตาเผาแก๊สหุงต้ม

พลอยแซปไฟร์ที่มีหม่าอ่อนต้องเผาด้วยเตาน้ำมันโซลาที่อุณหภูมิสูงไม่ต่ำกว่า 1,600 องศาเซสเซียสแล้วอบให้พลอยเย็นตัวอย่างช้าๆประมาณ 2-3 วัน การเผายืน ณ อุณหภูมิสูงสุดที่นาน 8 ชั่วโมง ทำให้ได้สีน้ำเงินเข้มกว่าการยืน 4 ชั่วโมง อย่างไรก็ตาม วัตถุดิบพลอยต้องมีปริมาณธาตุมลทินของ Ti ที่เพียงพอเมื่อเทียบสัดส่วนกับปริมาณธาตุมลทินของ Fe ด้วย หากมีปริมาณ Ti น้อยเกินไปก็ไม่สามารถทำให้เกิดสีน้ำเงินได้แม้จะเผายืนอุณหภูมิสูงสุดยาวนานสักเพียงไรก็ตาม

พลอยแซปไฟร์ที่มีหม่าจัด และพลอยแซปไฟร์ที่มีศักยภาพของหม่าหิน ต้องนำมาเผาไล่อุณหภูมิด้วยเตาเผาแก๊สหุงต้ม โดยเริ่มอุณหภูมิแรกที่ 1,400 องศาเซลเซียสแล้วค่อยๆ เพิ่มอุณหภูมิประมาณ 50 – 100 องศาเซลเซียสไปเรื่อยๆ จนถึงอุณหภูมิ 1,600 - 1,700 องศาเซลเซียสโดยต้องเร่งอุณหภูมิของเตาตั้งแต่เริ่มติดเตา จนถึงอุณหภูมิสูงสุดที่กำหนดภายในระยะเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วยกเบ้าเผาที่ใส่พลอยออกทันทีเพื่อกำจัดหรือลดมิให้หม่าหินเกิดขึ้นในเนื้อพลอย โดยอุณหภูมิที่จะมีผลเริ่มเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำเงินคือ อุณหภูมิ 1,400 องศาเซลเซียส การเผาที่อุณหภูมิสูงกว่า 1,400 องศาเซลเซียส คือ 1,500 - 1,800 องศาเซลเซียส มีโอกาสที่จะทำให้สีน้ำเงินเข้มขึ้นเรื่อยๆ แต่ก็มีโอกาสเกิดหม่าหินเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ เช่นกัน ซึ่งหม่าหินที่เกิดภายหลังการเผาที่อุณหภูมิสูงแล้วจะกำจัดออกได้ยาก หากการไล่อุณหภูมิด้วยเตาเผาแก๊สหุงต้มตามอุณหภูมิที่กำหนดแล้วสีน้ำเงินยังไม่เข้มพอ ก็ให้นำไปเผาด้วยเตาเผาน้ำมันโซลาต่อไป เพื่อเพิ่มระดับความเข้มของสีน้ำเงินตามต้องการ ปัจจัยสำคัญ 4 ประการที่มีผลต่อการเผาพลอย ได้แก่

1) ระยะเวลา (Time) หมายถึง ระยะเวลาสั้นยาว ในการใช้อุณหภูมิในแต่ละระดับ

2) อุณหภูมิ (Temperature) หมายถึง การควบคุมการเปลี่ยนแปลงของระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา ซึ่งต้องสัมพันธ์กับระยะเวลา

3) สภาพบรรยากาศภายในเตาเผา (Atmosphere) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

- สภาวะออกซิเดชั่น คือ สภาพบรรยากาศต้องการก๊าซออกซิเจน
- สภาวะรีดักชั่น คือ สภาพบรรยากาศที่ไม่ต้องการก๊าซออกซิเจน

4) ตัวเชื้อ หรือ องค์ประกอบทางเคมีที่เป็นส่วนประกอบสำคัญหรือเป็นธาตุผ่านที่อยู่ในพลอยที่นำมาเผา องค์ประกอบทางเคมีจะเป็นตัวแปรสำคัญที่จะทำให้พลอยที่นำมาเผานั้น เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือไม่

กรรมวิธีในการเผาขึ้นอยู่กับชนิดของพลอยที่นำมาเผา และวัตถุประสงค์ในการเผา ซึ่งจะต้องพิจารณา ถึงองค์ประกอบสำคัญ 4 ประการที่กล่าวมาเป็นหลัก ถ้าจะกล่าวถึงหลักการคร่าวๆ ในการเผาจะต้องมีดังต่อไปนี้คือ

1) การเผาเพื่อขจัดมลทินแร่รูไทล์ หรือเผาให้พลอยใส ความร้อนที่ใช้ควรจะประมาณ 1,000-1,900 องศาเซลเซียส เผาเสร็จแล้วทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว เรียกเทคนิคการเผาแบบนี้ว่า เผายก

2) การเผาเพื่อปรับปรุงมลทินแร่รูไทล์ ตรงข้ามกับข้อที่ 1. ความร้อนที่ใช้ปริมาณ 1,300-1,900 องศาเซลเซียส ใช้เวลาเผา 1-4 วันหรือมากกว่า วิธีการนี้ใช้เผาเพื่อทำให้ลักษณะขา 6 แฉก ที่อยู่ในพลอยบางชนิดชัดขึ้น

3) การเผาเพื่อเพิ่มสีน้ำเงินในพลอยซัฟไฟร์ อุณหภูมิที่ใช้อยู่ประมาณ 1,600-1,900 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน ใช้ในการเผาพลอยกิวดาซัฟไฟร์จากศรีลังกา ซัฟไฟร์จากแคชเมียร์ สามารถใช้ประกอบกับวิธีที่ 1 เผาเพื่อขจัดมลทินแร่รูไทล์เพื่อทำให้พลอยใสสะอาดขึ้น และมีสีน้ำเงินเข้มขึ้นด้วยเป็นที่สังเกตว่า การเผาแซปไฟร์สีน้ำเงินจากศรีลังกา ถ้าหากเผาในสภาวะออกซิเดชั่นจะได้สีน้ำเงินปริมาณน้อยมาก

4) การเผาเพื่อไล่สีหรือถอยสี ใช้อุณหภูมิประมาณ 800-1,900 องศาเซลเซียส บางครั้งอาจต่ำลงถึง 450 องศาเซลเซียส ในสภาวะออกซิเดชั่น วิธีการนี้ใช้เผาพลอยสีน้ำเงินเข้ม เช่น พลอยแซปไฟร์จากออสเตรเลีย ไทย กัมพูชา และไนจีเรีย เผาเพื่อให้สีของพลอยอ่อนลง และนำไปใช้ในการเผาทับทิมสีแดงติดม่วงของไทย พม่า กัมพูชา ศรีลังกา เคนยา และแทนซาเนีย เพื่อให้สีน้ำเงินและสีม่วงที่ติดอยู่หายไป วิธีการนี้เรียกว่า “เผาถอยม่วง” นอกจากนี้ยังสามารถใช้เผาเพื่อขจัดสีน้ำเงินที่ปนอยู่ในพลอยแซปไฟร์สีเขียวจากแหล่งออสเตรเลียและมอนตานา เพื่อให้ได้สีเหลืองบริสุทธิ์ และเขียวบริสุทธิ์ด้วย

5) การเผาเพื่อเพิ่มสีเหลือง ในพลอยแซปไฟร์สีขาวและสีเหลืองอ่อนจากศรีลังกา เพื่อให้ได้สีเข้มขึ้น และอาจเปลี่ยนพลอยสีชมพูให้กลายเป็นสีส้มได้ วิธีนี้จะใช้อุณหภูมิประมาณ 1,600-1,900 องศาเซลเซียส ในสภาวะออกเดชั่น

ปัจจุบันนี้นักเผาพลอยที่ทันสมัยส่วนใหญ่ใช้เตาไฟฟ้าเพราะเตาไฟฟ้าสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ดีกว่า สะอาดไม่มีเศษเถ้าเชื้อเพลิง และเตาไฟฟ้ายังมีไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมอุณหภูมิสามารถตั้งโปรแกรมได้ว่า จากจุดนี้ถึงจุดนี้ใช้เวลานานเท่าไหร่ ใช้อุณหภูมิเท่าไหร่ และจะเพิ่มอุณหภูมิเป็นเท่าไหร่ สามารถทำได้ทั้งนั้น ไม่จำเป็นต้องเฝ้าตลอดเวลาสามารถวัดอุณหภูมิภายในเตาได้ และเผาได้สูงถึง 1,830 องศาเซลเซียส สามารถเผาพลอยได้หลายชนิดและหลายวัตถุประสงค์

2.2.2 การฉายรังสี (Irradiation)

ปัจจุบันมีผู้สนใจการเพิ่มมูลค่าของอัญมณี ด้วยการฉายรังสี ให้มีสีเปลี่ยนไปจากเดิม และมีสีสันสวยงามขึ้น รังสีที่นิยมใช้กันมีอยู่ 3 ชนิด คือ

1. รังสีแกมมา จากไอโซโทปโคบอลต์-60 รังสีแกมมาเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การฉายอัญมณีด้วยรังสีแกมมา ไม่ก่อให้เกิดไอโซโทปรังสีใดๆ ภายในเนื้ออัญมณี

2. อิเล็กตรอนพลังงานสูง (10-20 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์) จากเครื่องเร่งอนุภาค เมื่อนำมาฉายอัญมณีจะทำให้เกิดความร้อนเฉพาะที่สูงมาก อาจทำให้อัญมณีแตกร้าวได้ จึงต้องมีการระบายความร้อนด้วยน้ำ อิเล็กตรอนให้ปริมาณรังสีดูดกลืนแก่อัญมณีสูงกว่ารังสีแกมมา จึงทำให้ผิวของอัญมณีมีสีสดสวยกว่า

3. นิวตรอน จากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ เนื่องจากรังสีนิวตรอนสามารถทะลุทะลวงเข้าไปได้ดีกว่าอิเล็กตรอน เมื่อนำมาฉายอัญมณีทำให้รับรังสีสม่ำเสมอทั่วทั้งก้อน การอาบด้วยรังสีนิวตรอนจะก่อให้เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์กับธาตุต่างๆ ในอัญมณีแต่ละชนิดแตกต่างกันไป จึงต้องปล่อยทิ้งไว้ให้ไอโซโทปรังสีสลายกัมมันตรังสีจนมีระดับรังสีที่ปลอดภัย โดยใช้มาตรฐานสากลคือ ความแรงรังสีต้องไม่เกิน 2 นาโนคูรีต่อกรัม (ปัญจวรรณ ธนสุทธิพิทักษ์, 2551 : หน้า 46-48)

ปัจจุบันสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ ประสบความสำเร็จในการฉายรังสีโทแพซ (topaz) ซึ่งมีสีฟ้าอ่อนหรือใสไม่มีราคา เมื่อนำไปอาบรังสีนิวตรอนจะกลายเป็นสีฟ้าเข้ม และจะไม่มีการเปลี่ยนสีแม้ถูกแสงสว่างนานเพียงใดก็ตาม ทำให้มีราคาเพิ่มขึ้นกะรัตละ 5-30 เท่านอกจากนี้ยังประสบความสำเร็จในการเปลี่ยนสีของทัวร์มาลีน (tourmaline) โดยการฉายรังสีแกมมา จากเดิมใสสีชมพูอ่อน กลายเป็นสีแดงหรือสีชมพูเข้ม ซึ่งปัจจุบันศูนย์ฉายรังสีอัญมณี สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ ได้ให้บริการฉายรังสีโทแพซและทัวร์มาลีนแก่ผู้สนใจทั่วไป

ตารางที่ 2.1 การเปลี่ยนแปลงของสีอัญมณีเมื่อฉายรังสี

ชนิดอัญมณี	การเปลี่ยนแปลง
เบริล และ อะความารีน	จากไม่มีสีเปลี่ยนเป็นสีเหลือง สีฟ้าถึงเขียว สีจางเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน
คอรันดัม	จากไม่มีสีเปลี่ยนเป็นสีเหลือง สีชมพูเป็นพัดพาราชา
เพชร	จากไม่มีสีหรือสีจาง ๆ เปลี่ยนเป็นสีฟ้า เขียว ดำ เหลือง น้ำตาล ชมพู หรือแดง
ไข่มุก	สีจะเปลี่ยนเข้มขึ้นเป็นสีเทา น้ำตาล ฟ้า หรือดำ
ควอตซ์	จากไม่มีสี สีเหลือง สีเขียว เปลี่ยนเป็นสีควัน แอเมทิสต์ และ ซิทริน
สปอดูมีน และ คุนไซต์	เปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือเขียว
โทแพซ	จากไม่มีสีเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ส้ม น้ำตาล หรือฟ้า
ทัวร์มาลีน	จากไม่มีสีหรือสีจางเปลี่ยนเป็นสีเหลือง น้ำตาล ชมพูแดง หรือสองสี เขียว-แดง สีฟ้าเปลี่ยนเป็นสีม่วง
เซอร์คอน	จากไม่มีสีเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลถึงสีแดง

โทแพซไม่ฉายรังสี

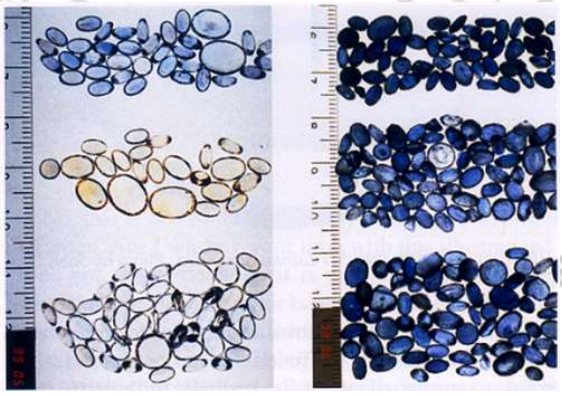
โทแพซฉายรังสีนิวตรอน

ภาพที่ 2.6 แสดงอัญมณีก่อนและหลังถูกฉายรังสี

2.2.3 การซ่านสี (Diffusion)

เป็นเทคนิคในการทำให้เกิดสีบนผิวคอรันดัม โดยสารให้สีแทรกซึมเข้าไปในเนื้ออัญมณีเป็นชั้นบางมาก ไม่เกิน 1 มิลลิเมตร ต่างจากการเคลือบสีและการอัดสีที่สีซึมเข้าไปในเนื้อพลอยได้ลึกกว่าตามรอยต่อผลึก แต่สีของคอรันดัมที่เกิดจากการซ่านสีเข้าไปในระดับอะตอมเท่านั้น ต้องทำพร้อมกับการเผาที่อุณหภูมิสูงมากเป็นเวลานาน เพื่อเปิดโครงสร้างผลึกให้อะตอมของสารให้สีสามารถแทรกเข้าไปได้ และต้องเจียระไนอัญมณีให้เรียบร้อยก่อนทำการซ่านสี วิธีนี้ไม่เป็นที่ยอมรับ นิยมทำกับแซปไฟร์สีน้ำเงินมากที่สุด

วิธีซ่านสียังพบในคอรันดัมสตาร์ (star corundum) โดยนำพลอยธรรมชาติที่มีหรือไม่มีสตาร์อยู่ก่อนแล้วมาเจียระไนเป็นรูปหลังเบี้ยก่อนนำไปเผาร่วมกับผงอะลูมินาและสารให้สีเช่นเดียวกับการซ่านสีตามปกติ แต่มีการเพิ่มสารไทเทเนียมออกไซด์ (TiO_2) ที่ทำให้เกิดสตาร์เข้าไปด้วย สตาร์ที่เกิดขึ้นจะอยู่เฉพาะบริเวณผิวและเห็นได้ชัดเจน ถ้านำไปขัดเงาจนลึกเกินไปลักษณะสตาร์จะหายไปบางส่วนหรือทั้งหมด (ปัญจวรรณ ธนสุทธิพิทักษ์, 2551 : หน้า 56-57)



ภาพที่ 2.7 แสดงพลอยไพลินจากแหล่งศรีลังกา ก่อนและหลังเผาเคลือบสี

2.2.4 การย้อมสี (Dyed)

การย้อมสีนิยมทำกับพลอยที่มีรอยแตก เพราะสีจะสามารถซึมเข้ารอยแตกได้ เช่น ควอรตซ์หยก ลาปิสลาซูลี และทับทิม การทดสอบพลอยย้อมสีสามารถทำได้โดยใช้กล้องจุลทรรศน์จะเห็นสีเข้มตามรอยแตก ในกรณีของทับทิมย้อมสี เราทดสอบโดยนำสำลีที่ชุบแอลกอฮอล์ หรืออะซีโตนเช็ดด้านหลังของพลอย จะเห็นสีแดงติดที่สำลี

2.2.5 การแช่น้ำมัน (Oiling)

การแช่น้ำมัน นิยมทำกับมรกต เนื่องจากมรกตเป็นพลอยที่มีรอยแตกมาก การแช่น้ำมันจะทำให้พลอยดูดีขึ้น เนื่องจากน้ำมันจะแทรกไปตามรอยแตก ช่วยปิดบังรอยแตกการทดสอบพลอยแช่น้ำมัน ทำได้โดยใช้เข็มร้อนจี้ตามรอยแตก จะเห็นมีน้ำมันเยิ้มออกมา ซึ่งเห็นได้ชัดเจนเมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์

2.2.6 การอุด (Surface repair)

การอุดพลอยทำได้โดยนำซิลิกาเจล (Silica gel) ป้ายบริเวณที่ต้องการจะอุด แล้วนำพลอยไปเผา ซิลิกาเจลจะกลายเป็นแก้วติดเข้าไปในหลุมการตรวจสอบให้ใช้กล้องจุลทรรศน์ จะพบว่าความวาวของบริเวณผิวพลอย และบริเวณที่อุดจะแตกต่างกัน ตรงบริเวณที่อุดจะพบฟองอากาศ เมื่อหยดกรดกัดแก้วลงในหลุมที่อุดไว้ กรดกัดแก้วจะทำปฏิกิริยากับแก้วที่อุดไว้ ทำให้เห็นเป็นหลุมดังเดิม

2.2.7 การเคลือบพลอยด้วยขี้ผึ้งหรือพลาสติก (Wax or plastic impregnation)

การเคลือบด้วยขี้ผึ้งหรือพลาสติกนิยมใช้กับพลอยที่มีผิวไม่เรียบ เมื่อเคลือบแล้วพลอยจะสวยขึ้น พลอยที่นิยมเคลือบด้วยขี้ผึ้งหรือพลาสติก ได้แก่ เทอร์ควอยส์ ลาพิสลาซูลี และหยก การตรวจสอบทำได้โดยใช้เข็มร้อนจี้จะมีกลิ่นขี้ผึ้งและพลาสติก

2.2.8 พลอยปะ (Assembled stones)

พลอยปะที่มีในท้องตลาดมีทั้งพลอยปะ 2 ชั้น และพลอยปะ 3 ชั้น เช่น คอรันดัมปะ 2 ชั้น (Corundum doublet), โกเมนปะด้วยแก้ว (Garnet glass doublet), โอปอลปะ 2 ชั้น (Opal doublet) และโอปอลปะ 3ชั้น (Opal triplet), เบริลปะ 3 ชั้น (Beryl triplet), หยกปะ 3 ชั้น (Jadeite triplet), ควอรตซ์ปะ 3 ชั้น (Quartz triplet) และสปิเนลสังเคราะห์ปะ 3 ชั้น (Synthetic spinel triplet) เป็นต้น

การตรวจสอบพลอยปะทำได้โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ คีบพลอยโดยให้หน้าพลอยและก้นพลอยอยู่ระหว่างปากคีบ สังเกตพลอยด้านข้างจะเห็นรอยต่อของแต่ละชั้น และเมื่อคีบพลอยให้ปากคีบจับอยู่ที่ขอบพลอย (Girdle to girdle) แล้วมองผ่านกล้องจุลทรรศน์ จะเห็นฟองอากาศที่อยู่ระหว่างชั้นชัดเจน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

2.2.9 การฉาบสี (Foilback)

การฉาบสีเป็นการฉาบโลหะสีไว้ด้านหลังพลอย จะช่วยให้สีและประกายของพลอยดีขึ้น ทั้งนี้เพราะโลหะสีที่ฉาบไว้จะช่วยในการสะท้อนแสงของตัวพลอย พบว่าแก้วฉาบสีมีมากในท้องตลาด (ณัฐฐา, 2560)

2.3 เครื่องมือในการวิเคราะห์และเก็บข้อมูล

2.3.1 เครื่องชั่งความถ่วงจำเพาะ (specific gravity balance)

เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับหาค่าความถ่วงจำเพาะของอัญมณี ซึ่งอัญมณีแต่ละชนิดจะมีค่าความถ่วงจำเพาะที่แตกต่างกัน แต่ค่าความถ่วงจำเพาะของอัญมณีอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงบ้างเล็กน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณอินคลูชันหรือมลทินที่ปะปนอยู่ภายในเนื้ออัญมณี

สูตรการหาค่าความถ่วงจำเพาะ

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ} = \frac{\text{น้ำหนักของอัญมณีที่ชั่งในอากาศ}}{\text{น้ำหนักของอัญมณีที่ชั่งในอากาศ} - \text{น้ำหนักของอัญมณีที่ชั่งในน้ำ}}$$

ข้อควรระวัง

1. ตัวอย่างอัญมณีต้องสะอาดปราศจากไขมันและสิ่งสกปรกอื่นๆ

2. ในขณะที่ชั่งทุกส่วนของอัญมณีต้องจมอยู่ใต้ผิวน้ำ ไม่สัมผัสส่วนใดส่วนหนึ่งของภาชนะและต้องไม่มีฟองอากาศติดอยู่ที่อัญมณี

3. อัญมณีบางชนิดมีรูพรุนเช่น มาลาไคท์ เทอร์ควอยส์ เป็นต้น ซึ่งอาจดูดซับน้ำหรือยอมให้น้ำซึมผ่านได้ ดังนั้นจึงมีโอกาสทำให้อ่านค่าไม่ถูกต้อง อัญมณีบางชนิดอาจถูกทำลายหรือละลายในน้ำได้ ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้

4. การวิเคราะห์ด้วยวิธีแทนที่น้ำใช้ได้ดีกับอัญมณีที่มีน้ำหนักมากกว่า 1-2 กะรัตขึ้นไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการใช้และความละเอียดของเครื่องชั่ง ยิ่งอัญมณีมีขนาดเล็กหรือน้ำหนักน้อยก็ยิ่งมีค่าผิดพลาดของการวิเคราะห์มากขึ้น ดังนั้นหากอัญมณีที่ทดสอบมีขนาดเล็กมาก ก็ยิ่งต้องใช้เครื่องชั่งที่มีความละเอียดสูงขึ้นเพื่อให้ได้ผลที่น่าเชื่อถือ

5. หมั่นสังเกตอยู่เสมอว่าเครื่องชั่งมีความเที่ยงตรงหรือไม่ เช่น ถ.พ. ในอัญมณีที่ทราบค่า ถ.พ. อยู่แล้วอย่างสม่ำเสมอ เพื่อเป็นการเปรียบเทียบ หากพบว่าเครื่องชั่งผิดพลาดควรปรับเครื่องชั่งให้เที่ยงตรง หากชำรุดควรซ่อมแซมก่อนใช้ (เสรีวัฒน์ สมินทร์ปัญญา, 2550 : หน้า 115-118)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพที่ 2.8 เครื่องชั่งความถ่วงจำเพาะ

2.3.2 เครื่องรีแฟรกโตมิเตอร์ (refractometer)

เป็นเครื่องมือที่หาค่าดัชนีหักเหของอัญมณี สามารถหาค่าดัชนีหักเหทั้งอัญมณีที่ทึบแสง โปร่งแสง และโปร่งใส ค่าดัชนีหักเหของอัญมณีนับว่าเป็นค่าคงที่ที่นิยมใช้เป็นสิ่งบ่งบอกชนิดของมณีได้อย่างถูกต้องและเชื่อถือ การวัดค่าดัชนีหักเหของอัญมณีออกมาเป็นตัวเลขเชิงปริมาณ และความแม่นยำนั้น อาศัยเครื่องมือทางแสงที่เรียกว่ารีแฟรกโตมิเตอร์

การหาค่าดัชนีหักเหมีวิธีการวัดและอ่านค่าขั้นพื้นฐานอยู่ 2 วิธีจำแนกตามลักษณะความเรียบหรือโค้งของพื้นผิวของอัญมณีคือ อ่านค่าจากอัญมณีที่มีผิวเรียบหรือหน้าเรียบ และอ่านค่าจากอัญมณีที่มีผิวโค้งเช่นรูปหลังเบี้ย การหาค่าดัชนีหักเหของอัญมณีผิวเรียบมีดังนี้

1) เปิดฝารีแฟรกโตมิเตอร์

2) หยิบตัวอย่างขึ้นมาเลือกหน้าเรียบที่สุดและกว้างที่สุด โดยมักจะเป็นหน้าเทเบิล แล้วทำความสะอาดหน้าดังกล่าวด้วยกระดาษหรือผ้าเช็ดอัญมณีที่สะอาด

3) เปิดไฟให้แสงผ่านช่องรับแสงด้านหลัง

4) ยอดน้ำยาหาค่าดัชนีหักเหในปริมาณเท่าปลายเข็มลงบนแผ่นโลหะด้านบนรีแฟรกโตมิเตอร์

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

5) วางตัวอย่างโดยใช้หน้าเรียบที่เลือกไว้บนน้ำยาและเลื่อนไปมาเบาเบาเพื่อเกลี่ยให้น้ำยากระจายออก

6) เลื่อนตัวอย่างอย่างเบาที่สุดไปอยู่กลางแท่งแก้วปริซึมให้ขนานกับด้านยาวของแท่งแก้วปริซึม ข้อควรระวังอย่าใช้ปากคีบพลอย (Tweezars) และอย่ากดตัวอย่างบนแท่งแก้วปริซึมเพราะอาจทำให้แท่งแก้วปริซึมเป็นรอยได้

7) เคลื่อนศีรษะออกจากรีแฟรกโตมิเตอร์ให้ห่างประมาณ 10-12 นิ้ว มองผ่านเลนส์เพื่อหาภาพขอบของตัวอย่างที่ปรากฏบนสเกลและอาจเลื่อนตัวอย่างเบาๆขึ้นลงได้จากศูนย์กลางของแท่งแก้วปริซึม

8) สำหรับรีแฟรกโตมิเตอร์ที่ยังไม่ได้ใส่เลนส์ขยายเข้ากับตัวเครื่องให้สังเกตภาพของขอบตัวอย่างเคลื่อนที่ขึ้นและลงผ่าน สเกลในขณะที่ชะโงกศีรษะขึ้นลง โดยหยุดเมื่อเห็นภาพตัวอย่างอยู่ ณ ตำแหน่งสเกลบนสุด ณ ตำแหน่งนี้จะเห็นภาพมืดทั้งหมดแล้วค่อยค่อยเคลื่อนศีรษะลงอย่างช้า โดยจับตามองที่ภาพของตัวอย่างและสเกล จะมีบางตำแหน่งที่ส่วนล่างของภาพสว่างขึ้น การอ่านค่าดัชนีหักเหอย่างถูกวิธีนั้น สายตาควรมองตรงและตั้งฉากกับเลนส์ตา (เสรีวัฒน์ สมินทร์ปัญญา, 2550 : หน้า 115-118)

ภาพที่ 2.9 เครื่องรีแฟรกโตมิเตอร์

2.3.3 เครื่องโพลาริสโคป (polariscope)

เครื่องโพลาริสโคป เป็นเครื่องมืออย่างง่ายที่ใช้สะดวกและทราบผลการทดสอบรวดเร็ว สามารถใช้ในการทดสอบอัญมณีได้ทั้งอัญมณีโปร่งใส และโปร่งแสงทั้งในรูปที่ยังไม่ได้เจียระไนหรือที่ผลึก ที่เจียระไนแล้วรวมทั้งที่เป็นลูกปัดที่ลอยอยู่ในสายรูปแกะสลักขนาดเล็กแม้จะอยู่ในตัวเรือนหรือไม่ก็ตามทั้งนี้ ยกเว้นอัญมณีทึบแสงหรือที่อยู่ในตัวเรือนซึ่งไม่ยอมให้แสงผ่านไปได้เท่านั้น จะไม่สามารถทดสอบด้วยเครื่องมือนี้ได้

การทดสอบอัญมณีด้วยโพลาริสโคป มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดลักษณะทางแสง (optical characteristics) ของอัญมณีว่าเป็นชนิดหักเหเดี่ยว (single refraction : SR) เช่นเพชร การ์เนต สปิเนล แก้ว พลาสติก หักเหคู่ (Double refraction : DR) เช่น แซปไฟร์, โทแพซหรือชนิดผลึกกลุ่ม (aggregates or polycrystalline : AGG) เช่น เจไดต์, เนไฟรต์, คาลซิโดนี สำหรับอัญมณีที่เป็นชนิดหักเหคู่ยังสามารถจำแนกย่อยลงไปอีกได้ว่าเป็นชนิดแกนแสงเดี่ยว (uniaxial + หรือ -) และเป็นชนิดแกนแสงคู่ (biaxial + หรือ -)

ขั้นตอนการใช้เครื่องโพลาริสโคป

1) กดสวิตช์เปิดเครื่องจัดโพลาริสโคปให้อยู่ที่ตำแหน่งมืด

2) วางพลอยบนแผ่นแก้วเหนือตัวทำแสงโพลาไรซ์

3) หมุนพลอยรอบตัวเอง 360 องศามองแผ่นวิเคราะห์สังเกตปฏิกิริยาทางแสงที่เกิดขึ้น

- ถ้าพลอยมืดทุกตำแหน่งแสดงว่าพลอยตรวจสอบเป็นหักเหเดี่ยว SR
- ถ้าพลอยสว่างทุกตำแหน่งแสดงว่าพลอยตรวจสอบเป็นผลึก AGG
- ถ้าพลอยกระพริบมืด - สว่างแสดงว่าพลอยตรวจสอบอาจเป็น DR หรือ ADR

(เสรีวัฒน์ สมินทร์ปัญญา, 2550 : หน้า 115-118)

ภาพที่ 2.10 เครื่องโพลาริสโคป

2.3.4 เครื่องสเปกโตรสโคป (spectroscope)

สเปกโตรสโคป เป็นเครื่องมือที่สามารถทำให้แสงสีขาวกระจาย (disperse) หรือเลี้ยวเบน (diffract) ออกเป็นสเปกตรัม (spectrum) สีต่างๆที่ตามองเห็นได้อยู่ในช่วงคลื่น 400 – 700 นาโนเมตร ได้แก่ สีม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด และแดง อัญมณีบางชนิดสามารถดูดกลืนแสงบางช่วงคลื่นที่ผ่านหรือตกกระทบตัวมันเองเอาไว้ ซึ่งการที่จะดูดกลืนแสงสีใด ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีและโครงสร้างของอัญมณี ดังนั้นเมื่อแสงสีขาวที่ผ่านหรือสะท้อนจากอัญมณีออกมาก่อนแล้วผ่านเข้าไปยังสเปกโตรสโคป จะทำให้สเปกตรัมของสีต่างๆที่ปรากฏออกมามีรูปเฉพาะตัวขึ้นอยู่กับชนิดของอัญมณี เพราะแสงบางช่วงคลื่นถูกอัญมณีดูดกลืนเอาไว้

สเปกโตรสโคปที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์อัญมณีหากอาศัยลักษณะการทำให้เกิดสเปกตรัมในเครื่องมือจะแบ่งได้ 2 แบบ คือ แบบปริซึม หรือ แบบปริซึมสเปกโตรสโคป (prism spectroscope) และดิฟแฟรกชันเกรตติงสเปกโตรสโคป (diffraction grating spectroscope)

ขั้นตอนการใช้สเปกโตรสโคป

1) เปิดใช้ไอริสไดอะเฟรมให้กว้างพอที่จะจับตัวอย่างได้ วางตัวอย่างลงบนไดอะเฟรมให้แน่น ถ้าตัวอย่างมีรูปร่างกลม ให้วางคิวเล็ตลงด้านล่าง

2) เปิดไฟ

3) ปรับลำแสงให้ส่องผ่านตัวอย่างอย่างเหมาะสม เช่น ตัวอย่างสีจางลดความสว่างขอหลอดไฟลง ถ้าตัวอย่างสีเข้มหรือโปร่งแสงให้เพิ่มความสว่าง

4) ปรับส่วนที่เป็นสเปกโตรสโคปให้อยู่เหนือตรงตัวอย่าง โดยปลายกระบอกห่างจากตัวอย่างประมาณ 1 นิ้ว

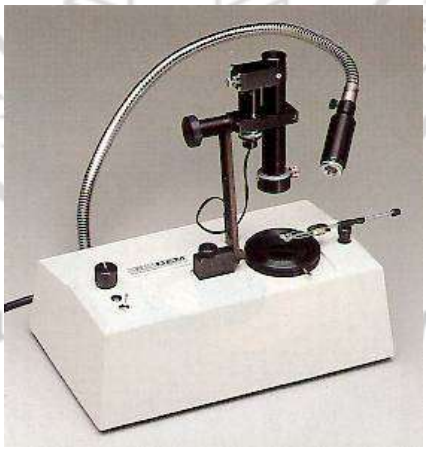
5) ดึงกระบอกสเกล (draw tube) ขึ้นไปให้ห่างที่สุดซึ่งกระบอกสเกลเวลาดึงขึ้นสุด จะทำให้แถบสีน้ำเงินชัดขึ้นถ้าดึงลงต่ำสุดจะเห็นสีแดงชัดเจน

6) มองผ่านกล้องสเปกโตรสโคปโดยให้ห่างจากปากกล้องประมาณ 2 นิ้ว หมุนช่องรับแสง (slit) ให้ปิดสนิทก่อนแล้วค่อยๆเปิดออกจนมองเห็นสเปกตรัมชัดเจน ดึงกระบอกสเกลลงเพื่อปรับให้มองเห็นสเกลชัดขึ้น

7) เลื่อนสเปกโตรสโคปไปข้างหน้าและหลังเพื่อมองสเปกตรัม จัดให้กล้องสเปกโตรสโคปอยู่ในตำแหน่งที่มองเห็นสเปกตรัมได้ชัดและแสงสม่ำเสมอ ถ้าไม่เห็นสเปกตรัมให้เปลี่ยนตำแหน่งตัวอย่างใหม่

8) พิจารณาสเปกตรัมมีช่วงไหนถูกดูดกลืนบ้างซึ่งการดูดกลืนอาจมีลักษณะใดลักษณะหนึ่งหรือหลายลักษณะดังต่อไปนี้

- เส้น (liner) แนวมืดแคบๆอาจจะชัด
- แถบ (bands) เป็นแถบมืดกว้างกว่าเส้นแต่มีความคมชัดน้อยกว่า
- การดูดกลืนเป็นแนวกว้าง (general absorption) เป็นแนวมืดที่เลื่อนๆ บางครั้งพบเป็นแนวค่อนข้างแคบแต่มักพบครอบคลุมสเปกตรัมเป็นแนวกว้าง
- แนวคัทออฟ (cut off) เป็นเขตที่ดูดกลืนทั้งหมดหรือมืดทั้งหมดนับจากขอบของสเปกตรัมเข้ามาในเขตของสเปกตรัม ส่วนใหญ่อยู่ในด้านสีน้ำเงินและม่วง (เสรีวัฒน์ สมินทร์ปัญญา, 2550 : หน้า 115-118)



ภาพที่ 2.11 เครื่องสเปกโทสโคป

ลิขสิทธิ์ของ พรรณี

2.3.5 กล้องจุลทรรศน์วิเคราะห์อัญมณี (gemological microscope)

เครื่องมือที่สำคัญที่สุดในการระบุชนิดอัญมณีคือกล้องจุลทรรศน์ เป็นเครื่องมือที่ตรวจแยกพลอยธรรมชาติและพลอยสังเคราะห์ โดยการตรวจหาสิ่งที่เรียกว่ามลทิน (Inclution) ภายในพลอย

วิธีใช้กล้องจุลทรรศน์วิเคราะห์อัญมณี

1) ทำความสะอาดอัญมณีให้ทั่วถึงและสะอาดด้วยผ้าเช็ดอัญมณี

2) ปรับกล้องจุลทรรศน์ให้ได้กำลังขยาย 10 เท่า

3) เปิดสวิตช์ไฟในถ้วยแสง โดยเริ่มที่ดาร์กฟิลด์

4) ใช้ปากคีบคีบอัญมณีแล้วนำมาบริเวณเหนือถ้วยแสง

5) คีบอัญมณีบริเวณเกอร์เดิลหรือด้านข้าง แล้วสังเกตอัญมณีด้านบนเทเบิลและพลิกอัญมณีกลับด้านเพื่อสังเกตุด้านล่าง

6) คีบอัญมณีด้านบริเวณเทเบิล-คิวเล็ตแล้วสังเกตอัญมณีบริเวณด้านข้างอาจใช้นิ้วช่วยหมุนอัญมณี เพื่อให้การสังเกตด้านข้างได้โดยรอบ

7) ปรับกำลังขยายให้สูงขึ้นเพื่อมองหาลักษณะที่ไม่พบในกำลังขยายต่ำ เพิ่มหรือลด กลับไปมาได้ตามความต้องการโดยเฉพาะใช้กำลังขยายสูงเพื่อสังเกตรูปแบบหรือลักษณะภาพรวมหรือภาพกว้างของตำหนิได้ ไม่ควรใช้กำลังขยายสูงเกินความจำเป็นในการสังเกตอินคลูชั่น เนื่องจากหากเพิ่มกำลังขยายให้มากขึ้น จะทำให้มองรายละเอียดได้น้อยลงหรือแคบลงอีกทั้งความชัดลึกจะน้อยลงด้วย

8) ปิดไฟจากถ้วยแสงแล้วเปิดไฟส่องบนเพื่อให้แสงไฟสะท้อนที่ผิวของตัวอย่าง ในขั้นตอนนี้ให้ตรวจสอบลักษณะผิวของตัวอย่างจากด้านบนล่างและบริเวณด้านข้างของตัวอย่างจนทั่ว

9) บันทึกรายละเอียดที่พบ (เสรีวัฒน์ สมินทร์ปัญญา, 2550 : หน้า 115-118)

ภาพที่ 2.12 กล้องจุลทรรศน์วิเคราะห์อัญมณี

ลิขสิทธิ์ของ พรรณี

2.3.6 หลอดแสงอัลตราไวโอเลต (ultraviolet lamp)

เป็นเครื่องมือทดสอบอัญมณีบางชนิดที่มีการเปล่งแสงลูมิเนสเซนท์ เมื่อได้รับการกระตุ้นจากรังสีอัลตราไวโอเลต เช่น การวาวแสงฟลูออเรสเซนท์ ซึ่งหมายถึงอัญมณีวาวแสงเป็นสีที่เรามองเห็นได้ในขณะที่อัญมณีนั้นอยู่ภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต หรือการเรืองแสงฟอสฟอเรสเซนท์คือ อัญมณียังคงปลดปล่อยแสงที่ตามองเห็นได้ออกมาเป็นช่วงสั้นๆ หลังจากแหล่งกำเนิดรังสีอัลตราไวโอเลตถูกดับไปแล้ว เครื่องมือสำหรับตรวจสเปกตรัมซึ่งเป็นแถบคลื่นสั่นสะเทือนของแม่เหล็กไฟฟ้า ที่เกิดจากการหักเหของแสงสีขาวออกมาเป็นแถบสีรุ้งสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ตั้งแต่สีแดงถึงสีม่วงคลื่นแสงที่ส่องผ่านเพชรพลอย จะมีการดูดกลืนของคลื่นแสงไม่เหมือนกันซีเล็กทิปแอฟซอฟร์ชัน ฉะนั้นการตรวจสเปกตรัมในพลอยจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยวิเคราะห์แยกชนิดของพลอย

รังสี ยูวีที่กระตุ้นจะมีพลังงาน 2 ช่วงคือ

ยูวีพลังงานต่ำหรือคลื่นยาว (LWUV) มีความยาวคลื่นเท่ากับ 356 นาโนเมตร

ยูวีพลังงานสูงหรือคลื่นสั้น (SWUV) มีความยาวคลื่นเท่ากับ 254 นาโนเมตร

วิธีการใช้เครื่องกำเนิดแสงยูวี

1) ทำความสะอาดพลอย

2) วางพลอยบนพื้นผิวสีดำ

3) ปรับสายตาให้เข้ากับความมืดของกล่องยูวี

4) กดปุ่ม SWUV และ LWUV เพื่อดูผลการวาวแสงของพลอย อย่ามองรังสียูวีโดยตรงไปที่หลอดไฟจะเป็นอันตรายต่อดวงตา (เสรีวัฒน์ สมินทร์ปัญญา, 2550 : หน้า 115-118)

ลิขสิทธิ์ของม พรรณี

ภาพที่ 2.13 เครื่องตรวจสอบการเรืองแสง

2.3.7 เครื่อง ยูวี-วิส-เอ็นไออาร์ สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (UV-VIS-NIR Spectrophotometer)

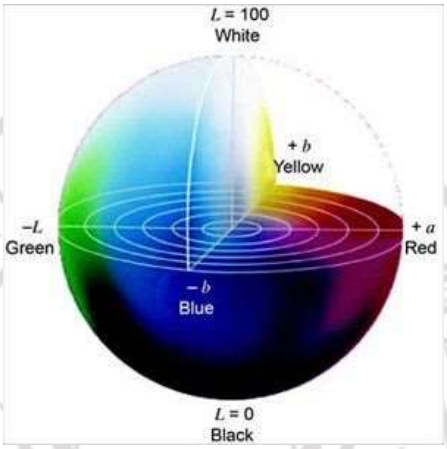
เป็นเครื่องวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสีและสเปกตรัมการดูดกลืนแสง โดยหลอดดิวเทอเรียมให้แสงในช่วงความยาวคลื่น 190 -350 นาโนเมตรและ หลอดฮาโลเจนให้แสงที่มีความยาวคลื่นในช่วง 330 –2,700 นาโนเมตร ดังนั้นจึงต้องใช้โมโนโครเมเตอร์ เป็นตัวกระจายแสงออกเพื่อให้แสงที่จะผ่านไปยังตัวอย่างมีความยาวคลื่นตามที่ต้องการหลังจากนั้นแสงความยาวคลื่นที่ต้องการจะผ่านไปยังเซลล์ที่บรรจุสารตัวอย่างและสารเปรียบเทียบซึ่งมีรูปร่างต่างๆกันออกไป แสงในส่วนที่ไม่ถูกดูดกลืนจะเดินทางผ่านตัวอย่างมาถึงเครื่องตรวจวัดสำหรับเครื่องตรวจวัดที่ใช้ได้แก่ photomultiplier tube สำหรับช่วง UV-VIS และ Peltier Cooled PbS Detector สำหรับช่วง NIR เครื่องจะทำการบันทึกค่าความยาวคลื่น ร่วมกับค่ามุมของแต่ละความยาวคลื่นที่เกิดจากการดูดกลืนผลของสเปกตรัมที่ได้จะแสดงในค่าแอฟซอฟร์แบน และค่าความยาวคลื่นสามารถใช้วิเคราะห์ปริมาณและชนิดของสารตัวอย่างโดยอาศัยความแตกต่างของการดูดกลืนแสงในแต่ละสารตัวอย่างที่ช่วงความยาวคลื่น Raviolet(UV), Visible(VIS) และ Near Infrared (NIR)

ภาพที่ 2.14 เครื่อง ยูวี-วิส-เอ็นไออาร์ สเปกโทรโฟโตมิเตอร์

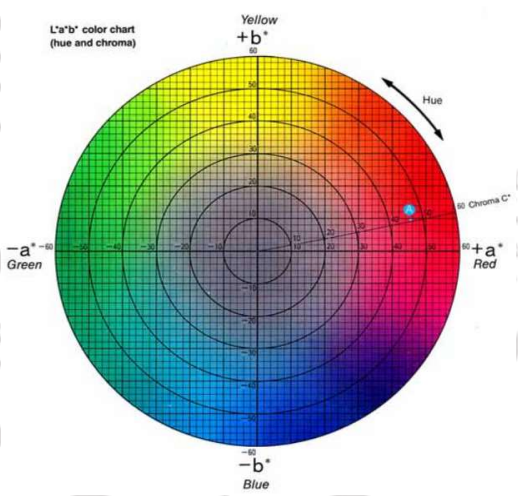
2.4 ระบบสี CIE L*a*b*

เป็นอุปกรณ์เพื่อใช้วัดสีที่มีมาตรฐานและลดความไม่เป็นกลางเนื่องจากปัจจัยของแหล่งกำเนิดแสงและผู้สังเกตการณ์ องค์กรที่มีบทบาทสำคัญในการกำหนดมาตรฐานด้านสี คือ Commission Internationalde l'Eclairage (CIE) หรือในชื่ออังกฤษว่า International Commission on Illumination องค์กรนี้ได้กำหนดมาตรฐานการวัดสีซึ่งเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างในวงการวิชาการและการวิจัย คือระบบ CIE Lab scale ในระยะเริ่มแรก CIE ได้กำหนดสเกลการวัดสีเป็น X-Y-Z ซึ่งใช้บรรยายสีแดง (Red) เขียว (Green) และ น้ำเงิน (Blue) แต่เนื่องจากระบบสีดังกล่าวไม่สามารถบรรยายถึงลักษณะความมืด-สว่างของสีได้ CIEได้พัฒนาต่อมาเป็นระบบ X-Y-L ซึ่งบรรยายถึงค่าสีแดง เขียว และความสว่าง (lightness) ตามลำดับ อย่างไรก็ตามระบบดังกล่าวก็ยังขาดส่วนที่บรรยายถึงค่าสีน้ำเงิน CIE จึงได้พัฒนาระบบสีต่อมาจนเป็นระบบที่ยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน คือระบบ L*a*b* ซึ่งเป็นระบบการบรรยายสีแบบ3 มิติ โดยที่แกน L* จะ

บรรยายถึงความสว่าง (lightness) จากค่า +L* แสดงถึงสีขาว จนไปถึง –L* แสดงถึงสีดำ แกน a*จะบรรยายถึงแกนสีจากเขียว(-a*) ไปจนถึงแดง (+a*) ส่วนแกน b* จะบรรยายถึงแกนสีจากน้ำเงิน(-b*) ไปจนถึงเหลือง (+b*)



ภาพที่ 2.15 การบรรยายสีพื้นในระบบ CIE L*a*b* แบบ 3 มิติ (เซ็นเทเซีย, 2562)



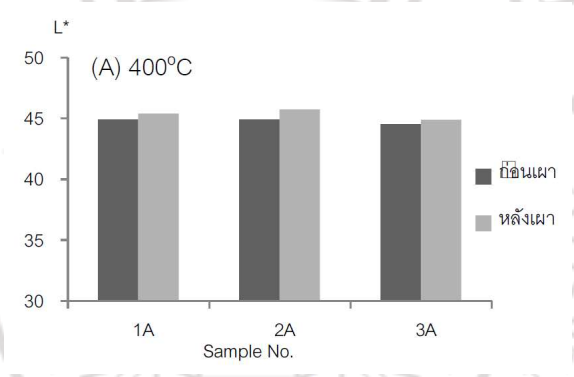
ภาพที่ 2.16 การบรรยายสีพื้นในระบบ CIE L*a*b* ในแนวแกน a และ b (เซ็นเทเซีย, 2562)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

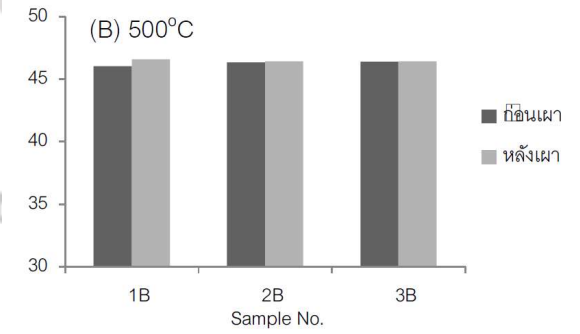
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พิมพ์ทอง ทองนพคุณและจิราเจต บำรุงพล (2560) ได้ศึกษาการเปลี่ยนสีของทัวร์มาลีนสีเขียวจากแหล่งมาดากัสการ์ด้วยการปรับปรุงคุณภาพด้วยความร้อน โดยนำตัวอย่างพลอยก้อนทัวร์มาลีนสีเขียวจากแหล่งมาดากัสการ์มาทาการเจียระไนเป็นแผ่นบางความหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร เท่ากันจานวนหลาย 9 ชิ้นแล้วทำการแบ่งกลุ่มกลุ่มละ 3 ตัวอย่างจากนั้นนาไปปรับปรุงคุณภาพด้วยการให้ความร้อนหรือการเผาด้วยอุณหภูมิ 400, 500 และ 600 องศาเซลเซียสภายใต้สภาวะ

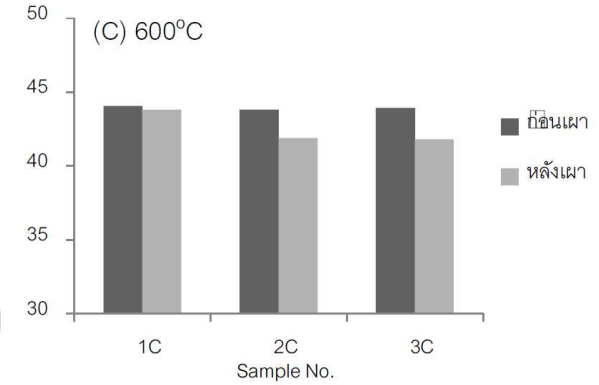
ออกซิเดชันด้วยเตาไฟฟ้าอัตราเร่ง 10 องศาเซลเซียสต่อชั่วโมงผลการวิเคราะห์สีของทัวร์มาลีนสีเขียวจากแหล่งมาดากัสการ์ก่อนและหลังผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 400, 500 และ 600 องศาเซลเซียสด้วยระบบสี CIE L*a* b* ได้ผลดังภาพที่ 1-3 โดยค่า L* (Lightness) แสดงค่าความสว่างมีค่าตั้งแต่ 0-100 ยิ่งค่ามากยิ่งมีความสว่างมากสาหรับค่า a* แสดงความเป็นสีแดง (a* เป็นบวก) และสีเขียว (เมื่อ a* มีค่าเป็นลบ) และค่า b* แสดงความเป็นสีเหลือง (b* เป็นบวก) และสีน้ำเงิน (เมื่อ b* เป็นลบ) เมื่อพิจารณาความสว่างที่เปลี่ยนไปหลังการเผาของพลอยแต่ละกลุ่มแสดงผลการวัดค่าความสว่างของทัวร์มาลีนจากแหล่งมาดากัสการ์กลุ่มที่ทำการปรับปรุงคุณภาพด้วยการเผาที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียสพบว่าค่า L* หลังเผาสูงกว่า L* ก่อนเผาแสดงว่าเมื่อผ่านการเผาทัวร์มาลีนจะมีมีความสว่างมากขึ้นหรือเรียกว่ามีความใสหรือ Clarity สูงขึ้นได้อย่างไรก็ตามตัวอย่างที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียสมีความสว่างเพิ่มขึ้นเล็กน้อย L* มีค่าเพิ่มขึ้นหลังการเผาเล็กน้อย เช่นกันแม้ว่าสีเขียวจะมีค่าลดลงแต่ตัวอย่างที่ผ่านการเผาที่ 600 องศาเซลเซียสจะมีความสว่างลดลง L* มีค่าลดลงหลังการเผา และเริ่มสังเกตเห็นรอยแตกในพลอยเกิดขึ้น



ภาพที่ 2.17 ค่า L* ของทัวร์มาลีนสีเขียวแหล่งมาดากัสการ์ก่อนและหลังเผาที่ 400 องศาเซลเซียส (พิมพ์ทอง ทองนพคุณ และจิราเจต บำรุงพล, 2560 : หน้า 303)



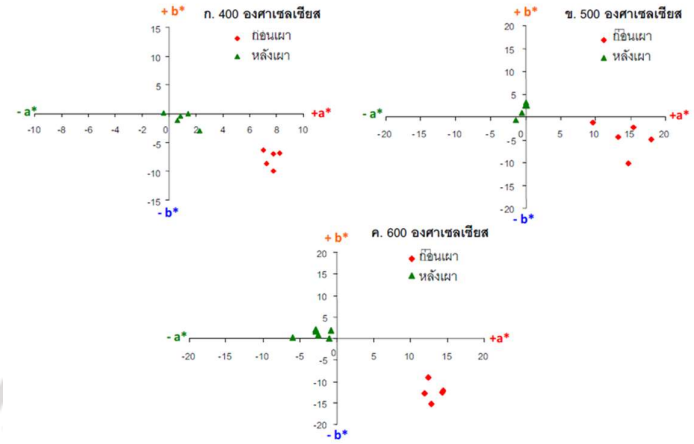
ภาพที่ 2.18 ค่า L* ของทัวร์มาลีนสีเขียวแหล่งมาดากัสการ์ก่อนและหลังเผาที่ 500 องศาเซลเซียส (พิมพ์ทองทองนพคุณและจิราเจตบำรุงพล, 2560 : หน้า 303)



ภาพที่ 2.19 ค่า L* ของทัวร์มาลีนสีเขียวแหล่งมาดากัสการ์ก่อนและหลังเผาที่ 600 องศาเซลเซียส (พิมพ์ทอง ทองนพคุณ และจิราเจต บำรุงพล, 2560 : หน้า 303)

พิมพ์ทอง ทองนพคุณ, อรุณี เทิดเทพพิทักษ์ และเมธินี จามกระโทก (2557) ได้ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพพาราอิบาทัวร์มาลีนจากแหล่งโมแซมบิคด้วยความร้อน โดยนำตัวอย่างทัวร์มาลีนสีม่วงจากแหล่งโมซัมบิคจานวน 15 ตัวอย่างถูกนำมาแบ่งกลุ่มกลุ่มละ 5 ตัวอย่างเพื่อปรับปรุงคุณภาพสีโดยการเผาที่อุณหภูมิ 400, 500 และ 600 องศาเซลเซียสภายใต้สภาวะออกซิเดชันด้วยเตาไฟฟ้าโดยนำตัวอย่างพลอยใส่ลงในเบ้าพลอยชนิดอลูมินา กำหนดการทางานของเตาโดยตั้งอัตราเร่ง 125 องศาเซลเซียสต่อชั่วโมงจากอุณหภูมิห้องถึง 200 องศาเซลเซียสและอัตราเร่ง 200 องศาเซลเซียสต่อชั่วโมงจาก 200 องศาเซลเซียสถึงอุณหภูมิที่ต้องการ โดยยืนไฟเป็นเวลา 2 ชั่วโมงหลังจากนั้นจึงปล่อยให้เตาเย็นและนำพลอยออก ผลการเปลี่ยนแปลงสีของทัวร์มาลีนหลังการเผา เมื่อผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยอุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียสทำให้สีของทัวร์มาลีนเปลี่ยนแปลงไม่มากนักบางตัวอย่างยังคงเป็นสีม่วงสัมพันธ์กับค่า a* ที่ยังคงเป็นบวกและ b* เป็นลบแต่เมื่อทำการปรับปรุงคุณภาพด้วยอุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียสและ 600 องศาเซลเซียสสีของทัวร์มาลีนเปลี่ยนจากสีม่วงเป็นสีฟ้าอมเขียวทั้ง 2 อุณหภูมิ (ค่า a* เป็นลบ (สีเขียว) และ b* อยู่ระหว่างบวกกับลบ) อย่างไรก็ตามการเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียสและ 600 องศาเซลเซียสให้ความอิ่มตัวของสีฟ้าอมเขียวที่ได้แตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 2.20 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า a* และ b* ของทัวร์มาลีนก่อนและหลังจากการปรับปรุงคุณภาพด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ ก) 400 องศาเซลเซียส, ข) 500 องศาเซลเซียสและ ค) 600 องศาเซลเซียส (พิมพ์ทอง ทองนพคุณ, อรุณี เทิดเทพพิทักษ์ และเมธินี จามกระโทก, 2557 : หน้า 301)

RAMBHAI BARNI RAJABHAT UNIVERSITY
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี