



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์
โครงการ การจำแนกพลอยการ์เน็ต

ดร.นันทรัตน์ บุนนาค

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้
จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559

รหัสโครงการ 2559A10802149

สัญญาเลขที่ 159/2559

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์
โครงการการจำแนกพลอยการ์เนต

ดร. นันทรัตน์ บุนนาค

คณะอัญมณี มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2559 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 159/2559 เป็นโครงการต่อเนื่องกับงบประมาณประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2558 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 147/2558

ขอขอบคุณคณะอำนวยการและนักวิทยาศาสตร์ประจำห้องปฏิบัติการอำนวยการ คณะอำนวยการ มหาวิทยาลัยบูรพา

หากมีสิ่งขาดตกบกพร่องหรือผิดพลาดประการใด ผู้เขียนขออภัยเป็นอย่างสูงในข้อบกพร่องและความผิดพลาดนั้น

นันทรัตน์ บุณนาค

สารบัญ

	หน้า
ประกาศคณูปการ	ข
บทคัดย่อ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	3
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
2.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพและทางแสงของการ์เน็ต	12
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	20
3.1 วัสดุ	21
3.2 เครื่องมือ	24
3.2.1 เครื่องมือการตรวจสอบคุณสมบัติพื้นฐานทางอัญมณี	24
3.2.2 เครื่องมือการตรวจสอบคุณสมบัติทางอัญมณีขั้นสูง	27
3.3 ขั้นตอนการทดลอง	29
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	30
4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพด้วยเครื่องมือพื้นฐาน	30
4.1.1 ค่าดัชนีหักเหและค่าความถ่วงจำเพาะ	30
4.1.2 สเปกตรัมการดูดกลืนแสง	36
4.2 ผลการศึกษาร่องรอยประกอบทางเคมีด้วยเครื่อง Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometer	46
บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผล	58
บรรณานุกรม	69
ภาคผนวก ฐานข้อมูลพลอยการ์เน็ต ugrandrite	71

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า	
1.1	เปรียบเทียบค่าดัชนีหักเหของสถาบันการสอนอัญมณีระดับนานาชาติ	2
2.1	สูตรเคมีของการ์เน็ต	7
2.2	คุณสมบัติทางกายภาพและทางแสง ของการ์เน็ต	12
2.3	สมบัติทางกายภาพและทางแสงของ pyrope	13
2.4	สมบัติทางกายภาพและทางแสงของ almandine	13
2.5	สมบัติทางกายภาพและทางแสงของ rhodolite	14
2.6	สมบัติทางกายภาพและทางแสงของ spessartine และ malaia	14
3.1	ตัวอย่างการ์เน็ต กลุ่มที่ 1 AnD สีเขียวเหลืองการกระจายแสงปานกลาง	20
3.2	ตัวอย่างการ์เน็ต สีเหลืองเขียว-น้ำตาล การกระจายแสงปานกลาง	21
3.3	ตัวอย่างการ์เน็ต กลุ่มสีเขียวสดการกระจายแสงต่ำถึงปานกลาง	22
3.4	ตัวอย่างการ์เน็ต กลุ่มสีเขียวอมเหลือง การกระจายแสงต่ำ	22
3.5	ตัวอย่างการ์เน็ต กลุ่มสีเหลืองน้ำตาล การกระจายแสงปานกลางถึงสูง	23
3.6	ตัวอย่างการ์เน็ต กลุ่มสีส้ม การกระจายแสงต่ำ	23
4.1	สมบัติพื้นฐานทางอัญมณีของตัวอย่างการ์เน็ต กลุ่มสีเขียวเหลือง	31
4.2	สมบัติพื้นฐานทางอัญมณีของตัวอย่างการ์เน็ต กลุ่มสีเหลืองเขียว-น้ำตาล	33
4.3	สมบัติพื้นฐานทางอัญมณีของตัวอย่างการ์เน็ต กลุ่มสีเขียวสด	33
4.4	สมบัติพื้นฐานทางอัญมณีของตัวอย่างการ์เน็ต กลุ่มสีเขียวอมเหลือง	33
4.5	สมบัติพื้นฐานทางอัญมณีของตัวอย่างการ์เน็ต กลุ่มสีเหลืองน้ำตาล	34
4.6	สมบัติพื้นฐานทางอัญมณีของตัวอย่างการ์เน็ต กลุ่มสีส้ม	35
4.7	สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของตัวอย่างการ์เน็ต กลุ่ม AnD	39
4.8	สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของตัวอย่างการ์เน็ต กลุ่ม AnT	41
4.9	สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของตัวอย่างการ์เน็ต กลุ่ม GT	41
4.10	สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของตัวอย่างการ์เน็ต กลุ่ม GG	42
4.11	สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของตัวอย่างการ์เน็ต กลุ่ม GA	44
4.12	สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของตัวอย่างการ์เน็ต กลุ่ม GH	44
4.13	องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่าง กลุ่ม andradite สีเขียวอมเหลือง (AnD)	46
4.14	ร้อยละขององค์ประกอบชนิด (% End Member) ของตัวอย่าง กลุ่ม AnD	47

4.15	องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่าง กลุ่ม andradite สีเหลืองอมเขียวถึงน้ำตาล (AnT)	48
4.16	ร้อยละขององค์ประกอบชนิด (% End Member) ของตัวอย่าง กลุ่ม AnT	49
4.17	องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่าง กลุ่ม grossularite สีเขียวสด (GT)	50
4.18	ร้อยละขององค์ประกอบชนิด (% End Member) ของตัวอย่าง กลุ่ม GT	51
4.19	องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่าง กลุ่ม กลุ่ม grossularite สีเขียวเหลือง (GG)	52
4.20	ร้อยละขององค์ประกอบชนิด (% End Member) ของตัวอย่าง กลุ่ม GG	53
4.21	องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่าง กลุ่ม grossularite สีเหลืองน้ำตาล (GA)	54
4.22	ร้อยละขององค์ประกอบชนิด (% End Member) ของตัวอย่าง กลุ่ม GA	54
4.23	องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่าง กลุ่ม grossularite สีส้ม (GH)	55
4.24	ร้อยละขององค์ประกอบชนิด (% End Member) ของตัวอย่าง กลุ่ม GH	56
5.1	องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างที่มีองค์ประกอบ Andradite	59
5.2	องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างที่มีองค์ประกอบ Grossularite Garnet สีส้ม	60
5.3	องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างที่มีองค์ประกอบ Grossularite Garnet สีเขียว	61
5.4	องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างที่มีองค์ประกอบ Grossularite/Andradite Garnet	62
5.5	องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างที่มีองค์ประกอบ Spessartine Garnet	64
5.6	องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างที่มีองค์ประกอบ Spessartine Garnet ร่วมกับ องค์ประกอบ almandine garnet และ/หรือ pyrope garnet	65
5.7	องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างที่มีองค์ประกอบ pyrope ร้อยละ 90 – 100	66
5.8	องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างที่มีองค์ประกอบ pyrope ร้อยละ 80 – 90	66
5.9	องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างที่มีองค์ประกอบ pyrope ร้อยละ 70 – 80	67
5.10	องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างที่มีองค์ประกอบ pyrope ร้อยละ 60 – 70	67
5.11	องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างที่มีองค์ประกอบ pyrope ร้อยละ 50 – 60	68
5.12	องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างที่มีองค์ประกอบ pyrope ร้อยละ 40 – 50	68

สารบัญรูป

รูป	หน้า	
2.1	โครงสร้างการ์เนต	6
2.2	แผนไตรภาคแสดง end member ของการ์เนตประเภท pyralspite	12
2.3	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นและค่าดัชนีหักเหของ pyrope- almandine	15
2.4	สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของการ์เนตสีส้มที่มีองค์ประกอบทางเคมีต่างกัน	16
3.1	เครื่องรีแฟรคโตมิเตอร์ (Refractometer) และ RI liquid	25
3.2	เครื่องโพลาริสโคป (Polariscope) และ Condensing Sphere	26
3.3	เครื่องชั่งหาความถ่วงจำเพาะ (Hydrostatic Weighing Balance)	26
3.4	สเปกโตรสโคป (Hand Spectroscope) และลักษณะสเปกตรัมของ สเปกโตรสโคปแบบปริซึม และเกรตติง	27
3.5	เครื่อง UV-Vis-NIR Spectrophotometer ยี่ห้อ PerkinElmer รุ่น Lambda 1050 ที่ Burapha Gemological Laboratory	28
3.6	เครื่อง Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometer (EDXRF) ยี่ห้อ EDAX รุ่น ORBIS PC ที่ Burapha Gemological Laboratory	28

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

อุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากมีมูลค่าการส่งออกอยู่ใน 10 อันดับแรกของประเทศ เนื่องจากฝีมือในการเจียรนัย ภูมิปัญญาในการปรับปรุงคุณภาพด้วยการเผาพลอย จึงมีชาวต่างชาตินำพลอยก้อนเข้ามาขายให้กับผู้ผลิตไทย แล้วซื้อพลอยสำเร็จ (พลอยเม็ดเจียรนัยแล้ว) กลับไป ตลาดพลอยจันทยังก็มีผู้ค้าพลอยมาซื้อขายพลอยต่อเนื่องตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบันถึงแม้ปริมาณพลอยจากแหล่งในประเทศมีปริมาณลดลงมากก็ตาม

ในอดีตอัญมณีที่ได้รับความสนใจ คือทับทิมและแซปไฟร์ หรือที่เรียกกันในหมู่ผู้ค้าพลอยไทยว่าพลอยเนื้อแข็งมักมีราคาสูงกว่าพลอยอื่น ๆ ที่เรียกกันว่าพลอยเนื้ออ่อน เนื่องจากพลอยเนื้ออ่อนมีความแข็งต่ำกว่า เมื่อมีพลอยหลากหลายชนิดขึ้น รวมถึงอัญมณีสังเคราะห์ในตลาดอัญมณี การตรวจสอบและออกใบรับรองอัญมณี (Gemstone Certificate) จากห้องปฏิบัติการตรวจสอบอัญมณี จึงเข้ามามีบทบาทสำคัญเพื่อให้ผู้ซื้อเกิดความเชื่อมั่น ห้องปฏิบัติการอัญมณี คณะอัญมณี มหาวิทยาลัยบูรพา (Burapha Gemological Laboratory: BGL) ตั้งอยู่ในศูนย์ส่งเสริมอัญมณีและเครื่องประดับจังหวัดจันทบุรีมีบทบาทในการออกใบรับรอง ซึ่งไม่ได้ใช้แค่ในประเทศเท่านั้น มีชาวต่างชาติทั้งจากประเทศเพื่อนบ้าน รวมถึงการซื้อขายการซื้อออนไลน์ที่ใช้ใบรับรองของห้องปฏิบัติการอัญมณี คณะอัญมณี มหาวิทยาลัยบูรพาเพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นในการซื้อขายอีกด้วย

ปัจจุบันพลอยเนื้ออ่อนหลายชนิดมีราคาสูงและมีบทบาทในตลาดอัญมณีเป็นอย่างมาก พลอยบางชนิดมีสีต่างกันเล็กน้อยก็มีราคาต่างกันมาก ดังนั้นการระบุชนิดอัญมณีของห้องปฏิบัติการตรวจสอบอัญมณีจึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อราคาอัญมณีนั้น การเนตเป็นอัญมณีที่เข้ามามีบทบาทในตลาดอัญมณีเนื่องจากความหลากหลายของสีและประกายแวววาวของการเนตแต่ละชนิด ทั้งยังมีการเนตชนิดใหม่ ๆ จากต่างชาติเข้ามาในตลาดพลอย การเนตต่างจากอัญมณีส่วนใหญ่ที่เป็นตระกูลแร่คือมีได้หลายองค์ประกอบขึ้นอยู่กับการแทนที่กันของธาตุในโครงสร้าง ดังนั้นการเนตที่เห็นสีเหมือนกันนั้นอาจมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางแสงที่ต่างกันไปในขณะที่อัญมณีอื่น ๆ นั้นส่วนมากจะมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางแสงเหมือนกันแม้ว่าสีต่างกัน แต่เดิมนั้นชาวไทยรู้จักกันแต่การเนตสีแดงเข้มที่เรียกกันว่า โกเมน ผู้ค้าพลอยชาวไทยนั้นยังขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องชื่อทางการค้าของการเนตทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนด้านราคา เช่น การเนตสีส้มนั้นมี 2 ชนิดคือ hessonite และ spessartine ตามองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน โดยราคาของ spessartine นั้นสูงกว่า ซึ่งความผิดพลาดจากการขาดความเข้าใจนี้อาจส่งผลกระทบต่อความเชื่อมั่นของผู้ซื้อทั้งชาวไทยและต่างชาติ รวมถึงภาพลักษณ์ของประเทศ

ในธรรมชาติการ์เนตที่มีองค์ประกอบบริสุทธิ์นั้นหายาก มักจะพบเป็นองค์ประกอบผสมกันระหว่าง end member 2 ชนิดหรือมากกว่านั้น โดยเฉพาะการ์เนตใน Pyralspite Series พบเป็น Pyrope-Almandine (เรียกว่า Rhodolite) Pyrope-Spessartine (เรียกว่า Malaia หรือ Malaya) และ Spessartine-Almandine ได้ ส่งผลให้ค่าดัชนีหักเห ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญในการวิเคราะห์ชนิดนั้นไม่มีเกณฑ์การแบ่งอย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบค่าดัชนีหักเหของสถาบันอัญมณีแต่ละแห่งก็มีการระบุช่วงของค่าดัชนีหักเหที่ต่างกัน ดังแสดงในตาราง 2.2 ปริมาณธาตุองค์ประกอบจึงไม่เพียงมีผลต่อค่าดัชนีหักเหและความถ่วงจำเพาะ แต่ยังมีผลต่อสีอีกด้วย เนื่องจากตำแหน่งของโดเมนเลนซ์แคตไอออนในโครงสร้าง (ตำแหน่ง A) ของ Pyralspite Series ถูกแทนที่ได้ด้วยไอออนของธาตุที่มีผลต่อสีของการ์เนต

ตารางที่ 1.1 เปรียบเทียบค่าดัชนีหักเหของสถาบันการสอนอัญมณีระดับนานาชาติ

ชนิดของการ์เนต	ค่าดัชนีหักเห	
	Gem-A*	GIA*
Pyrope	1.74-1.76	1.720-1.770
Almandine	1.76-1.81	1.760-1.820
Spessartine	1.79-1.82	1.79-1.814

*Gem-A : Gemmological Association of Great Britain

GIA : Gemological Institute of America

ในการวิเคราะห์ชนิดอัญมณีห้องปฏิบัติการตรวจสอบที่ไม่มีเครื่องมือวิเคราะห์ขั้นสูงนั้นใช้เพียงคุณสมบัติทางกายภาพและทางแสงในการตรวจสอบ เช่น ค่าความถ่วงจำเพาะ ค่าดัชนีหักเห ลักษณะการดูดกลืนแสงที่ใช้เพียง handheld- หรือ desk-model spectroscope เท่านั้น จึงไม่สามารถระบุชนิดการ์เนตได้ทุกตัวอย่างเนื่อง ดังนั้นหากเราสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางเคมีกับค่าดัชนีหักเหได้ ก็จะเป็นการเพิ่มศักยภาพและขีดความสามารถในการตรวจสอบอัญมณีโดยสร้างเกณฑ์จากข้อมูลปริมาณธาตุองค์ประกอบซึ่งเป็นหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญในการอ้างอิง การระบุชนิดการ์เนตได้

งานวิจัยนี้นอกจากเป็นการเพิ่มศักยภาพและขีดความสามารถในการตรวจสอบอัญมณีโดยมีข้อมูลปริมาณธาตุองค์ประกอบซึ่งเป็นหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญในการอ้างอิง และเผยแพร่ต่อผู้เกี่ยวข้องเพื่อเป็นการสนับสนุนให้ผู้ค้าพลอยในระดับท้องถิ่นเกิดความตื่นตัวดำเนินกิจกรรมการค้า

ผนวกกับองค์ความรู้เพื่อเร่งพัฒนาให้ประเทศไทยเป็นสังคมที่อยู่บนพื้นฐานของการเรียนรู้ สนองต่อการผลักดันให้ประเทศไทยยังคงเป็นศูนย์กลางการค้าอัญมณี

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อเพิ่มขีดความสามารถและพัฒนาเกณฑ์การระบุชนิดของการ์เนตในใบรับรองการตรวจสอบอัญมณีของห้องปฏิบัติการตรวจสอบอัญมณี
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางเคมีกับค่าดัชนีหักเหของการ์เนตที่มีชื่อทางการค้าประเภท pyralspite คือ pyrope almandine spessartine rhodolite และ malaya garnet และประเภท ugrandite ที่ใช้เป็นอัญมณีและมีสีเหมือนกันกับประเภท pyralspite

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางเคมีกับค่าดัชนีหักเหของการ์เนต ในปี 1 ศึกษาการ์เนต ประเภทไพราลสปิต (Pyralspite Series) ที่มีชื่อทางการค้า (Trade Name) ดังต่อไปนี้ (1) ไพโรเป (2) แอลแมนดิน (3) สเปนซาทีน (4) โรโดไลท์ และ (5) มาลายาการ์เนต ชนิดละอย่างน้อย 30 ตัวอย่าง ในปี 2 ศึกษาการ์เนตประเภท ugrandite ที่ใช้เป็นอัญมณีและมีสีเหมือนกันกับประเภท pyralspite ได้แก่ (1) grossular สีต่างๆ อย่างน้อย 5 สี สีละ 15 ตัวอย่าง (2) hessonite อย่างน้อย 20 ตัวอย่าง (3) Tsavorite อย่างน้อย 10 ตัวอย่าง (4) Demantoid อย่างน้อย 10 ตัวอย่าง (จำนวนตัวอย่างไม่เท่ากันเนื่องจาก Tsavorite และ Demantoid มีราคาสูง) โดยการตรวจสอบสมบัติพื้นฐานทางอัญมณีด้วยเครื่องมือตรวจสอบพื้นฐานทางอัญมณี วัดค่าดัชนีหักเห ค่าความถ่วงจำเพาะ วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่อง Energy Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometer (EDXRF) วัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสงช่วง visible light ด้วยเครื่อง UV-Vis-NIR Spectrophotometer เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในห้องปฏิบัติการอัญมณี มหาวิทยาลัยบูรพา และหาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางเคมีกับค่าดัชนีหักเห เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการระบุชนิดการ์เนต

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

โครงการวิจัยนี้มีกำหนดระยะเวลา 2 ปี ซึ่งมีรายละเอียดและแผนการดำเนินงานดังนี้

แผนงานปีที่ 1 (ปีงบประมาณ 2558)

ในปีที่ 1 นี้ ผู้วิจัยมีเป้าหมายเพื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถ่วงจำเพาะ และการดูดกลืนแสงในช่วง visible light ของการันต์ประเภทไพราลสปิต (Pyralspite Series) ที่มีชื่อทางการค้า (Trade Name) ดังต่อไปนี้ (1) ไพโรป (2) แอลแมนดิน (3) สเปนซาทีน (4) โรโดไลท์ และ (5) มาลาซาการ์เนต ชนิดละอย่างน้อย 30 ตัวอย่าง

โดยมีแผนขั้นตอนการดำเนินงานปีที่ 1 ดังนี้

1. ศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการันต์ประเภทไพราลสปิต
2. จัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์
3. ตรวจสอบคุณสมบัติทางอัญมณีขั้นพื้นฐาน
4. วัดค่าดัชนีหักเห หาค่าความถ่วงจำเพาะ
5. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่อง Energy Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometer (EDXRF)
6. วัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสงในช่วง visible light ด้วยเครื่อง UV-Vis-NIR Spectrophotometer
7. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางเคมี กับค่าดัชนีหักเห ค่าความถ่วงจำเพาะ และการดูดกลืนแสงในช่วง visible light ของการันต์ประเภทไพราลสปิต
8. จัดทำฐานข้อมูลการจำแนกการันต์ประเภทไพราลสปิต
9. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะในรูปแบบการเขียนรายงานและเตรียมผลงานเพื่อการตีพิมพ์

แผนงานปีที่ 2 (ปีงบประมาณ 2559)

ในปีที่ 2 นี้ ผู้วิจัยมีเป้าหมายเพื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถ่วงจำเพาะ และการดูดกลืนแสงในช่วง visible light ของการันต์ประเภท ugrandite ที่ใช้เป็นอัญมณีและมีสีเหมือนกันกับประเภท pyralspite แผนการดำเนินงานปีที่ 2 แสดงดังตารางที่ 8

โดยมีแผนขั้นตอนการดำเนินงานปีที่ 2 (ปีงบประมาณ 2559) ดังนี้

1. ศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการันต์ประเภท ugrandite
2. จัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์
3. ตรวจสอบคุณสมบัติทางอัญมณีขั้นพื้นฐาน
4. วัดค่าดัชนีหักเห หาค่าความถ่วงจำเพาะ

5. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่อง Energy Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometer (EDXRF)
6. วัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสงในช่วง visible light ด้วยเครื่อง UV-Vis-NIR Spectrophotometer
7. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางเคมี กับค่าดัชนีหักเห ค่าความถ่วงจำเพาะ และการดูดกลืนแสงในช่วง visible light ของคาร์เนตประเภท ugrandite
8. จัดทำฐานข้อมูลการจำแนกคาร์เนตประเภท ugrandite และ pyralspite

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีฐานข้อมูลและตัวอย่างคาร์เนตเพื่อใช้ในการเรียนการสอนและการสอบเทียบมาตรฐานของนิสิต คณะอัญมณี มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี
2. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อัญมณี มหาวิทยาลัยบูรพา มีศักยภาพและขีดความสามารถสูงขึ้นในการตรวจสอบอัญมณี เพิ่มความน่าเชื่อถือให้แก่ผู้ใช้บริการทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติ ทั้งในด้านการแข่งขันด้านบริการกับประเทศในกลุ่มอาเซียน และยังส่งผลให้ผู้ซื้ออัญมณีเกิดความเชื่อมั่นในการซื้อพลอยจากประเทศไทย
3. บริการความรู้แก่ประชาชนผู้สนใจทั่วไปและผู้ที่เกี่ยวข้องด้านอัญมณีเพื่อเร่งพัฒนาให้ประเทศไทยเป็นสังคมที่อยู่บนพื้นฐานของการเรียนรู้
4. เกิดองค์ความรู้และเป็นแนวทางในการศึกษาการจำแนกอัญมณีกลุ่มอื่นต่อไป

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

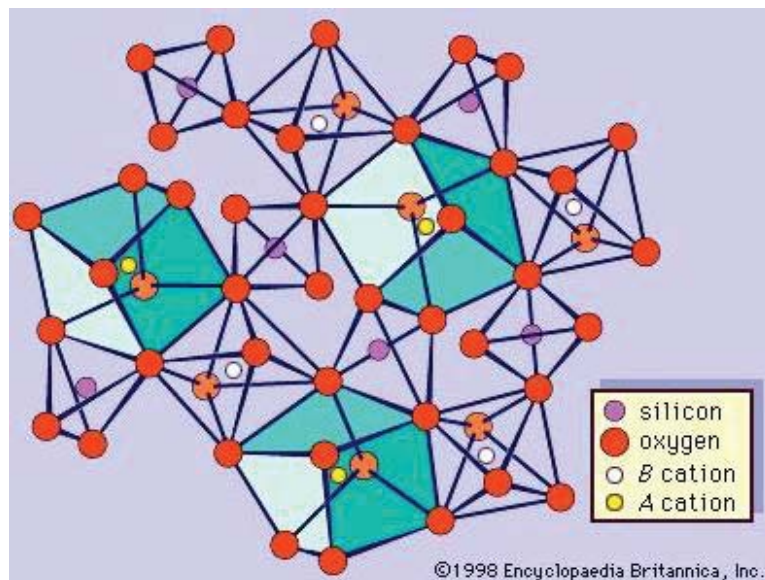
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แร่ในตระกูลการ์เนตอยู่ในระบบผลึกแบบสามแกนเท่า (Isometric system) รูปแบบผลึกสามัญที่พบคือ dodecahedron และ trapezohedron ส่วนฟอร์มอื่นๆ พบน้อยมาก ส่วนใหญ่พบ สีแดง น้ำตาล เหลือง เขียว ดำ ไร้สี (colorless) มีค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity: S.G.) ระหว่าง 3.60 – 4.20 ค่าดัชนีหักเห (Refractive Index: R.I.) ระหว่าง 1.74 - 1.89 ค่าความถ่วงจำเพาะและค่าดัชนีหักเหเปลี่ยนแปลงไปตามองค์ประกอบ

การ์เนต (Garnet) เป็นตระกูลแร่ (Group) ที่แยกย่อยออกเป็นประเภท (Species) และชนิด (variety) การ์เนตมีโครงสร้างที่ซับซ้อน (รูป 2.1) มีไอออนที่แทนที่กันได้หลายไอออน มีสูตรเคมี คือ $A_3B_2(SiO_4)_3$ โดย

A คือตำแหน่งของ ไดวาเลนซ์แคตไอออน ได้แก่ Ca^{2+} Mg^{2+} Fe^{2+} หรือ Mn^{2+}

B คือตำแหน่งของ ไตรวาเลนซ์แคตไอออน ได้แก่ Al^{3+} Fe^{3+} หรือ Cr^{3+}



รูปที่ 2.1 โครงสร้างการ์เนต (ที่มา: <https://britannica.com>, 2016)

การเนตที่ใช้เป็นอัญมณีแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ตามองค์ประกอบ (ตาราง 2.1) คือ ไพราลสปิต์ (Pyralspite) และยูแกรนด์ไต์ (Ugrandite) ดังนี้

ตาราง 2.1 สูตรเคมีของการเนต

ไพราลสปิต์ (Pyralspite)		ยูแกรนด์ไต์ (Ugrandite)	
ตำแหน่ง A คือ Mg Fe หรือ Mn	ตำแหน่ง B คือ Al	ตำแหน่ง A คือ Ca	ตำแหน่ง B คือ Al Fe หรือ Cr
ไพโรป (Pyrope)	$Mg_3Al_2(SiO_4)_3$	กรอสซูลาไรต์ (Grossularite)	$Ca_3Al_2(SiO_4)_3$
แอลแมนดีน (Almandine)	$Fe_3Al_2(SiO_4)_3$	แอนดราไต์ (Andradite)	$Ca_3Fe_2(SiO_4)_3$
สเปสซาร์ทีน (Spessartine)	$Mn_3Al_2(SiO_4)_3$	ยูวาโรไวต์ (Uvarovite)	$Ca_3Cr_2(SiO_4)_3$

1. Pyralspite คือการเนตกลุ่มที่ตำแหน่ง B คือ Al ตำแหน่ง A คือ Mg Fe²⁺ หรือ Mn²⁺ แบ่งออกเป็น end member 3 ชนิด ได้แก่ Pyrope Almandine และ Spessartine

ไพโรป (Pyrope) $Mg_3Al_2(SiO_4)_3$ แต่บางครั้งอาจพบ Ca²⁺ และ Fe²⁺ ปนอยู่ด้วย มีสีแดงเข้มถึงเกือบดำ (dark red to near black) โปร่งใส S.G. = 3.78

แอลแมนดีน (Almandine) $Fe_3Al_2(SiO_4)_3$ อาจมี Fe²⁺ เข้ามาแทนที่ Al และ Mg อาจเข้าแทนที่ Fe³⁺ ได้ มีสีแดงเข้ม แดงอมน้ำตาล โปร่งใส S.G. = 3.84

สเปสซาร์ทีน (Spessartine) $Mn_3Al_2(SiO_4)_3$ สีส้มอมเหลือง ถึงส้มอมแดง คล้าย กับ Hessonite โปร่งใส S.G. = 4.05

2. Ugrandite คือการเนตประเภทที่ตำแหน่ง A คือ Ca²⁺ ตำแหน่ง B คือ Al³⁺ Fe³⁺ หรือ Cr³⁺ แบ่งออกเป็น endmember 3 ชนิด ได้แก่ Grossularite Andradite และ Uvarovite

กรอสซูลาไรต์ (Grossularite) $Ca_3Al_2(SiO_4)_3$ ชนิดที่เป็นอัญมณี สีเหลือง-ส้ม ส้มอมแดง ถึง ส้ม-น้ำตาล เรียกว่า Hessonite สีเขียวสด เรียกว่า Tsavorite ค่า S.G. = 3.61

แอนดราไต์ (Andradite) $Ca_3Fe_2(SiO_4)_3$ เป็นการเนตที่พบบ่อย มีสีเหลือง เขียว น้ำตาล ดำ ที่จัดเป็นอัญมณีมีสีเขียว ถึงเขียวอมเหลือง เรียกว่า ดีมานทอยด์ (Demantoid) มีสีเขียวสวยงาม ปรากฏคล้ายเพชร S.G. = 3.85

ยูวาโรไวต์ (Uvarovite) $Ca_3Cr_2(SiO_4)_3$ มีสีเขียวมรกต ปรากฏดี แต่ไม่ค่อยพบ ในตลาดอัญมณี เนื่องจากมีขนาดเล็ก เจียรนัยยาก S.G. = 3.7 – 3.8

O'Donoghue (2006) ให้ข้อมูลเกี่ยวกับพลอยการ์เนตชนิดต่าง ๆ ไว้อย่างละเอียดดังนี้ **Almandine** เป็นชื่อที่ถูกตั้งขึ้นจากการล่มสลายของเมืองทางตะวันตกเฉียงใต้ของตุรกีที่มีชื่อว่า Alabanda ซึ่งหลังจากนั้น 400 ปีต่อมา เมืองนี้เป็นที่รู้จักในเป็นเมืองศูนย์กลางของการเจียรไน Quartz และ Garnet (จากงานเขียนของ theophrastos เมื่อ 315 ก่อนคริสตกาล) มีชื่ออื่น ๆ ที่ใช้เรียกแอลแมนดิน (Alamandine) คือ แอลแมนไดท์ (Almandite) โอเรียลทัล การ์เนต (Oriental garnet) สีที่มีราคาแพง สีแดงเข้มและโปร่งใส เรียกว่า แอลาแบนดิน รูบี้ (Alabandine ruby)

สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของ Almandine ประกอบด้วยช่วงการดูดกลืนหลัก 3 ช่วง ระยะ 30 นาโนเมตร ในช่วงสีเหลืองมีจุดศูนย์กลางที่ 576 นาโนเมตร และ 2 ช่วงการดูดกลืนในช่วงสีเขียวที่ 526 และ 505 นาโนเมตร และมีช่วงการดูดกลืนอ่อน ๆ ในช่วงสีส้มที่ตำแหน่ง 617 นาโนเมตร และในช่วงสีฟ้าที่ 462 นาโนเมตร และอาจพบช่วงการดูดกลืนอ่อน ๆ ได้อีกที่ 476 438 404 393 นาโนเมตร

ในการเกิดสีม่วงเบอร์กันดี (Burgundy) จากแหล่ง Alluvial ใน Tocantins จัดอยู่ในกลุ่ม Almandine-Spessartine และพบองค์ประกอบหลักคือ Almandine ซึ่งพบการดูดกลืนแสงที่ 692 574 503 460 422 398 และ 365 นาโนเมตร

ค่าดัชนีหักเหแสง

Almandine ไม่ควรมีค่าดัชนีหักเหแสงน้อยกว่า 1.773 ยกเว้นมีผลวิเคราะห์ทางเคมีมาสนับสนุน กฎข้อแรกก็คือ Almandine มีค่าดัชนีหักเหแสงมากกว่า 1.78 อย่างไรก็ตามมีบางแหล่งอ้างอิงกำหนดว่าค่าต่ำสุดคือ 1.75 ความถ่วงจำเพาะ 4.313 ซึ่งค่าที่ได้จะแตกต่างกันอยู่กับปริมาณการแทนที่ของไอออน เมื่อคำนึงถึงโครงสร้างทางเคมีจะชี้ให้เห็นว่าในกลุ่ม pyralspite ที่มีโมเลกุลของ Almandine มากกว่าหรือเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำสุดที่ 3.95 แต่พึงระวังว่า Inclusion สามารถทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะเปลี่ยนแปลงได้

Goldmanite เป็นชื่อถูกตั้งขึ้นภายหลังการค้นพบโดย Marcus Isaac Goldman (1881-1965) นักธรณี มีองค์ประกอบระหว่าง Grossular – Andradite พบว่าแมงกานีส สามารถแทนที่แคลเซียมได้ และ เวเนเดียมสามารถแทนที่อะลูมิเนียมใน Spessartine และ Pyrope ทำให้เกิด Color-change ได้ ส่วนเวเนเดียมที่เป็นองค์ประกอบหลักจะให้สีเขียวเข้มมืด จนถึงเขียวอมน้ำตาลหรือเขียวแบบหญ้า

Pyrope ตั้งชื่อโดย Werner ในปี 1803 โดยใช้ภาษากรีกที่แปลว่า “ไฟ” ซึ่งสื่อให้เห็นถึงสีแดงของพลอย มักใช้ชื่อเรียกว่า Ruby และตามด้วยพื้นที่นั้น ๆ เช่น Arizona Ruby, Bohemian Ruby, Cupe Ruby และ Elie Ruby ส่วนองค์ประกอบของ variety ที่มีสีแดงกุหลาบ-ม่วงอมน้ำเงินหรือที่รู้จักในชื่อ Rhodolite จะประกอบด้วย Pyrope 2 ส่วนและ Almandine 1 ส่วน ซึ่งผลึกแร่ชั้น

แรกที่พบสีแดงอมม่วงเด่นชัด (Rhododendron Red) อยู่ที่บริษัท Macon ทางเหนือของ Carolina ประเทศสหรัฐอเมริกา

ปกติแล้ว pyrope จะมีปริมาณ Almandine ปนอยู่อย่างมีนัยสำคัญ และมักพบว่ามีองค์ประกอบของ grossular เล็กน้อย ส่วน Chrome pyrope มักจะมีเปอร์เซ็นต์ของโมเลกุล pyrope มากกว่าหรือเท่ากับ 4 เปอร์เซ็นต์ ของโมเลกุล Uvarovite (knorringite) ดังนั้นคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีรวมถึงลักษณะภายนอกจึงแตกต่างกัน

Pyrope บริสุทธิ์ จะไม่มีสีใดๆ ซึ่ง pyrope สีแดง จะมีโมเลกุลหลากหลายแต่จะมีปริมาณโมเลกุล Almandine อย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลให้เห็นสเปกตรัมการดูดกลืนของ Almandine ใน 3 ช่วงคือ 575 527 และ 505 นาโนเมตร ในทุกๆไป ซึ่งการแทนที่ขององค์ประกอบ spessartine เกิดขึ้นได้อย่างมีนัยสำคัญ

Pyrope สีชมพูอมม่วงจาก Dora maira Massif ทางตะวันตกของเทือกเขา Alps ในประเทศอิตาลี พบสเปกตรัมการดูดกลืนที่คาดว่า สัมพันธ์กับ Fe^{2+} (ช่วงประมาณ 495, 501-503, 521-524 และ 575-579 นาโนเมตร) และ Mn^{2+} (363-365, 398, 419-422 และ 458-462 นาโนเมตร) แสดงพีค OH อย่างชัดเจนใน IR สเปกตรัม ระหว่าง 3660 และ 3600 cm^{-1} ซึ่งปริมาณนั้นไม่สำคัญและไม่มีผลต่อคุณสมบัติใด ๆ ที่มองเห็นได้

Crimson Garnet (pyrope-spessartine-Almandine garnet) สีแดงเข้ม มีประกายสีส้ม พบในบริเวณที่เรียกว่า Tiriri ทางตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศแทนซาเนีย นั้นมีการค้าขายอยู่ซึ่งใช้ชื่อว่า Crimson Garnet

Blue Garnet (Color change pyrope-spessartine garnet) จาก Bekily ประเทศมาดากัสการ์ที่มีสีได้แสงแดดเป็นสีน้ำเงิน สีเทาน้ำเงิน และสีน้ำเงินอมเขียว

Spessartine พบได้ในช่วงของ สีแดง สีส้มอมแดง สีส้ม สีน้ำตาลอมเหลือง สีน้ำตาลอมแดง สีเหลืองและสีชมพู ซึ่งพลอยจากไนจีเรียมีแนวโน้มที่จะมีสีแดงเข้มและมีความอึดตัวของสีมาก

ได้รับการตั้งชื่อไว้ในปี ค.ศ.1832 หลังจากการค้นพบในเขต Spessart ทางตะวันตกเฉียงเหนือของบาวาเรีย ประเทศเยอรมนี มีชื่อเรียกหลากหลาย เช่น spessartine, Malaya (Malaia), Fireball garnet

spessartine ปกติแล้วสามารถพบปริมาณขององค์ประกอบ grossular ได้ และไม่บ่อยนักที่จะพบโมเลกุล andradite ดังนั้นคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีรวมถึงลักษณะที่แสดงให้เห็นภายนอกจึงแตกต่างกัน ตัวอย่างการ์เน็ต ที่องค์ประกอบอยู่กึ่งกลางได้แก่ การ์เน็ตสีส้มอมเหลือง (แมนดาริน) จากมาดากัสการ์ ที่มีคุณสมบัติที่ไม่ได้จัดเป็น spessartine หรือ grossular แต่อยู่ในช่วงของ pyrope-spessartine และ pyrope-Almandine ซึ่ง Malaya garnet สีส้ม จากมาดากัสการ์ นั้นเป็น Sp_{59} และ Py_{24} ส่วน ในขณะที่ถ้ามีสีชมพูอัตราส่วนนี้จะตรงข้ามกัน

ค่าดัชนีหักเหแสงส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 1.79-1.81 แต่บางตัวอาจแสดงค่าออกมาแตกต่างจากนี้ เช่น สีส้มอมเหลือง ($\text{Sp}_{49}\text{Gr}_{41}\text{Al}_5\text{Py}_5$) จากมาดากัสการ์มีค่าดัชนีหักเหแสง 1.77

ค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ที่ 4.179 (โดยประมาณ) ซึ่งแต่ละแหล่งอาจไม่เหมือนกัน เช่น แหล่ง Nigeria จะอยู่ที่ 4.15-4.22 พลอยจากเหมือง Minas Gerais ประเทศบราซิลจะอยู่ที่ 4.15 พลอยแหล่ง Ramona รัฐแคลิฟอร์เนีย จะมีค่ามากกว่า 4.17 และจากแหล่ง Kunene ประเทศนามิเบียจะอยู่ที่ 4.15-4.22

Malaya (Malaia) Garnet มีองค์ประกอบอยู่กึ่งกลางระหว่าง spessartine และ pyrope ช่วงสีมีตั้งแต่ สีส้ม สีแดง-ส้ม สีพีชและสีชมพู มีเพียงแต่สีส้มบางครั้งเท่านั้นที่พบองค์ประกอบ spessartine เป็นหลักซึ่งพบได้ยาก

Malaya Garnet จาก Bekily ประเทศมาดากัสการ์ แสดงการดูดกลืนที่สัมพันธ์กับ Fe^{2+} (503, 610, 687 nm) และ Mn^{2+} (483 nm) และ อื่นๆที่ 430, 459, 525 และ 569 nm

ชื่อเรียกการ์เนตอื่น ๆ

Mandarin, Hollandite หรือ Kunene Spessartine จากเหมืองแรกใน Kunene ประเทศ Namibia พบว่า spessartine ที่มีสีส้มสวยสดดูขานานามเป็นครั้งแรกว่า hollandite แต่ชื่อ Mandarin ได้รับความนิยมมากกว่า ส่วนใหญ่พลอยมีความสะอาดแม้ว่าขนาดใหญ่จะมีตำหนิส่งผลให้มีลักษณะเหมือนหมอกก็ตาม มลทินภายในที่พบได้มากคือจุดเล็กๆเนื่องมาจากแมงกานีส ค่าดัชนีหักเหแสง คือ 1.80 ความแข็งคือ 7.25

Kashmirine เป็นชื่อทางการค้าสำหรับ spessartine ที่มีสีส้ม-แดง ชุดพบในหุบเขา Neelum เมือง Kashmis ประเทศปากีสถาน

Colour Change Garnets เกิดขึ้นได้เนื่องจากความสามารถในการส่งผ่านความยาวคลื่นที่แตกต่างกันสองช่วงความยาวคลื่นของแสงระหว่างช่วงของการดูดกลืน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งอาจจะเพิ่มขึ้นในช่วงความยาวคลื่นบางอย่าง ดังนั้นเมื่อมองในเวลากลางวันซึ่งได้รับความยาวคลื่นสั้น พลอยจะเป็นได้ทั้งสีม่วง สีฟ้าหรือสีเขียวหรืออาจเป็นสีที่รวมกันของทั้งหมด ส่วนในหลอดไฟซึ่งเป็นความยาวคลื่นยาว จะเห็นเป็นสีแดงหรือสีส้ม หรือการรวมกันของสีเหล่านี้ ธาตุที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนสีคือ ธาตุโครเมียมและวานาเดียม โดยทั่วไปจะร่วมกับแมงกานีส Color Change มีความสัมพันธ์กับวานาเดียม โครเมียม แมงกานีส แมกนีเซียมและเหล็ก

แหล่งที่พบ Colour change garnets คือประเทศมาดากัสการ์ (Ilakaka และ Bekily), ประเทศแทนซาเนีย (Umba Valley และ Tundururu) และประเทศศรีลังกา (Athiliwewa และ Embilipitiya) รวมถึงทางตะวันออกของแอฟริกาและรัสเซีย

Color change garnets แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ซึ่งโดยทั่วไปคือ pyrope-spessartine ซึ่งมีการแทนที่ของ magnesium โดย manganese และมีธาตุร่องรอยคือ โครเมียมและ/หรือ เวเนเดียม ได้ถึง 2 wt% ส่วนที่พบได้น้อยกว่าคือ pyrope ที่มีโครเมียมมาก ซึ่งมี $Cr^{3+} > 3$ wt% อีกทั้ง Color change สามารถพบได้ทั้งที่เป็น pyrope-almandine, spessartine-almandine, spessartine-grossular-pyrope และ andradite ดังนั้นคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และลักษณะภายนอกของ color change garnet จึงไม่เหมือนกันได้ Manson and Stockton รายงานว่าการันเนต จากแหล่ง Madagascar ที่มีปริมาณเหล็กเพิ่มขึ้น สีจะเปลี่ยนจาก เทาอมเขียว (ในแสงปกติ) จนถึงสีชมพูหรือแดง (แสงจาก incandescent light) และเปลี่ยนจากสีน้ำเงินอมเขียว (แสงปกติ) จนถึง ม่วงอมแดง (แสงจาก incandescent light)

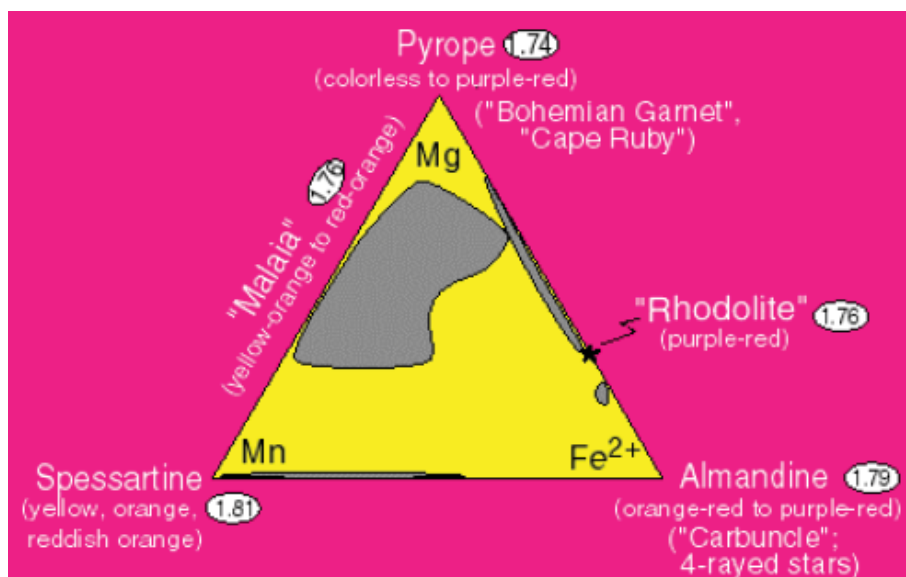
Color change garnets มีสเปกตรัมการดูดกลืนแสงสูงสุดอยู่ระหว่าง 580 - 560 นาโนเมตร และต่ำสุดโดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 665 - 625 นาโนเมตร และ 510 - 470 นาโนเมตร หากมีปริมาณเหล็กน้อย จะแสดงการดูดกลืน Fe^{2+} น้อยในขณะที่ spessartine แสดงการดูดกลืน Mn^{2+} ชัดเจน อย่างไรก็ตาม ลักษณะการดูดกลืนหลักที่พบ คือช่วงการดูดกลืนของ V^{3+}/Cr^{3+} ที่มีจุดศูนย์กลาง ที่ 571 นาโนเมตร พลอยจากแอฟริกาตะวันออกมีองค์ประกอบ $Sp_{59}Gr_{54}Al_{12}Py_7Uv_1$ ถึง $Sp_{43}Py_{30}Gr_{16}Al_6Uv_2An_1$ แสดงสเปกตรัมการดูดกลืนสูงสุดในสองบริเวณ ซึ่งบริเวณแรกคือตั้งแต่ 450 นาโนเมตรถึงขอบสีม่วง และบริเวณที่ 2 คือตั้งแต่ 563-573.5 นาโนเมตร ซึ่งแมงกานีสมีผลต่อ Color change Garnet (สีชมพูแบบสตรอเบอร์รี่จนถึงสีเขียว) ที่พบได้ในบริเวณ Voi เทือกเขา Wandanyi ประเทศเคนย่า

การศึกษาพลอยจากแหล่งแอฟริกาตะวันออกและมาดากัสการ์ข้างต้นให้ค่าดัชนีหักเหแสงอยู่ระหว่าง 1.773 และ 1.763 และระหว่างมากกว่า 1.81 - 1.748 ตามลำดับ ซึ่งมีองค์ประกอบ spessartine ลดลงตามไปด้วย ในทำนองเดียวกันกับ ค่าความถ่วงจำเพาะ อยู่ระหว่าง 3.98 - 3.89 และระหว่าง 4.1 - 3.784

2.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพและทางแสงของการันเนต

การันเนตที่เป็นอัญมณีส่วนใหญ่ อยู่ในประเภท Pyralspite ชื่อ Pyralspite นี้มาจากชื่อการันเนตที่เป็น end member 3 ชนิด คือ **pyrope** **almandine** และ **spessartine** โดยการแทนที่กันของ Mn^{2+} Mg^{2+} และ Fe^{2+} ในตำแหน่งของ divalent cation ในโครงสร้างผลึกที่ซับซ้อนของการันเนตสามชนิดนี้ ทำให้เกิดความแตกต่างกันของแรงยึดเหนี่ยวในโครงสร้าง ค่าความหนาแน่น ค่าดัชนีหักเห รวมถึงการดูดกลืนแสงในช่วง visible light ซึ่งส่งผลต่อสีด้วย แต่เดิมนั้นการค้าการันเนตในประเทศไทยรู้จักกันเพียงการันเนตสีแดงเข้มที่เรียกกันว่า โกเมน ปัจจุบันมีการันเนตที่มีชื่อทางการค้าหลากชนิด (รูปที่

2.1) การันเนตชนิดที่บริสุทธิ์มีค่าดัชนีหักเหที่แน่นอนค่าเดียวดังตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.2 แผนไตรภาคแสดง end member ของการ์เนตประเภท pyralspite

ตาราง 2.2 คุณสมบัติทางกายภาพและทางแสง ของการ์เนต

การ์เนต	ความแข็ง	ความถ่วงจำเพาะ	ค่าดัชนีหักเหแสง
Pyrope	7.5	3.58 g/cm ³	1.714
Almandine	7.5	4.32 g/cm ³	1.830
Spessartine	7.5	4.19 g/cm ³	1.800
Grossular	7.5	3.59 g/cm ³	1.734
Andradite	7.5	3.86 g/cm ³	1.887
Uvarovite	7.5	3.85 g/cm ³	1.865

พงษ์พอ อาสนจินดา (2549) สรุปสมบัติทางกายภาพและทางแสงของการ์เนตที่เป็นอัญมณีในประเภท pyralspite ได้แก่

ไพโรปมีสูตรเคมีเป็น $Mg_3Al_2(SiO_4)_3$ มีสีแดงกำมะถันได้ตั้งแต่สีน้ำตาลแดงถึงม่วงแดง เมื่อมีส่วนประกอบใกล้เคียงกับแอลมันดีน ดังนั้นเมื่อไพโรปมีส่วนประกอบของแอลมันดีนปนอยู่ 1-2 ส่วน จะทำให้มีน้ำหนักรสี (tone) ที่อ่อนลง และมีสีสัน (hue) เป็นสีแดงดอกกุหลาบ ซึ่งจะเรียกว่า โรโดไลต์ (rhodolite) ซึ่งจะมาจากภาษากรีก (คำว่า rhodos แปลว่า ดอกกุหลาบ) สมบัติทางกายภาพและทางแสงของไพโรปจะมีความใกล้เคียงกับแอลมันดีน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับธาตุ Mg และ Fe ที่เป็น องค์ประกอบหลักอยู่ภายใน

ตาราง 2.3 สมบัติทางกายภาพและทางแสงของ pyrope

สมบัติทางกายภาพและทางแสง	ลักษณะ
ความแข็ง	7.00 - 7.5
ความถ่วงจำเพาะ	3.648 - 3.82 (ใกล้เคียงกับแอลมันดีน)
ดัชนีหักเหแสง	1.73 - 1.77 ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วจะประมาณ 1.74
ค่ากระจายแสง (dispersion)	0.024
การเรืองแสง	Inert ทั้งใน LWUV และ SWUV
สเปกตรัมการดูดกลืน	ปรากฏแถบชัดเจน ประมาณความยาวคลื่นที่ 564 และ ช่วง 400 - 445 nm แต่ถ้ามีธาตุ Cr อยู่ด้วย อาจเห็นการดูดกลืนเป็นเส้นบางๆ ที่ 687 และ 685 nm ในช่วงแสงสีแดง
มลทิน	มักจะมีผลึกรูปเข็มรูไทล์และผลึกโอลิวีน

แอลมันดีนที่อยู่ในรูป $Fe_3Al_2(SiO_4)_3$ ปริสุทธิ์มักไม่พบเพราะ Fe กับ Mg จะเกิดการแทนที่กัน ในส่วนประกอบระหว่าง แอลมันดีน - ไพโรป โดยพวกที่มีสัดส่วนของ Fe สูงกว่า (ก่อนมาทางแอลมันดีน) ถึงจะเรียก “แอลมันดีน” สเปสซาร์ทีนมักมีส่วนประกอบของ แอลมันดีน ปนอยู่และจะมีสีสันออกไปทาง สีสมน้ำตาล หรือ อมแดง ส่วนสีจะมีได้ตั้งแต่ส้มไปถึงเหลือง

ตาราง 2.4 สมบัติทางกายภาพและทางแสงของ almandine

สมบัติทางกายภาพและทางแสง	ลักษณะ
สี	สีส้มแดงถึงน้ำตาลแดง หรือแดงอมม่วงเล็กน้อย
ความแข็ง	7.00 - 7.5 (ใกล้เคียงกับไพโรป)
ความถ่วงจำเพาะ	3.74 - 3.94
ดัชนีหักเหแสง	1.76 - 1.82
ค่ากระจายแสง (dispersion)	0.024
การเรืองแสง	Inert ทั้งใน LWUV และ SWUV
สเปกตรัมการดูดกลืน	-

ตาราง 2.5 สมบัติทางกายภาพและทางแสงของ rhodolite

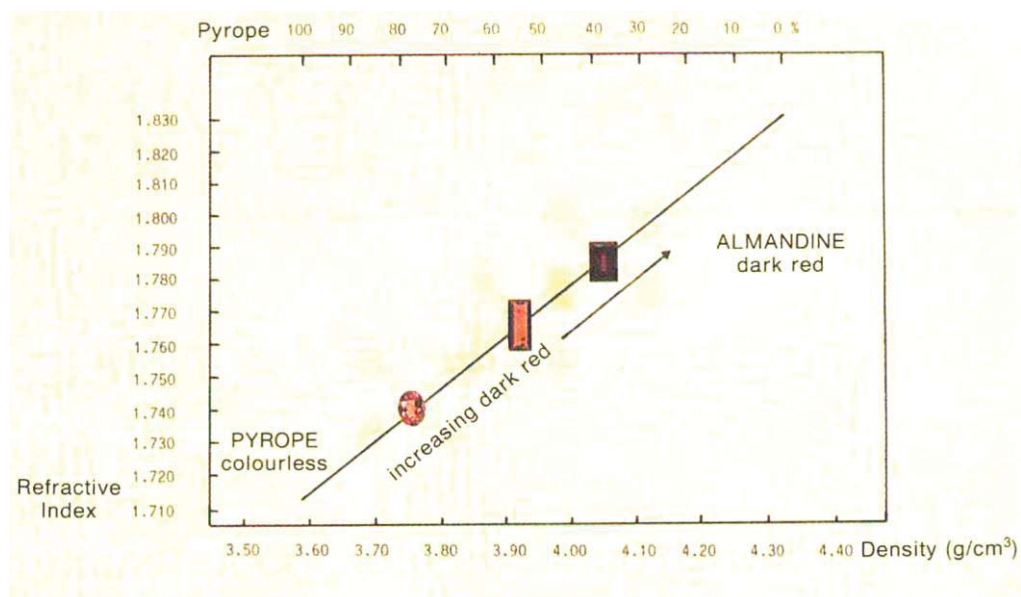
สมบัติทางกายภาพและทางแสง	ลักษณะ
ความแข็ง	7.00 - 7.5
ความถ่วงจำเพาะ	3.74 - 3.94
ดัชนีหักเหแสง	1.74 - 1.77
ค่ากระจายแสง (dispersion)	0.026
การเรืองแสง	Inert ทั้งใน LWUV และ SWUV
สเปกตรัมการดูดกลืน	-

การ์เนตที่มีส่วนประกอบอยู่ระหว่าง ไพโรป กับ สเปสซาร์ทีน เรียกว่า มาลาايا “malaiya หรือ malaya” มีสูตรเคมีเป็น $(Mg,Mn)_3Al_2(SiO_4)_3$ มาลาاياจะมีสีได้ตั้งแต่ สีชมพูอมส้ม ส้มแดง และ ส้มเหลือง ที่มีน้ำหนักสีอ่อนถึงเข้ม

ตาราง 2.6 สมบัติทางกายภาพและทางแสงของ spessartine และ malaiya

สมบัติทางกายภาพและทางแสง	Spessartine	Malaiya
สี	ตั้งแต่สีส้มไปถึงเหลือง	ชมพูอมส้ม ส้มแดง และส้ม
ความแข็ง	7.00 - 7.5 (ใกล้เคียงกับไพโรป)	เหลือง
ความถ่วงจำเพาะ	3.90 - 4.20	7.00 - 7.5 (ใกล้เคียงกับไพโรป)
ดัชนีหักเหแสง	1.79 - 1.81	3.78 - 3.85
ค่ากระจายแสง (dispersion)	0.027	1.744 - 1.780
การเรืองแสง	Inert ทั้งใน LWUV และ SWUV	Inert ทั้งใน LWUV และ SWUV

นักวิทยาศาสตร์มีความพยายามที่จะหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีหักเหและความหนาแน่น (Hanneman, 1987) แต่มิได้ศึกษาความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทางเคมีร่วมด้วย (รูป 2.3) ได้ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างค่าความถ่วงจำเพาะค่าดัชนีหักเห และสีของ pyrope-almandine คือค่าดัชนีหักเหแปรผันตามค่าความหนาแน่นและสีแดงเข้มขึ้นตามค่าดัชนีหักเหและความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น

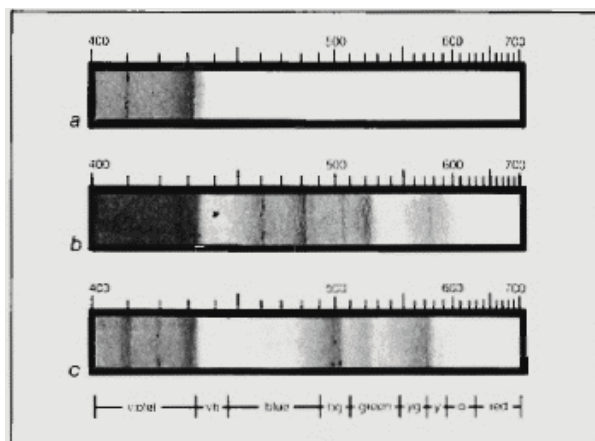


รูปที่ 2.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นและค่าดัชนีหักเหของ pyrope-almandine (Hanneman, 1987)

Stockton and Manson (1985) เสนอระบบการจัดแบ่งชนิดของการ์เนตโดยใช้ค่าดัชนีหักเหและสเปกตรัมการดูดกลืนแสง (รูปที่ 2.4) โดยเสนอเกณฑ์ให้การ์เนตใน pyralspite serie จำแนกออกจากกันโดยใช้ค่าดัชนีหักเหดังต่อไปนี้

Pyrope	R.I.	1.714 - < 1.742
Pyrope – Almandine	R.I.	1.742 - < 1.785
Almandine	R.I.	1.785 – 1.830
Almandine – Spessartine	R.I.	1.810 – 1.820
Spessartine	R.I.	1.780 - < 1.810
Pyrope – Spessartine	R.I.	1.742 – 1.780

ซึ่งจะเห็นว่าค่าดัชนีหักเหยังมีช่วงที่ซ้อนกันอยู่เช่น Pyrope – Almandine และ Pyrope – Spessartine ซึ่งต้องตรวจสอบด้วยสเปกตรัมการดูดกลืนแสงต่อไป



รูปที่ 2.4 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของการ์เนตสี่เหลี่ยมที่มีองค์ประกอบทางเคมีต่างกัน

(a) hessonite (grossular)

(b) spessartine

(c) malaia (pyrope-spessartine)

(Stockton and Manson, 1985)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากที่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่า การวัดค่าดัชนีหักเหแสง ค่าความถ่วงจำเพาะ สี และ สเปกตรัมการดูดกลืนแสงนั้น สามารถใช้ในการแบ่งแยกชนิดของการ์เนตได้ แต่อุปสรรคในการแบ่งแยก pyrope – almandine ก็เกิดขึ้น เนื่องจากการที่ทั้งสองชนิดมีโครงสร้างที่กำกวมและมีคุณสมบัติที่เหมือนกัน Stockton and Manson (1985) จึงใช้การเปรียบเทียบ ค่าดัชนีหักเหแสง ค่าความถ่วงจำเพาะ สี และ สเปกตรัมการดูดกลืนแสง ต่อมา Hanneman (1987) ได้ตัดค่าความถ่วงจำเพาะออกเนื่องจากไม่สำคัญเพียงพอที่จะใช้ในการแยกชนิดการ์เนตได้

ในตลาดค้าพลอยเราสามารถขาย ซาโวลิต์การ์เนตได้ง่ายกว่า เวเนเดียม-กรอสซูลาร์ หรือ $\text{Gr}_{86}\text{Go}_{13}\text{Sp}_1$ ดังนั้นนักอัญมณีจึงมีหน้าที่ในการให้คำอธิบายในส่วนของศัพท์เฉพาะของการ์เนตเพื่อจะได้นำมาใช้ในการค้าขายการ์เนตในตลาดพลอยและในขณะเดียวกันก็เพื่อให้เกิดความสมดุลการใช้ศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ของนักแร่วิทยา

ค่าดัชนีหักเหและค่าความถ่วงจำเพาะของการ์เนตนั้นมีความเชื่อมโยงกับองค์ประกอบเคมีของการ์เนตโดยตรง ซึ่งนักอัญมณีจำเป็นต้องใช้ค่าเหล่านี้ร่วมกับสเปกตรัมการดูดกลืนแสงในการแยกชนิดการ์เนต แต่ความยากในการใช้สเปกตรัมการดูดกลืนแสงในการแยกชนิดการ์เนต นั้นมาจากการที่การ์เนต มีการแสดงตำแหน่งในช่วง 750-400 นาโนเมตร ที่เหมือนกัน ไม่ใช่การ์เนตทุกชนิดจะแสดงลักษณะเฉพาะของสเปกตรัมการดูดกลืนแสง

สีเป็นผลพวงจากการดูดกลืนแสงในช่วงวิสิเบิลสเปกตรัม สีของการเนตบ่งบอกถึงเคมีในพลอย แต่ธาตุร่องรอยโดยเฉพาะอย่างยิ่ง โครเมียม สามารถมีผลต่อสีที่ออกมาได้ ซึ่งชื่อเรียกประเภทการเนต ส่วนใหญ่มาจากสี นักอัญมณีจึงต้องตอบคำถามให้กับทั้งสองฝ่ายให้เข้าใจว่า มีความจำเป็นจะต้องใช้ข้อมูลที่แม่นยำทางวิทยาศาสตร์และจำเป็นจะต้องบ่งชี้ชื่อประเภทของการเนต ตามความแตกต่างของคุณสมบัติได้

ในทางอัญมณี ปัญหาของการใช้ศัพท์เฉพาะในการเรียกพลอยนั้นคงหนีไม่พ้นการเข้าใจที่ไม่ตรงกันของผู้สื่อสาร แรงขับเคลื่อนทางตลาดที่ไม่มีการให้คำอธิบายที่ถูกต้องมีอิทธิพลอย่างมาก ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วจะยอมรับชื่อเฉพาะที่ใช้เรียกพลอย จากการเชื่อว่าจะไม่มีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น

อิมพีเรียลการ์เนตจากจังหวัด Lindi ประเทศแทนซาเนีย

Kyaw Soe Moe (2012) วิเคราะห์ตัวอย่างมีสีส้มแดงอ่อนในแสงปกติและมีสีแดงอมส้มภายใต้แสงสีส้มจากจังหวัด Lindi เป็นที่รู้จักกันดีว่าเป็นแหล่งของ Pyrope-spessartine และ Almandine-spessartine มีค่าดัชนีหักเหแสงตั้งแต่ 1.750-1.755 และค่าความถ่วงจำเพาะ 3.77-3.83 และไม่เรืองแสงในช่วงยูวีคลื่นสั้นและยาว คุณสมบัติเหล่านี้มีความสอดคล้องกับ pyrope-spessartine แม้จะแตกต่างกันเล็กน้อยจากการเนต แหล่ง Lindi ที่เป็น pyrope-spessartine ก่อนหน้านี้ (ซึ่งเป็นสีชมพูทั้งแสงสีส้มและแสงปกติ และมีค่าดัชนีหักเหแสง 1.756 และค่าความถ่วงจำเพาะ 3.85) พบเส้นเข็มใน 3 ทิศทาง และบางบริเวณพบเส้นเข็มเรืองแสงสีรุ้ง บางบริเวณมีเส้นเข็มหนาแน่น และมีลักษณะเป็นดาว 6 แฉก นอกจากนี้ยังพบมลทินแผ่นฟิล์ม ซึ่งบางมุมจะมีสีน้ำตาล สเปกตรัมการดูดกลืนมีความคล้ายกับ Malaya garnet (pyrope-spessartine) จากมาดากัสการ์ ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา (Schmetzer, 2001) ซึ่งมีลักษณะสัมพันธ์กับ Mn^{2+} Fe^{2+} Fe^{3+} และ V^{3+} ส่วน Mid-IR แสดงช่วงการดูดกลืนที่สัมพันธ์กับ Fe^{2+} และน้ำ

สเปสซาร์ทีนจากพม่า

HyeJin Jang-Green (2012) รายงานถึง spessartine ที่พบในประเทศพม่าซึ่งพบได้ในปริมาณที่ไม่แน่นอนในเหมืองทองคำ การ์เนตที่พบมีสีตั้งแต่สีแดงจนถึงแดงอมน้ำตาลเข้มตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์มีน้ำหนัก 6.66 กะรัต ซึ่งมีสีส้มแดง วิเคราะห์ค่าดัชนีหักเหแสงได้เกินค่ามาตรฐาน (OTL) ค่าความถ่วงจำเพาะ 4.22 ไม่เรืองแสงทั้งคลื่นสั้นและคลื่นยาว แสดงการดูดกลืนแสงที่ตำแหน่ง 440 นาโนเมตร (Mn^{2+}) และการดูดกลืนเล็กน้อย ที่ 520 นาโนเมตร (Fe^{2+}) และช่วงการดูดกลืนแคบที่ 570 615 และ 690 นาโนเมตร (Fe^{2+}) ซึ่งได้จากเครื่องสเปกโตรสโคปแบบตั้งโต๊ะ ส่วนสเปกตรัมการดูดกลืนในช่วง Visible-NIR แสดงลักษณะการดูดกลืนเหมือนกัน เช่นเดียวกับตำแหน่งการดูดกลืนจาง ๆ ตำแหน่ง 495 นาโนเมตร จากการตรวจสอบมลทินภายในพบมลทินลักษณะคล้ายรอยนิ้วมือ

มลทินสีขาวรูปทรงต่าง ๆ กระจายทั่วไป และเส้นการเจริญเติบโต ส่วนการวิเคราะห์ด้วย EDXRF พบ Mn เป็นหลัก Fe ปานกลาง และ Ca เล็กน้อย ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ตามข้อมูลสเปกตรัมการดูดกลืนและองค์ประกอบทางเคมี จึงทำให้ทราบว่าคาร์เนตสีส้มแดงนี้คือ spessartine ซึ่งมีองค์ประกอบของ almandine อย่างมีนัยสำคัญ

Almandine-spessartine จาก Lindi ประเทศแทนซาเนีย

Darenus (2008) วิเคราะห์ตัวอย่างคาร์เนตสีส้มแดงมีน้ำหนัก 1.35 กระจัต โปร่งใส มีค่าดัชนีหักเหแสง 1.800 ค่าความถ่วงจำเพาะ 4.17 (รูปที่ 2.8) เรืองแสงสีแดงผ่านเชลซีฟิลเตอร์ และไม่เรืองแสงทั้งแสงคลื่นสั้นและคลื่นยาว ผลจาก spectroscope แบบตั้งโต๊ะแสดงเส้นการดูดกลืนจางๆ ที่ 480 และ 520 นาโนเมตร และแสดงการดูดกลืนชัดเจนที่ 460 505 และ 565 นาโนเมตร และแสดงการดูดกลืนที่ 440 นาโนเมตร จากการศึกษามลทินภายในพบตำหนิเป็นจุดๆ เส้นเข็มสั้นๆ และเส้นการเจริญเติบโต ส่วนการวิเคราะห์ด้วย EDXRF พบ Si Al Mn และ Fe เป็นหลัก และพบ Mg และ Ca เป็นส่วนน้อย ซึ่งจากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ทำให้ทราบว่าคาร์เนตนี้จัดเป็น almandine-spessartine ซึ่งมีองค์ประกอบของ pyrope และ grossular เล็กน้อย ส่วนค่าดัชนีหักเหแสงและค่าความถ่วงจำเพาะที่ได้มีค่าต่ำกว่า almandine-spessartine ปกติเล็กน้อย จากรายงานของ Stockton and Manson (1985) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากองค์ประกอบของ pyrope และ/หรือ grossular ที่มีอยู่เล็กน้อย

Demantoid และ Topazolite จากแหล่ง Antetetzambato ซึ่งอยู่ทางตอนเหนือของประเทศมาดากัสการ์

Pezzotta และคณะ (2011) ศึกษาคุณสมบัติทางอัญมณี มลทินภายใน และองค์ประกอบทางเคมีของ Demantoid และ Topazolite จากแหล่ง Antetetzambato ซึ่งเป็นแหล่งที่สำคัญแห่งหนึ่ง ตัวอย่าง Demantoid สีเหลืองเขียว เขียวอมน้ำเงินอ่อน ตัวอย่าง Topazolite สีน้ำตาลอมเขียว น้ำตาลอมเหลือง และน้ำตาล มีค่าความถ่วงจำเพาะ 3.79 -3.90 ค่าดัชนีหักเหมากกว่า 1.81 (เฉพาะตัวอย่างที่เจียระไนจำนวน 11 ตัวอย่าง) แสดงลักษณะทางแสงแบบหักเหคู่ปลอม (Anomalous Double Refraction: ADR) องค์ประกอบทางเคมีของ Demantoid และ Topazolite วิเคราะห์ด้วย Electron Microprobe (13 ตัวอย่าง ที่ไม่ได้เจียระไน) พบว่าเป็นองค์ประกอบระหว่าง andradite (Adr) และ grossular (Grs) อยู่ในช่วง $Adr_{63}Grs_{37}$ ถึง $Adr_{29}Grs_{71}$

สี คุณสมบัติทางอัญมณี และองค์ประกอบเคมีของการ์เนตที่พบยาก

Balčiūnaitė และคณะ (2015) ศึกษาสี คุณสมบัติทางอัญมณี และองค์ประกอบเคมีของการ์เนตที่พบยาก ได้แก่ การ์เนตเปลี่ยนสี (blue color-change garnet) ดีแมนทอยด์ (demantoid) เรนโบว์ (Rainbow Garnet) กรอสซูลาไรต์ไม่มีสี (colorless grossularite) สีส้มอ่อน และสีส้ม (hessonite) และ ซาโวไรต์ (Tsavorite) พบว่า

- องค์ประกอบทางเคมีของ blue color-change garnet เป็นองค์ประกอบผสมระหว่าง pyrope และ spessartine ซึ่งสีขึ้นอยู่กับปริมาณของโครเมียมและเวเนเดียมในโครงสร้าง
- Rainbow Garnet องค์ประกอบทางเคมีเป็น andradite ที่แสดงแสงสะท้อนเป็นสีรุ้งเพราะการหักเหแสงที่ผิว
- สีของ demantoid ขึ้นอยู่กับปริมาณของโครเมียมในโครงสร้าง
- องค์ประกอบทางเคมีของ colorless grossular พบองค์ประกอบที่ให้สีในการ์เนต คือ MgO และ Fe₂O₃ เพียงเล็กน้อย
- สีของ tsavorite ขึ้นอยู่กับปริมาณของแมงกานีสและไทเทเนียมในโครงสร้าง
- สีส้มอ่อนของ grossular ขึ้นอยู่กับปริมาณของเหล็กในโครงสร้าง
- สีส้มของ hessonite ขึ้นอยู่กับปริมาณของแมงกานีสและเหล็กในโครงสร้าง

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1. วัสดุ

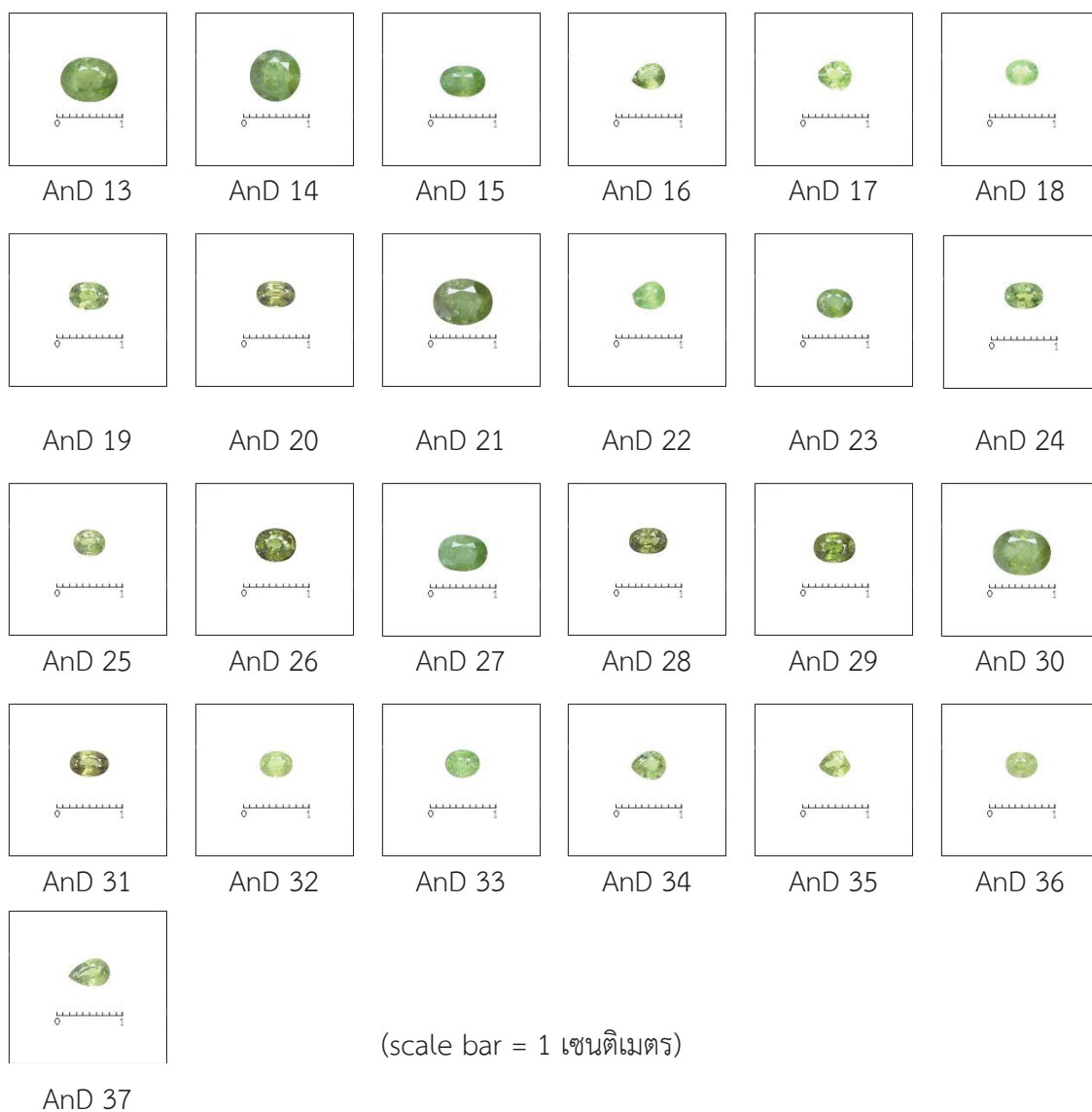
ตัวอย่างการเนตกลุ่ม ugrandite จำนวน 129 ตัวอย่าง ประกอบด้วยตัวอย่างสีเขียว เขียวอมส้มถึงน้ำตาล และสีส้ม จัดแบ่งกลุ่มตามสี ค่าความถ่วงจำเพาะ ค่าดัชนีหักเห และสังเกตการกระจายแสง (dispersion) ได้ 6 กลุ่ม ได้แก่

1. กลุ่ม andradite สีเขียวอมเหลือง รหัส AnD สีเขียวเหลืองการกระจายแสงปานกลาง จำนวน 37 ตัวอย่าง (ตาราง 3.1)
2. กลุ่ม andradite สีเหลืองอมเขียวถึงน้ำตาล รหัส AnT สีเหลืองเขียวถึงน้ำตาล การกระจายแสงปานกลาง จำนวน 14 ตัวอย่าง (ตาราง 3.2)
3. กลุ่ม grossularite สีเขียวสด (bright green) รหัส GT การกระจายแสงต่ำถึงปานกลาง รหัส จำนวน 16 ตัวอย่าง (ตาราง 3.3)
4. กลุ่ม grossularite สีเขียวเหลือง รหัส GG สีเขียวอมเหลือง เหลืองอมเขียว เหลือง การกระจายแสงต่ำ จำนวน 27 ตัวอย่าง (ตาราง 3.4)
5. กลุ่ม grossularite กลุ่มสีเหลืองน้ำตาล รหัส GA การกระจายแสงปานกลาง จำนวน 6 ตัวอย่าง (ตาราง 3.5)
6. กลุ่ม grossularite สีส้ม รหัส GH การกระจายแสงต่ำ จำนวน 29 ตัวอย่าง (ตาราง 3.6)

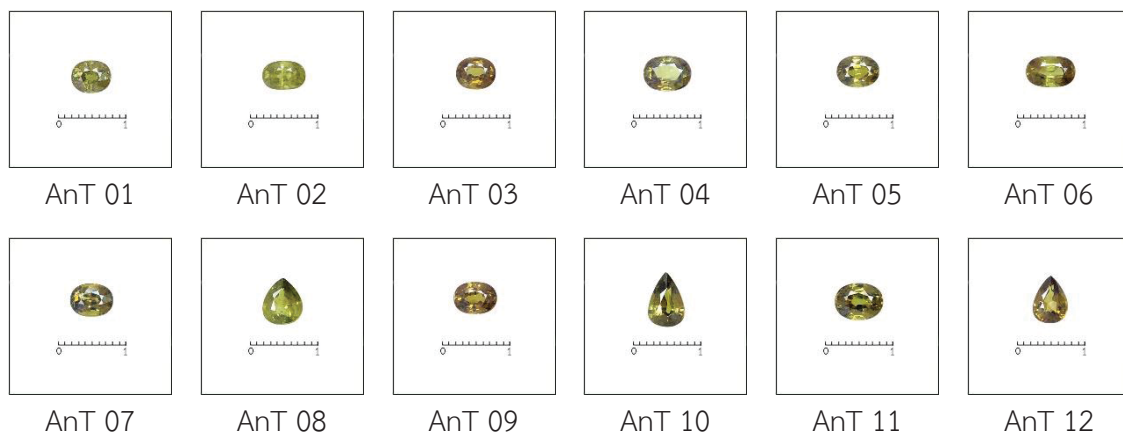
ตาราง 3.1 ตัวอย่างการเนต กลุ่มที่ 1 สีเขียวเหลืองการกระจายแสงปานกลาง
(scale bar = 1 เซนติเมตร)

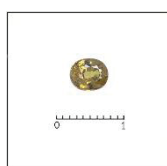


ตาราง 3.1 ตัวอย่างการ์เน็ต กลุ่มที่ 1 AnD สีเขียวเหลืองการกระจายแสงปานกลาง (ต่อ)



ตาราง 3.2 ตัวอย่างการ์เน็ต สีเหลืองเขียว-น้ำตาล การกระจายแสงปานกลาง*





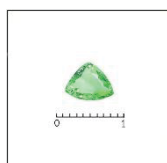
AnT 13



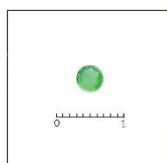
AnT 14

*(scale bar = 1 เซนติเมตร)

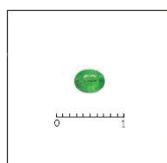
ตาราง 3.3 ตัวอย่างการ์เนต กลุ่มสีเขียวสดการกระจายแสงต่ำถึงปานกลาง*



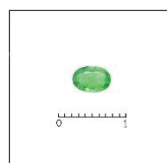
GT 01



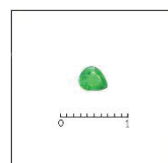
GT 02



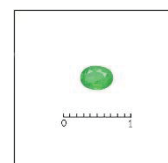
GT 03



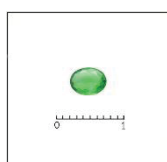
GT 04



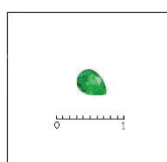
GT 05



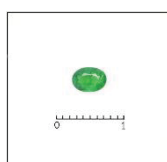
GT 06



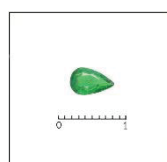
GT 07



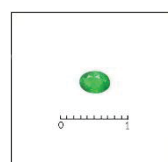
GT 08



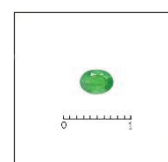
GT 09



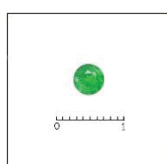
GT 10



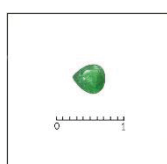
GT 11



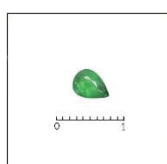
GT 12



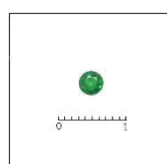
GT 13



GT 14



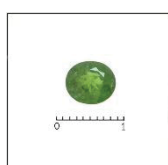
GT 15



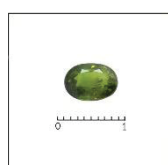
GT 16

*(scale bar = 1 เซนติเมตร)

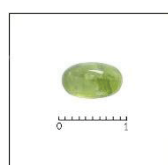
ตาราง 3.4 ตัวอย่างการ์เนต กลุ่มสีเขียวอมเหลือง การกระจายแสงต่ำ (scale bar = 1 เซนติเมตร)



GG 01



GG 02



GG 03



GG 04



GG 05



GG 06



GG 07



GG 08



GG 09



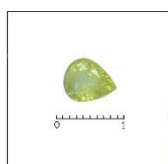
GG 10



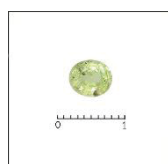
GG 11



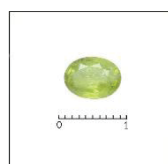
GG 12



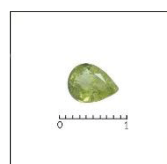
GG 13



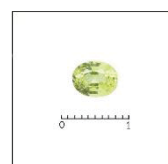
GG 14



GG 15



GG 16



GG 17



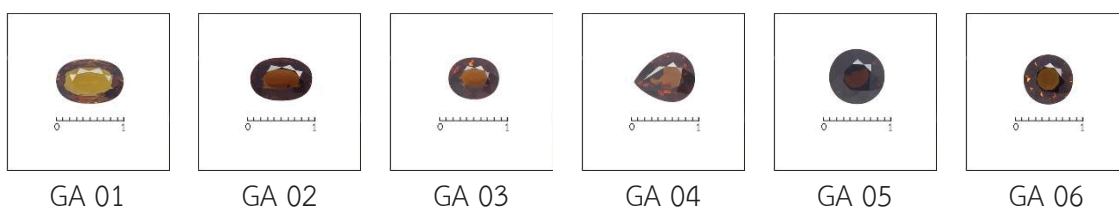
GG 18

ตาราง 3.4 ตัวอย่างการ์เน็ต กลุ่มสีเขียวอมเหลือง การกระจายแสงต่ำ (ต่อ)

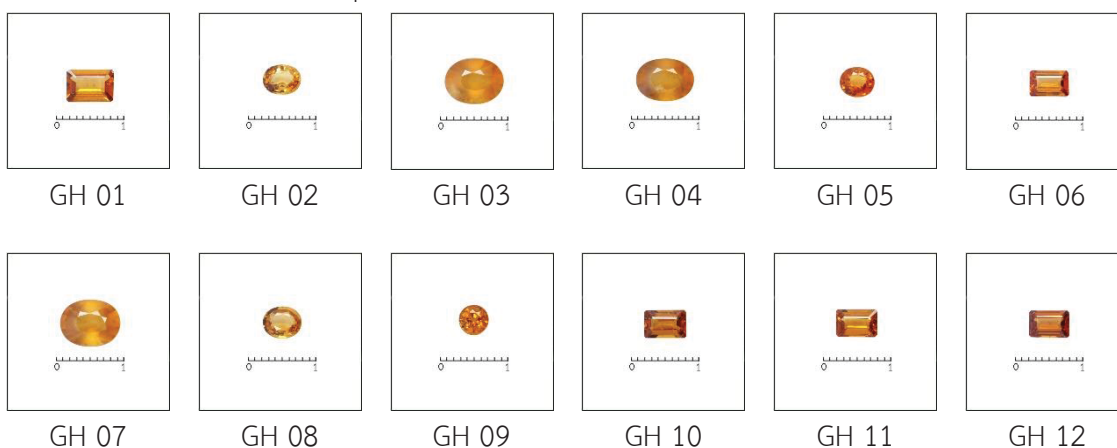


ตาราง 3.5 ตัวอย่างการ์เน็ต กลุ่มสีเหลืองน้ำตาล การกระจายแสงปานกลางถึงสูง

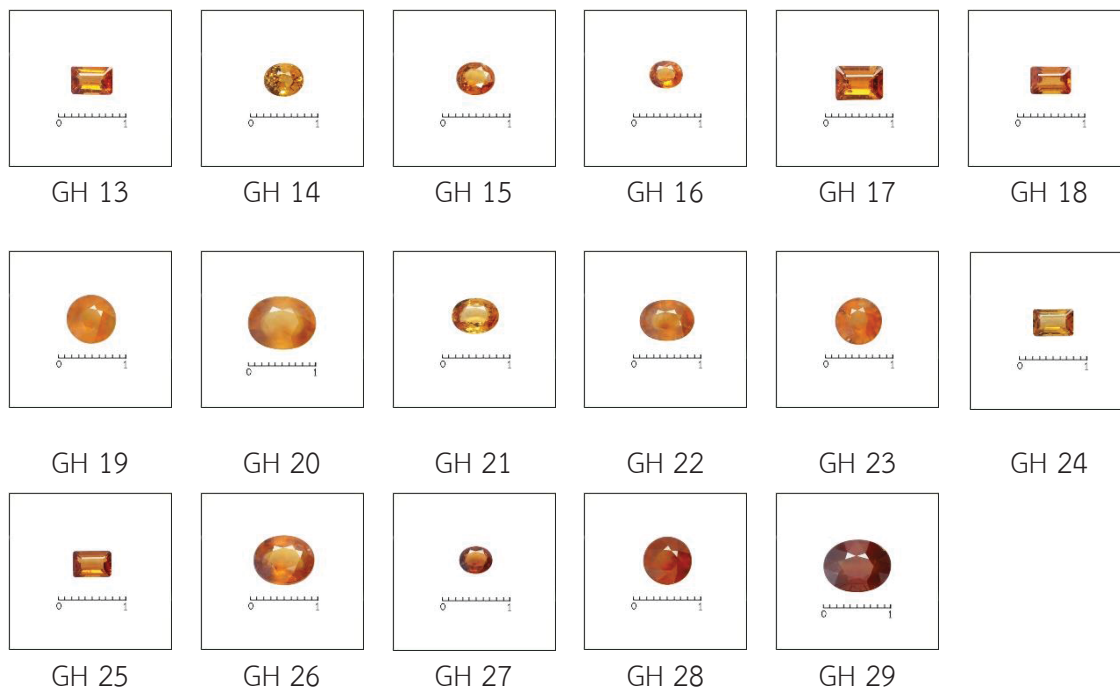
(scale bar = 1 เซนติเมตร)



ตาราง 3.6 ตัวอย่างการ์เน็ต กลุ่มสีส้ม การกระจายแสงต่ำ (scale bar = 1 เซนติเมตร)



ตาราง 3.6 ตัวอย่างการเน็ต กลุ่มสีส้ม การกระจายแสงต่ำ (ต่อ)



3.2 เครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบสามารถจำแนกออกเป็น 2 กลุ่ม คือ เครื่องมือการตรวจสอบคุณสมบัติพื้นฐานทางอัญมณี และเครื่องมือการตรวจสอบคุณสมบัติทางอัญมณีขั้นสูง

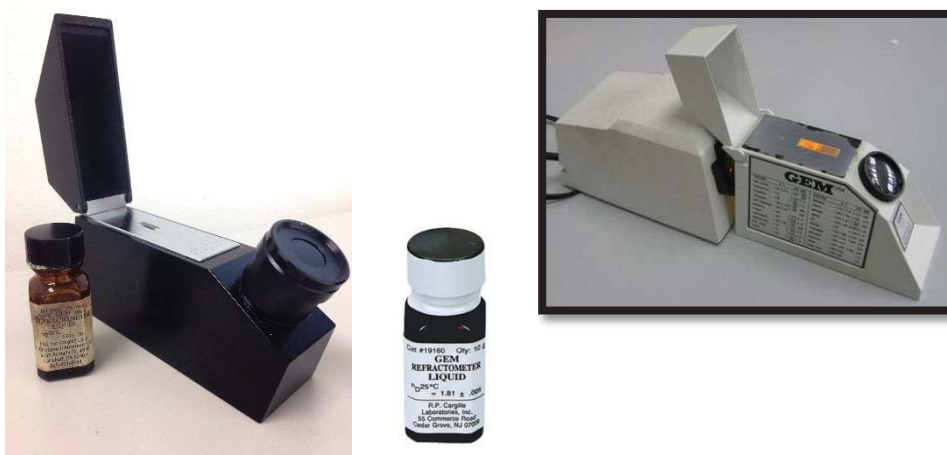
3.2.1 เครื่องมือการตรวจสอบคุณสมบัติพื้นฐานทางอัญมณี

1. รีแฟรคโตมิเตอร์ (Refractometer) เป็นเครื่องมือที่ใช้หาค่าดัชนีหักเหของแสงในพลอยแต่ละชนิด (รูป 3.1) เนื่องจากแสงเดินทางผ่านพลอยแต่ละชนิดด้วยความเร็วไม่เท่ากัน เมื่อนำความเร็วของแสงเมื่อเดินทางผ่านอากาศและพลอยมาเทียบกัน ดังสูตร

$$\text{ค่าดัชนีหักเห} = \frac{\text{ความเร็วของแสงในอากาศ}}{\text{ความเร็วของแสงในพลอย}}$$

จึงค่าได้ดัชนีหักเหของแสงของพลอยที่เป็นค่าเฉพาะของพลอยแต่ละชนิด ซึ่งค่าอาจแตกต่างกันบ้างในพลอยชนิดเดียวกันขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของพลอย

การหาค่าดัชนีหักเหของแสงต้องใช้รีแฟรคโตมิเตอร์ร่วมกับน้ำยา RI (Refractive Index Liquid : RI liquid) ซึ่งขีดความสามารถ (detection limit) ในการอ่านค่าดัชนีหักเหของแสงสูงสุดจะขึ้นอยู่กับ RI liquid โดยทั่วไปคือ 1.79 ในการวิจัยนี้ใช้ RI liquid ที่อ่านค่าดัชนีหักเหของแสงสูงสุดได้ 1.81 ± 0.005 ค่าดัชนีหักเหที่เกินกว่าขีดความสามารถของ RI liquid เรียกเป็นสากลว่า OL หรือ OTL (Over the Limit)



รูป 3.1 เครื่องรีแฟรคโตมิเตอร์ (Refractometer) และ RI liquid

2. เครื่องโพลาไรสโคป (Polariscope) เป็นเครื่องมือตรวจสอบการหักเหของแสงในพลอยว่าเป็นการหักเหเดี่ยว (Single Refraction) หักเหคู่ (Double Refraction) แอกริกเกต (Aggregate) หรือหักเหคู่ลง (Anomalous Double Refraction) ในกรณีที่พลอยเป็นหักเหคู่ใช้เครื่องมือนี้ร่วมกับแท่งแก้ว (Condensing Sphere) จะสามารถบอกเครื่องหมายจักษุของพลอย (Optic Figure) ว่าเป็นยูนิแอกเซียล (Uniaxial) หรือไบแอกเซียล (Biaxial) โดยใช้แท่งแก้ว (รูป 3.2) แต่ละลงบริเวณที่เห็นสีรุ้ง เครื่องนี้ทำให้ทราบว่ายูนิแอกเซียลนั้นมีค่าดัชนีหักเหค่าเดียว หรือสองค่า เนื่องจากบางครั้งจะสามารถอ่านค่าดัชนีหักเหได้เพียงค่าเดียวจาก Refractometer ใดๆ ที่ตัวอย่างนั้นเป็น Double Refraction เช่นในกรณีตัวอย่างนั้นมีหน้าขัดมันเรียบตัดตั้งฉากกับแกนกลางของผลึก (Optic Axis)



รูป 3.2 เครื่องโพลาริสโคป (Polariscope) และ Condensing Sphere
(Burapha Gemological Laboratory, 2015 [On-line])

3. เครื่องชั่งหาความถ่วงจำเพาะ (Hydrostatic Weighing Balance) แสดงดังรูปที่ 3.3 เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับการหาค่าความถ่วงจำเพาะของพลอยโดยใช้วิธีไฮโดรสแตติก (Hydrostatic) ซึ่งเป็นวิธีการหาความถ่วงจำเพาะได้แน่นอนกว่าวิธีอื่นๆ โดยการชั่งพลอยในอากาศและในน้ำ น้ำหนักพลอยที่อยู่ในน้ำจะเบากว่าน้ำหนักในอากาศ นำน้ำหนักที่หาได้ทั้งในอากาศและน้ำมาคำนวณตามสูตรดังนี้

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ} = \frac{\text{น้ำหนักในอากาศ}}{\text{น้ำหนักในอากาศ} - \text{น้ำหนักในน้ำ}}$$

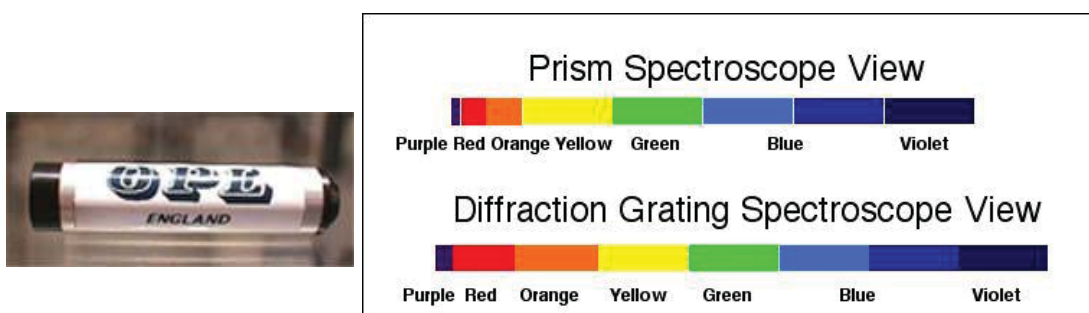


รูป 3.3 เครื่องชั่งหาความถ่วงจำเพาะ (Hydrostatic Weighing Balance)
(Burapha Gemological Laboratory, 2015)

4. สเปกโตรสโคป (Spectroscope)

สเปกโตรสโคป (Spectroscope) เป็นเครื่องมือที่แยกแสงออกเป็นความยาวคลื่นต่าง ๆ ซึ่งมนุษย์มองเห็นได้หลายสี โดยสีม่วงมีความยาวคลื่นสั้นที่สุดที่มนุษย์จะมองเห็นได้ และสีแดงมีความยาวคลื่นมากที่สุด ในทางอัญมณีใช้ดูจากลักษณะรูปแบบการดูดกลืน ซึ่งแสดงผลออกมาในลักษณะของการดูดกลืนสีอยู่ในช่วงที่ตาเรามองเห็นได้ คือ 400 - 700 nm พलयแต่ละชนิดจะให้รูปแบบของการดูดกลืนสีแตกต่างกัน ด้วยการแยกแสงซึ่งส่องผ่านอัญมณีมาเป็นแบบสเปกตรัมสี ทำให้นักอัญมณีเห็นความยาวคลื่นที่แตกต่างกันซึ่งถูกดูดกลืนโดยอัญมณี และช่วยให้นักอัญมณีทราบถึงธาตุที่ดูดกลืนแสงในอัญมณี จึงทำให้สามารถจำแนกวิเคราะห์อัญมณีได้

สเปกโตรสโคป มี 2 ประเภท คือ แบบ prism และ diffraction grating สเปกโตรสโคปถูกคิดค้นขึ้น โดยใช้เลนส์เพื่อรับแสง และใช้ปริซึม ในการแยกแสงโดยอาศัยการหักเหแสง อย่างไรก็ตามต่อมาปริซึมได้ถูกแทนที่ด้วยอุปกรณ์ที่มีลักษณะเป็นร่องแคบๆจำนวนหนึ่งเรียกว่า diffraction grating ซึ่งช่วยในการกระจายความยาวคลื่นแสงที่แตกต่างกันซึ่งมีข้อดีคือสามารถวัดความยาวคลื่นได้อย่างแม่นยำซึ่งปริซึมไม่สามารถทำได้ (รูป 3.4)



รูป 3.4 สเปกโตรสโคป (Hand Spectroscope) และลักษณะสเปกตรัมของสเปกโตรสโคปแบบปริซึมและเกรตติง (www.yourgemologist.com/Spectroscope/spectroscope.html)

3.2.2 เครื่องมือการตรวจสอบคุณสมบัติทางอัญมณีขั้นสูง

1. เครื่อง UV-Vis-NIR Spectrophotometer ยี่ห้อ PerkinElmer รุ่น Lambda 1050 ตรวจสอบที่ Burapha Gemological Laboratory (BGL) แสดงดังรูปที่ 3.5 เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดการดูดกลืนแสง (Absorption) ในช่วงคลื่นอัลตราไวโอเล็ต (UV) ถึงอินฟราเรดช่วงใกล้ (Near-IR) ช่วงความยาวคลื่น 250-2,500 นาโนเมตร มี Monochromatic เป็นแบบ Prism-grating double monochromatic ทำหน้าที่แยกคลื่นแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้าโดยใช้ Photomultiplier

tube เพื่อวัดความเข้มของแสงในช่วง UV และการใช้ Cool Pbs สำหรับช่วง NIR ซึ่งสามารถบันทึกสเปกตรัมอย่างต่อเนื่องอัตโนมัติและอ่านสัญญาณออกมาในรูปของสเปกตรัมของค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) วัดสีในระบบ CIE $L^*a^*b^*$ ด้วยโปรแกรม PerkinElmer UV win LAB และ Color

L^* คือ ค่าความสว่าง

a^* คือ ค่าสีแดง-เขียว

b^* คือ ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน



รูป 3.5 เครื่อง UV-Vis-NIR Spectrophotometer ยี่ห้อ PerkinElmer รุ่น Lambda 1050 ที่ Burapha Gemological Laboratory

2. เครื่อง Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometer (EDXRF) ยี่ห้อ EDAX รุ่น ORBIS PC ตรวจสอบที่ Burapha Gemological Laboratory (BGL) แสดงดังรูปที่ 3.6 ใช้วิเคราะห์ธาตุและปริมาณของธาตุในตัวอย่าง EDXRF สามารถวิเคราะห์ได้ตั้งแต่ธาตุโซเดียมจนถึงธาตุยูเรเนียมทั้งในเชิงคุณภาพและกึ่งเชิงปริมาณ (Semi-quantitative) โดยธาตุแต่ละชนิดที่วัดได้จะแสดงออกมาในรูปของสเปกตรัมและคำนวณปริมาณด้วยโปรแกรม Orbis Vision



รูป 3.6 เครื่อง Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometer (EDXRF) ยี่ห้อ EDAX รุ่น ORBIS PC ที่ Burapha Gemological Laboratory

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการ์เนตประเภท ugrandite
2. จัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์
3. ตรวจสอบคุณสมบัติทางอัญมณีขั้นพื้นฐาน วัดค่าดัชนีหักเห หาค่าความถ่วงจำเพาะ
4. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่อง Energy Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometer (EDXRF)
5. วัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสงในช่วง visible light ด้วยเครื่อง UV-Vis-NIR Spectrophotometer
6. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางเคมี กับค่าดัชนีหักเห ค่าความถ่วงจำเพาะ และการดูดกลืนแสงในช่วง visible light ของการ์เนตประเภท ugrandite
7. จัดทำฐานข้อมูลการจำแนกการ์เนตประเภท ugrandite
8. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะในรูปแบบการเขียนรายงานและเตรียมผลงานเพื่อการเผยแพร่

บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพด้วยเครื่องมือพื้นฐาน

4.1.1 ค่าดัชนีหักเหและค่าความถ่วงจำเพาะ

จากการตรวจสอบสมบัติพื้นฐานทางอัญมณีของตัวอย่างคาร์เนตกลุ่ม ugrandite

ตัวอย่างกลุ่ม andradite (รหัส AnD) จำนวน 37 ตัวอย่างสีเหลืองเขียว สีเขียวอมเหลือง เล็กน้อย สีเขียวอมเหลือง สีเขียว ถึงสีเหลือง การกระจายแสงปานกลาง พบว่าค่าดัชนีหักเห มากกว่า 1.810 ซึ่งเป็นค่าที่น้ำยา refractive index ใช้อ่านค่าได้ (OL : over the limit) ค่าความถ่วงจำเพาะ อยู่ระหว่าง 3.68 ถึง 4.03 (ตาราง 4.1)

ตัวอย่างกลุ่ม andradite สีเหลืองอมเขียวเล็กน้อยถึงน้ำตาลการกระจายแสงปานกลาง รหัส (AnT) จำนวน 14 ตัวอย่าง พบว่าค่าดัชนีหักเห อยู่ระหว่าง 1.790 ถึง มากกว่า 1.810 ซึ่งเป็นค่าที่ น้ำยา refractive index ใช้อ่านค่าได้ (OL : over the limit) ค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ระหว่าง 3.84 ถึง 3.89 (ตาราง 4.2)

กลุ่ม grossularite สีเขียวสด (bright green) การกระจายแสงต่ำถึงปานกลาง (รหัส GT) จำนวน 16 ตัวอย่าง พบว่าค่าดัชนีหักเห อยู่ระหว่าง 1.734 ถึง 1.742 ค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ระหว่าง 3.57 ถึง 3.68 (ตาราง 4.3)

กลุ่ม grossularite สีเขียวอมเหลือง การกระจายแสงต่ำ (รหัส GG) จำนวน 27 ตัวอย่าง พบว่าค่าดัชนีหักเห อยู่ระหว่าง 1.759 ถึง 1.771 ค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ระหว่าง 3.60 ถึง 3.69 (ตาราง 4.4)

กลุ่ม grossularite สีเหลืองน้ำตาล การกระจายแสงปานกลางถึงสูง (รหัส GA) จำนวน 6 ตัวอย่าง พบว่าค่าดัชนีหักเห อยู่ระหว่าง 1.765 ถึง 1.780 ค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ระหว่าง 3.60 ถึง 3.67 (ตาราง 4.5)

กลุ่มสีส้ม การกระจายแสงต่ำ (รหัส GH) จำนวน 29 ตัวอย่าง พบว่าค่าดัชนีหักเห อยู่ระหว่าง 1.738 ถึง 1.752 ค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ระหว่าง 3.58 ถึง 3.77 (ตาราง 4.6)

ตาราง 4.1 สมบัติพื้นฐานทางอัญมณีของตัวอย่างการ์เน็ต กลุ่มสีเขียวเหลือง

ตัวอย่าง	น้ำหนัก (กะรัต)	ค่าดัชนีหักเห	ค่าความ ถ่วงจำเพาะ	สี
AnD 01	0.66	Over 1.81	3.68	yellowish Green
AnD 02	0.55	Over 1.81	3.69	yellowish Green
AnD 03	0.55	Over 1.81	3.76	yellowish Green
AnD 04	0.39	Over 1.81	3.77	yellowish Green
AnD 05	0.52	Over 1.81	3.77	yellowish Green
AnD 06	0.55	Over 1.81	3.77	yellowish Green
AnD 07	0.51	Over 1.81	3.78	yellowish Green
AnD 08	0.46	Over 1.81	3.79	yellowish Green
AnD 09	0.38	Over 1.81	3.80	yellowish Green
AnD 10	0.45	Over 1.81	3.81	yellowish Green
AnD 11	2.07	Over 1.81	3.82	Green
AnD 12	1.40	Over 1.81	3.83	yellowish Green
AnD 13	2.26	Over 1.81	3.83	Green
AnD 14	2.77	Over 1.81	3.83	Green
AnD 15	1.42	Over 1.81	3.84	Green
AnD 16	0.41	Over 1.81	3.85	yellowish Green
AnD 17	0.42	Over 1.81	3.85	yellowish Green
AnD 18	0.45	Over 1.81	3.85	yellowish Green
AnD 19	0.54	Over 1.81	3.85	yellowish Green
AnD 20	0.63	Over 1.81	3.85	slightly greenish Yellow
AnD 21	2.61	Over 1.81	3.85	Green
AnD 22	0.48	Over 1.81	3.86	yellowish Green
AnD 23	0.52	Over 1.81	3.86	yellowish Green
AnD 24	0.59	Over 1.81	3.86	yellowish Green
AnD 25	0.48	Over 1.81	3.87	yellowish Green
AnD 26	1.00	Over 1.81	3.87	strongly yellowish Green
AnD 27	1.72	Over 1.81	3.87	Green

ตัวอย่าง	น้ำหนัก (กะรัต)	ค่าดัชนีหักเห	ค่าความ ถ่วงจำเพาะ	สี
AnD 28	0.62	Over 1.81	3.88	strongly yellowish Green
AnD 29	0.91	Over 1.81	3.88	strongly yellowish Green
AnD 30	1.90	Over 1.81	3.88	yellowish Green
AnD 31	0.60	Over 1.81	3.89	slightly greenish Yellow
AnD 32	0.43	Over 1.81	3.91	yellowish Green
AnD 33	0.58	Over 1.81	3.91	yellowish Green
AnD 34	0.41	Over 1.81	3.94	yellowish Green
AnD 35	0.36	Over 1.81	3.95	yellowish Green
AnD 36	0.50	Over 1.81	4.01	yellowish Green
AnD 37	0.53	Over 1.81	4.03	yellowish Green

ตาราง 4.2 สมบัติพื้นฐานทางอัญมณีของตัวอย่างการ์เน็ต กลุ่มสีเหลืองเขียว-น้ำตาล

ตัวอย่าง	น้ำหนัก (กะรัต)	ค่าดัชนีหักเห	ค่าความ ถ่วงจำเพาะ	สี
AnT 01	0.94	1.790	3.84	slightly greenish Yellow
AnT 02	0.820	1.795	3.86	slightly greenish Yellow
AnT 03	0.840	1.800	3.85	Yellow
AnT 04	1.240	1.800	3.85	slightly greenish Yellow
AnT 05	0.985	Over 1.81	3.82	slightly greenish Yellow
AnT 06	1.180	Over 1.81	3.83	slightly greenish Yellow
AnT 07	1.130	Over 1.81	3.86	slightly greenish Yellow
AnT 08	0.670	Over 1.81	3.87	slightly greenish Yellow
AnT 09	1.005	Over 1.81	3.87	Yellow
AnT 10	1.205	Over 1.81	3.87	slightly greenish Yellow
AnT 11	1.47	Over 1.81	3.87	slightly greenish Yellow
AnT 12	0.855	Over 1.81	3.88	Yellow
AnT 13	0.780	Over 1.81	3.89	Yellow
AnT 14	1.430	Over 1.81	3.89	Yellow

ตาราง 4.3 สมบัติพื้นฐานทางอัญมณีของตัวอย่างการ์เน็ต กลุ่มสีเขียวสด

ตัวอย่าง	น้ำหนัก (กะรัต)	ค่าดัชนีหักเห	ค่าความ ถ่วงจำเพาะ	สี
GT 01	0.94	1.734	3.57	Green
GT 02	0.25	1.734	3.58	Green
GT 03	0.28	1.735	3.64	Green
GT 04	0.38	1.738	3.58	Green
GT 05	0.21	1.738	3.60	Green
GT 06	0.27	1.738	3.60	Green
GT 07	0.36	1.738	3.61	Green
GT 08	0.26	1.738	3.63	Green
GT 09	0.35	1.738	3.66	Green
GT 10	0.42	1.739	3.62	Green
GT 11	0.25	1.739	3.69	Green
GT 12	0.34	1.740	3.62	Green
GT 13	0.49	1.740	3.62	Green
GT 14	0.35	1.740	3.68	Green
GT 15	0.30	1.741	3.64	Green
GT 16	0.30	1.742	3.57	Green

ตาราง 4.4 สมบัติพื้นฐานทางอัญมณีของตัวอย่างการ์เน็ต กลุ่มสีเขียวอมเหลือง

ตัวอย่าง	น้ำหนัก (กะรัต)	ค่าดัชนีหักเห	ค่าความ ถ่วงจำเพาะ	สี
GG 01	1.875	1.759	3.61	Green
GG 02	1.345	1.760	3.63	Yellowish Green
GG 03	1.82	1.770 (spot)	3.68	greenish Yellow
GG 04	1.125	1.759	3.68	Yellowish Green
GG 05	6.07	1.760 (spot)	3.63	greenish Yellow
GG 06	7.26	1.760 (spot)	3.64	greenish Yellow

ตัวอย่าง	น้ำหนัก (กะรัต)	ค่าดัชนีหักเห	ค่าความ ถ่วงจำเพาะ	สี
GG 07	7.76	1.760 (spot)	3.64	greenish Yellow
GG 08	5.28	1.760 (spot)	3.65	greenish Yellow
GG 09	6.97	1.760 (spot)	3.65	greenish Yellow
GG 10	7.45	1.760 (spot)	3.66	greenish Yellow
GG 11	8.05	1.760 (spot)	3.66	greenish Yellow
GG 12	8.18	1.760 (spot)	3.66	greenish Yellow
GG 13	1.545	1.762	3.60	greenish Yellow
GG 14	0.985	1.763	3.67	greenish Yellow
GG 15	1.620	1.764	3.65	Yellowish Green
GG 16	1.235	1.770	3.61	Yellowish Green
GG 17	1.090	1.759	3.63	Yellowish Green
GG 18	1.320	1.759	3.68	greenish Yellow
GG 19	4.55	1.760 (spot)	3.66	greenish Yellow
GG 20	1.495	1.768	3.68	greenish Yellow
GG 21	1.365	1.768	3.69	greenish Yellow
GG 22	1.660	1.769	3.66	Yellowish Green
GG 23	1.350	1.760	3.66	Yellow
GG 24	1.490	1.769	3.67	Yellow
GG 25	1.37	1.770	3.65	Yellow
GG 26	1.55	1.770	3.65	Yellow
GG 27	1.505	1.771	3.68	Yellow

ตาราง 4.5 สมบัติพื้นฐานทางอัญมณีของตัวอย่างการ์เน็ต กลุ่มสีเหลืองน้ำตาล

ตัวอย่าง	น้ำหนัก (กะรัต)	ค่าดัชนีหักเห	ค่าความ ถ่วงจำเพาะ	สี
GA 01	2.29	1.765	3.67	Yellow
GA 02	2.35	1.770	3.60	Dark Orange
GA 03	1.95	1.770	3.66	Dark Orange

ตัวอย่าง	น้ำหนัก (กะรัต)	ค่าดัชนีหักเห	ค่าความ ถ่วงจำเพาะ	สี
GA 04	2.76	1.771	3.63	Dark Orange
GA 05	3.95	1.771	3.63	Very Dark Orange
GA 06	2.60	1.780	3.66	Dark Orange

ตาราง 4.6 สมบัติพื้นฐานทางอัญมณีของตัวอย่างการ์เน็ต กลุ่มสีส้ม

ตัวอย่าง	น้ำหนัก (กะรัต)	ค่าดัชนีหักเห	ค่าความ ถ่วงจำเพาะ	สี
GH 01	0.84	1.738	3.61	yellowish Orange
GH 02	0.610	1.739	3.65	Yellow
GH 03	2.235	1.740	3.63	yellowish Orange
GH 04	2.020	1.740	3.65	yellowish Orange
GH 05	0.620	1.740	3.67	Orange
GH 06	0.52	1.740	3.73	yellowish Orange
GH 07	2.145	1.741	3.63	yellowish Orange
GH 08	0.545	1.741	3.64	yellowish Orange
GH 09	0.480	1.741	3.69	Orange
GH 10	0.68	1.742	3.59	yellowish Orange
GH 11	0.65	1.742	3.65	yellowish Orange
GH 12	0.65	1.742	3.66	yellowish Orange
GH 13	0.77	1.742	3.69	yellowish Orange
GH 14	0.915	1.742	3.70	yellowish Orange
GH 15	0.700	1.742	3.71	yellowish Orange
GH 16	0.415	1.742	3.77	Orange
GH 17	0.96	1.744	3.68	yellowish Orange
GH 18	0.75	1.745	3.58	yellowish Orange
GH 19	1.965	1.745	3.61	yellowish Orange
GH 20	2.975	1.745	3.62	Orange

ตัวอย่าง	น้ำหนัก (กะรัต)	ค่าดัชนีหักเห	ค่าความ ถ่วงจำเพาะ	สี
GH 21	0.925	1.745	3.63	Yellow
GH 22	1.410	1.745	3.64	Orange
GH 23	1.700	1.745	3.64	yellowish Orange
GH 24	0.56	1.745	3.67	yellowish Orange
GH 25	0.52	1.748	3.59	yellowish Orange
GH 26	2.445	1.748	3.62	yellowish Orange
GH 27	0.415	1.748	3.77	Orange
GH 28	1.905	1.750	3.65	Orange
GH 29	3.150	1.752	3.64	Dark Orange

4.1.2 สเปกตรัมการดูดกลืนแสง

ตรวจสอบสเปกตรัมการดูดกลืนแสงด้วยสเปกโทรสโคปแบบพกพา (hand spectroscope) พบลักษณะการดูดกลืนแสง

1. กลุ่มสีเขียวเหลืองการกระจายแสงปานกลาง รหัส AnD (ตาราง 4.7) พบลักษณะการดูดกลืนแสง 5 รูปแบบ คือ

1.1 แสดงการดูดกลืนแสงเป็นแถบ Cut Off (ลักษณะแถบมืดที่ขอบสเปกตรัม) ทั้งสเปกตรัมด้านสีแดงและสีม่วงเป็นแถบแคบ



1.2 ไม่เห็นการดูดกลืนแสง



1.3 แสดงการดูดกลืนแสงแบบเส้น (lines) ที่สเปกตรัมสีส้มและสีเหลืองส้ม



1.4 แสดงการดูดกลืนแสงแบบเส้นคู่ (doublet lines) ที่สเปกตรัมช่วงสีส้ม และแสดงแถบการดูดกลืนแสงแคบ (narrow band) ช่วงสเปกตรัมสีเหลือง



1.5 แสดงการดูดกลืนแสงเป็นเส้น (line) ที่สเปกตรัมช่วงสีส้มเหลือง



2. กลุ่มสีเหลืองเขียว-น้ำตาลการกระจายแสงปานกลาง รหัส AnT (ตาราง 4.8) พบลักษณะการดูดกลืนแสงรูปแบบเดียว คือ แสดงการดูดกลืนแสงเป็นแถบแคบ (narrow band) ที่สเปกตรัมสีเขียวต่อสีน้ำเงิน



3. กลุ่มสีเขียวสด (bright green) การกระจายแสงต่ำถึงปานกลาง รหัส GT (ตาราง 4.9) พบลักษณะการดูดกลืนแสง 1 รูปแบบ คือ แสดงการดูดกลืนแสงเป็นแถบ Cut Off (ลักษณะแถบมืดที่ขอบสเปกตรัม) ทั้งสเปกตรัมด้านสีแดงและสีม่วง



4. กลุ่มสีเขียวอมเหลือง การกระจายแสงต่ำ รหัส GG (ตาราง 4.10) พบลักษณะการดูดกลืนแสง 3 รูปแบบ คือ

4.1 ตัวอย่าง GG 03 ถึง GG 27 แสดงการดูดกลืนแสงเป็นแถบ Cut Off (ลักษณะแถบมืดที่ขอบสเปกตรัม) ทั้งสเปกตรัมด้านสีแดงและสีม่วง



4.2 ตัวอย่าง GG 01 แสดงการดูดกลืนแสงเป็นเส้นบาง (weak line) ที่สเปกตรัมช่วงสีเหลืองและช่วงสเปกตรัมสีเขียวต่อสีน้ำเงิน



4.3 ตัวอย่าง GG 02 แสดงการดูดกลืนแสงเป็นแถบ Cut Off งาม กว้างครอบคลุมด้านสเปกตรัมสีแดงและสีเหลือง และเส้นการดูดกลืนจางๆ ที่สเปกตรัมสีเขียวต่อสีน้ำเงิน



5. กลุ่มสีเหลืองน้ำตาล การกระจายแสงปานกลางถึงสูง รหัส GA (ตาราง 4.11) พบลักษณะการดุดกคลื่นแสง 3 รูปแบบ คือ

5.1 แสดงการดุดกคลื่นแสงเป็นเส้นบาง (weak line) ที่สเปกตรัมช่วงสีเขียวต่อสีน้ำเงิน



5.2 แสดงการดุดกคลื่นแสงเป็นแถบ Cut Off ทั้งสเปกตรัมด้านสีแดงและสีม่วง และการดุดกคลื่นแสงแบบเส้นคู่บาง (doublet lines) ที่สเปกตรัมช่วงสีเขียวต่อสีน้ำเงิน



5.3 แสดงการดุดกคลื่นแสงเป็นแถบ Cut Off งามครอบคลุมทั้งสเปกตรัมด้านสีแดงถึงเหลืองและสีม่วงถึงน้ำเงิน และแสดงการดุดกคลื่นแสงแบบเส้นคู่บาง (doublet lines) ที่สเปกตรัมช่วงสีเขียวต่อสีน้ำเงิน



6. กลุ่มสีส้ม การกระจายแสงต่ำ รหัส GH GA (ตาราง 4.12) พบลักษณะการดุดกคลื่นแสง 4 รูปแบบ คือ

6.1 แสดงการดุดกคลื่นแสงเป็นแถบ Cut Off (ลักษณะแถบมืดที่ขอบสเปกตรัม) ทั้งสเปกตรัมด้านสีแดงและสีม่วงถึงน้ำเงินบางส่วน



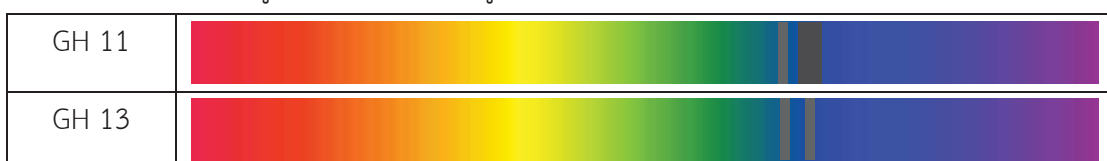
6.2 ไม่เห็นการดุดกคลื่นแสง



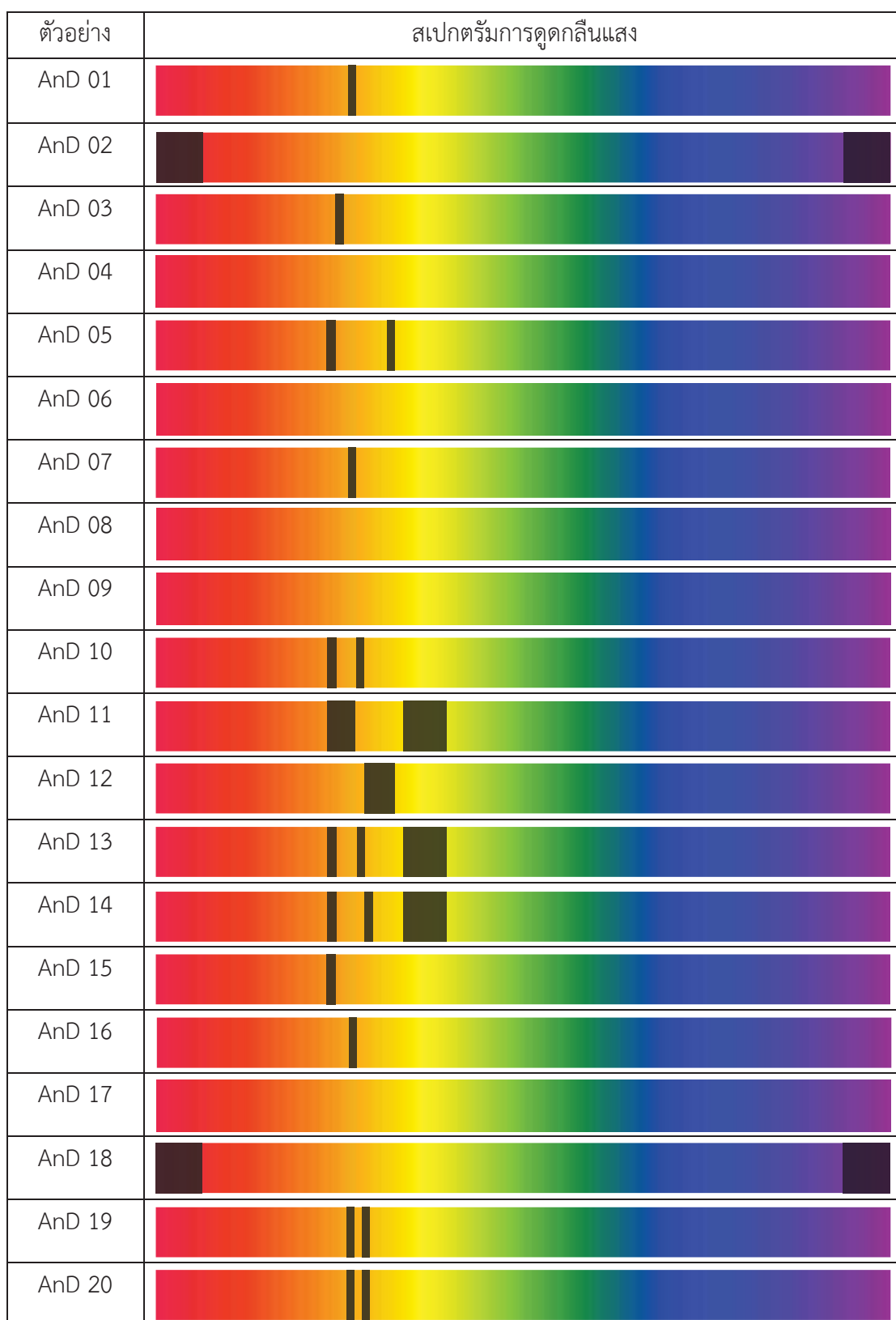
6.3 แสดงการดุดกคลื่นแสงเป็นเส้นบาง (weak line) ที่สเปกตรัมช่วงสีเขียวต่อสีน้ำเงิน




















6.4 แสดงการดุดกคลื่นแสงแบบเส้นคู่ (doublet lines) ที่สเปกตรัมช่วงสีเขียวต่อสีน้ำเงิน

















ตาราง 4.7 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของตัวอย่างการ์เน็ต กลุ่ม AnD



















ตัวอย่าง	สเปกตรัมการดูดกลืนแสง
AnD 21	
AnD 22	
AnD 23	
AnD 24	
AnD 25	
AnD 26	
AnD 27	
AnD 28	
AnD 29	
AnD 30	
AnD 31	
AnD 32	
AnD 33	
AnD 34	
AnD 35	
AnD 36	
AnD 37	

ตาราง 4.8 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของตัวอย่างการ์เน็ต กลุ่ม AnT








ตัวอย่าง	สเปกตรัมการดูดกลืนแสง
AnT 01	
AnT 02	
AnT 03	
AnT 04	
AnT 05	
AnT 06	
AnT 07	
AnT 08	
AnT 09	
AnT 10	
AnT 11	
AnT 12	
AnT 13	
AnT 14	





















ตาราง 4.9 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของตัวอย่างการ์เน็ต กลุ่ม GT

ตัวอย่าง	สเปกตรัมการดูดกลืนแสง
GT 01	
GT 02	
GT 03	
GT 04	

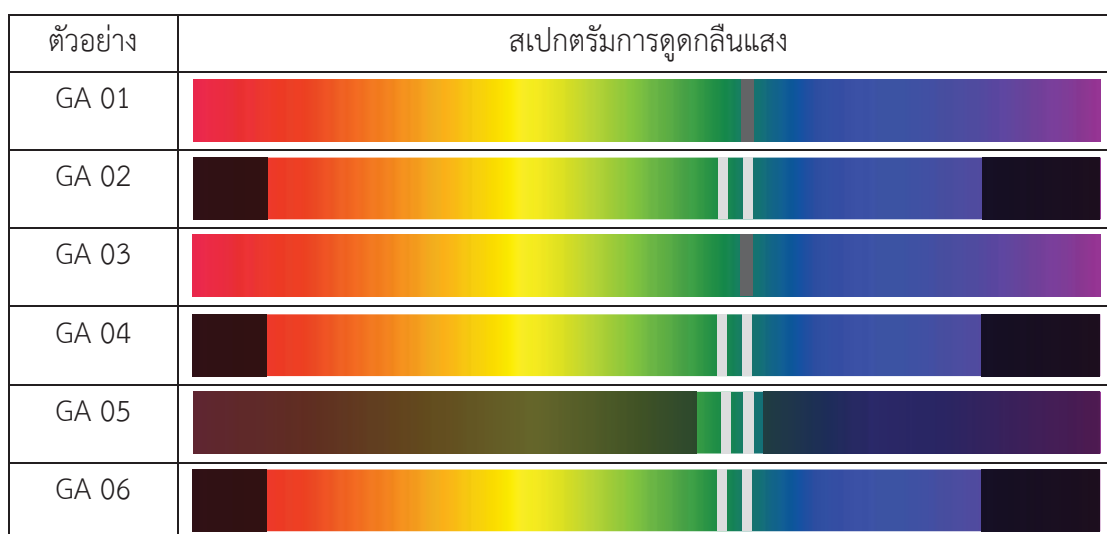
ตัวอย่าง	สเปกตรัมการดูดกลืนแสง
GT 05	
GT 06	
GT 07	
GT 08	
GT 09	
GT 10	
GT 11	
GT 12	
GT 13	
GT 14	
GT 15	
GT 16	

ตาราง 4.10 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของตัวอย่างการ์เน็ต กลุ่ม GG

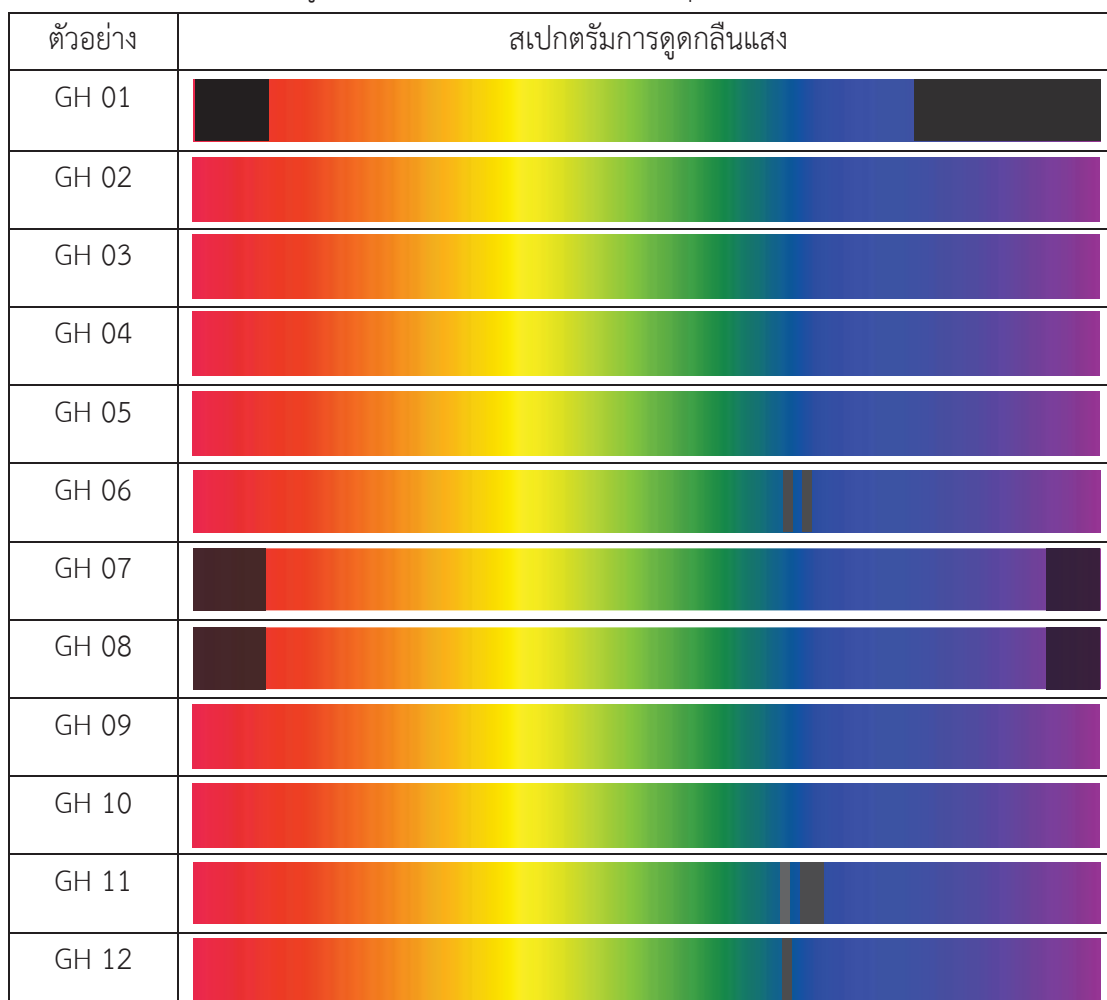
ตัวอย่าง	สเปกตรัมการดูดกลืนแสง
GG 01	
GG 02	
GG 03	
GG 04	
GG 05	
GG 06	
GG 07	


















ตัวอย่าง	สเปกตรัมการดูดกลืนแสง
GG 08	
GG 09	
GG 10	
GG 11	
GG 12	
GG 13	
GG 14	
GG 15	
GG 16	
GG 17	
GG 18	
GG 19	
GG 20	
GG 21	
GG 22	
GG 23	
GG 24	
GG 25	
GG 26	
GG 27	

ตาราง 4.11 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของตัวอย่างการ์เน็ต กลุ่ม GA



ตาราง 4.12 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของตัวอย่างการ์เน็ต กลุ่ม GH



ตัวอย่าง	สเปกตรัมการดูดกลืนแสง
GH 13	
GH 14	
GH 15	
GH 16	
GH 17	
GH 18	
GH 19	
GH 20	
GH 21	
GH 22	
GH 23	
GH 24	
GH 25	
GH 26	
GH 27	
GH 28	
GH 29	

4.2 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่อง Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometer (EDXRF)

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างการ์เน็ต ด้วยเครื่อง Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometer (EDXRF) ผลที่แสดงเป็นผลจากการ normalization ของโปรแกรม *Orbis Vision* วิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 จุด แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยพบว่า มีธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลักคือ CaO (ประมาณร้อยละ 35) และ SiO₂ (ประมาณร้อยละ 40) ส่วนอีกร้อยละ 35 โดยประมาณเป็นองค์ประกอบของ Al₂O₃ และ Fe₂O₃ ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ใช้จำแนกชนิดของการ์เน็ต เมื่อนำผลวิเคราะห์ทางเคมีไปใช้ในการคำนวณชนิดของการ์เน็ต (end member)

ตัวอย่างกลุ่มสีเขียวเหลือง การกระจายแสงปานกลาง รหัส AnD จำนวน 37 ตัวอย่าง วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี 30 ตัวอย่าง (ตาราง 4.13) พบว่ามีองค์ประกอบของ SiO₂ ร้อยละ 31.49 - 38.06 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 36.36 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.62) CaO ร้อยละ 32.72 - 41.97 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 34.24 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.45) Fe₂O₃ ร้อยละ 24.35 - 29.42 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 27.91 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.33) เมื่อกำหนดค่า end member (ตาราง 4.14) พบว่าองค์ประกอบเป็น andradite ร้อยละ 94.72-97.90 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 97.24 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.63)

ตาราง 4.13 องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่าง กลุ่ม andradite สีเขียวอมเหลือง (AnD)

sample	Wt% oxide									
	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	TiO ₂	V ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	total
AnD 01	0.63	0.44	37.43	33.43	0.11	0.00	0.02	0.01	27.91	100.00
AnD 02	0.90	0.53	34.92	36.96	0.19	0.01	0.02	0.02	26.45	100.00
AnD 03	0.69	0.41	37.93	32.93	0.06	0.01	0.03	0.01	27.93	100.00
AnD 05	0.63	0.34	36.42	33.08	0.11	0.00	0.03	0.31	29.09	100.00
AnD 07	1.08	0.50	32.80	39.95	0.33	0.01	0.03	0.15	25.16	100.00
AnD 08	0.75	0.45	37.28	33.48	0.06	0.01	0.03	0.01	27.92	100.00
AnD 10	0.69	0.34	36.47	33.11	0.10	0.13	0.01	0.02	29.13	100.00
AnD 11	0.58	0.33	36.34	33.06	0.11	0.01	0.14	0.01	29.42	100.00
AnD 12	0.64	0.33	36.08	32.83	0.10	1.00	0.00	0.02	29.01	100.00
AnD 13	0.57	0.35	36.47	32.83	0.11	0.71	0.00	0.02	28.95	100.00
AnD 14	0.59	0.37	36.44	33.01	0.14	0.00	0.03	0.03	29.40	100.00
AnD 15	0.54	0.33	36.38	33.00	0.16	0.00	0.02	0.52	29.04	100.00
AnD 17	0.81	0.44	37.77	32.97	0.06	0.01	0.03	0.01	27.92	100.00
AnD 18	0.71	0.46	37.79	33.17	0.07	0.01	0.02	0.02	27.76	100.00

sample	Wt% oxide									
	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	TiO ₂	V ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	total
AnD 19	0.62	0.34	37.94	33.05	0.11	0.00	0.03	0.01	27.90	100.00
AnD 20	0.55	0.36	37.93	33.06	0.05	0.01	0.02	0.03	27.99	100.00
AnD 21	0.59	0.37	36.38	33.20	0.11	0.05	0.04	0.02	29.23	100.00
AnD 23	0.53	0.36	36.08	32.72	0.16	1.14	0.00	0.02	28.99	100.00
AnD 24	0.61	0.32	38.03	33.20	0.05	0.01	0.03	0.02	27.73	100.00
AnD 25	0.90	0.48	34.97	36.84	0.22	0.00	0.02	0.02	26.55	100.00
AnD 26	0.67	0.45	36.33	34.81	0.12	0.01	0.06	0.01	27.54	100.00
AnD 27	0.49	0.37	36.66	33.15	0.15	0.00	0.03	0.02	29.13	100.00
AnD 28	1.15	0.54	31.49	41.97	0.44	0.01	0.02	0.02	24.35	100.00
AnD 29	0.67	0.44	37.90	32.97	0.06	0.01	0.03	0.01	27.91	100.00
AnD 30	0.49	0.42	36.43	33.08	0.11	0.09	0.06	0.02	29.30	100.00
AnD 31	0.60	0.32	38.06	33.08	0.05	0.01	0.02	0.01	27.85	100.00
AnD 32	0.90	0.81	37.42	32.96	0.06	0.01	0.02	0.01	27.80	100.00
AnD 33	1.02	0.45	34.64	37.22	0.18	0.02	0.02	0.02	26.44	100.00
AnD 34	1.17	0.48	33.62	38.78	0.24	0.19	0.01	0.03	25.49	100.00

ตาราง 4.14 ร้อยละขององค์ประกอบชนิด (% End Member) ของตัวอย่าง กลุ่ม AnD

	Pyrope	Almandine	Spessartine	Andradite	Grossular	Uvarovite	total
AnD 01	2.83	0.00	0.01	97.05	0.00	0.11	100.00
AnD 02	3.33	0.00	0.02	96.46	0.08	0.10	100.00
AnD 03	2.73	0.00	0.00	97.16	0.00	0.11	100.00
AnD 05	2.13	0.00	0.00	97.74	0.00	0.12	100.00
AnD 07	2.65	0.00	0.18	96.94	0.11	0.12	100.00
AnD 08	2.92	0.00	0.00	96.95	0.00	0.13	100.00
AnD 10	2.14	0.00	0.00	97.81	0.00	0.04	100.00
AnD 11	2.07	0.00	0.01	97.30	0.01	0.60	100.00
AnD 12	2.11	0.00	0.00	97.89	0.00	0.00	100.00
AnD 13	2.22	0.00	0.00	97.78	0.00	0.00	100.00
AnD 14	2.38	0.00	0.00	97.51	0.00	0.11	100.00
AnD 15	1.93	0.00	0.16	97.81	0.00	0.11	100.00
AnD 17	2.85	0.00	0.00	97.03	0.00	0.11	100.00
AnD 18	3.00	0.00	0.00	96.89	0.00	0.10	100.00

	Pyrope	Almandine	Spessartine	Andradite	Grossular	Uvarovite	total
AnD 19	2.27	0.00	0.00	97.61	0.00	0.11	100.00
AnD 20	2.31	0.00	0.03	97.49	0.06	0.10	100.00
AnD 21	2.32	0.00	0.00	97.51	0.00	0.17	100.00
AnD 23	2.33	0.00	0.00	97.67	0.00	0.00	100.00
AnD 24	2.12	0.00	0.00	97.76	0.00	0.13	100.00
AnD 25	3.06	0.00	0.02	96.77	0.05	0.11	100.00
AnD 26	2.50	0.00	0.01	96.97	0.27	0.24	100.00
AnD 27	2.30	0.00	0.02	97.53	0.03	0.11	100.00
AnD 28	1.93	0.00	0.01	97.90	0.07	0.09	100.00
AnD 29	2.91	0.00	0.00	96.96	0.00	0.13	100.00
AnD 30	2.48	0.00	0.04	97.08	0.14	0.27	100.00
AnD 31	2.14	0.00	0.00	97.75	0.00	0.10	100.00
AnD 32	3.95	0.00	0.02	94.72	1.21	0.10	100.00
AnD 33	2.95	0.00	0.00	96.96	0.00	0.09	100.00
AnD 34	2.88	0.00	0.00	97.08	0.00	0.04	100.00

ตัวอย่างกลุ่มสีเหลืองเขียวถึงน้ำตาล การกระจายแสงปานกลาง รหัส AnT จำนวน 14 ตัวอย่าง วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี 14 ตัวอย่าง (ตาราง 4.15) พบว่ามีองค์ประกอบของ SiO₂ ร้อยละ 35.05 - 37.96 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 37.17 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.01) CaO ร้อยละ 32.92 - 36.32 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 33.56 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.06) Fe₂O₃ ร้อยละ 27.77 - 30.02 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 27.89 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.73) เมื่อคำนวณค่า end member (ตาราง 4.16) พบว่าองค์ประกอบเป็น andradite ร้อยละ 95.09 - 97.42 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 96.74 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.72)

ตาราง 4.15 องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่าง กลุ่ม andradite สีเหลืองอมเขียวถึงน้ำตาล (AnT)

sample	Wt% oxide									
	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	TiO ₂	V ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	total
AnT 01	0.57	0.46	37.53	33.18	0.06	0.03	0.03	0.13	28.02	100.00
AnT 02	0.70	0.68	36.63	34.24	0.21	0.01	0.03	0.03	27.47	100.00
AnT 03	0.67	0.49	37.80	32.94	0.08	0.00	0.04	0.01	27.95	100.00
AnT 04	0.61	0.39	37.91	33.03	0.06	0.01	0.03	0.01	27.93	100.00
AnT 05	0.89	0.44	37.89	32.92	0.06	0.01	0.03	0.01	27.76	100.00
AnT 06	0.67	0.41	37.08	33.87	0.09	0.15	0.01	0.01	27.71	100.00

sample	Wt% oxide									
	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	TiO ₂	V ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	total
AnT 07	0.56	0.43	37.69	33.00	0.06	0.14	0.01	0.02	28.09	100.00
AnT 08	0.67	0.78	35.81	35.35	0.29	0.00	0.04	0.02	27.04	100.00
AnT 09	0.49	0.40	37.88	32.92	0.06	0.01	0.04	0.13	28.08	100.00
AnT 10	0.77	0.50	37.81	32.99	0.06	0.01	0.02	0.01	27.83	100.00
AnT 11	0.53	0.37	37.96	32.98	0.06	0.00	0.09	0.01	28.00	100.00
AnT 12	0.87	0.63	35.05	33.24	0.06	0.01	0.10	0.01	30.02	100.00
AnT 13	0.80	0.38	35.53	36.32	0.16	0.00	0.02	0.01	26.77	100.00
AnT 14	0.59	0.40	37.86	32.92	0.06	0.01	0.03	0.33	27.81	100.00

ตาราง 4.16 ร้อยละขององค์ประกอบชนิด (% End Member) ของตัวอย่าง กลุ่ม AnT

	Pyrope	Almandine	Spessartine	Andradite	Grossular	Uvarovite	total
AnT 01	2.84	0.00	0.13	96.83	0.06	0.15	100.00
AnT 02	3.58	0.00	0.02	95.66	0.63	0.11	100.00
AnT 03	3.15	0.00	0.01	96.61	0.05	0.18	100.00
AnT 04	2.50	0.00	0.01	97.27	0.09	0.14	100.00
AnT 05	2.88	0.00	0.00	97.01	0.00	0.11	100.00
AnT 06	2.59	0.00	0.01	97.30	0.05	0.04	100.00
AnT 07	2.77	0.00	0.02	97.14	0.03	0.05	100.00
AnT 08	3.41	0.00	0.05	95.09	1.27	0.18	100.00
AnT 09	2.15	0.00	0.16	97.16	0.34	0.18	100.00
AnT 10	3.25	0.00	0.00	96.66	0.00	0.09	100.00
AnT 11	2.42	0.00	0.00	97.18	0.00	0.40	100.00
AnT 12	3.81	0.00	0.00	95.78	0.00	0.41	100.00
AnT 13	2.48	0.00	0.00	97.42	0.00	0.10	100.00
AnT 14	2.60	0.00	0.00	97.25	0.00	0.15	100.00

ตัวอย่างกลุ่มสีเขียวสด (bright green) การกระจายแสงต่ำถึงปานกลาง จำนวน 16 ตัวอย่าง วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี 16 ตัวอย่าง (ตาราง 4.17) พบว่ามีองค์ประกอบของ SiO₂ ร้อยละ 35.18 – 41.73 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 40.34 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.93) CaO ร้อยละ 33.30 – 42.99 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 35.40 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.72) Al₂O₃ ร้อยละ 18.34 – 21.81 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 20.67 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.01) เมื่อคำนวณค่า end member (ตาราง 4.18) พบว่าองค์ประกอบเป็น Grossularite ร้อยละ 87.59 – 94.86 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 92.51 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.82) โดย

มีข้อสังเกตว่ามีความผิดปกติของผลการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของตัวอย่าง GT 02 คือ SiO₂ ร้อยละ 35.18 และ CaO ร้อยละ 42.99

เมื่อตัดข้อมูลผลการวิเคราะห์ตัวอย่าง GT 02 ออกแล้ววิเคราะห์ทางสถิติเพียง 15 ตัวอย่าง พบว่ามีองค์ประกอบของ SiO₂ ร้อยละ 37.93 – 41.73 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 40.68 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.40) CaO ร้อยละ 33.30 – 38.66 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 34.90 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.18) Al₂O₃ ร้อยละ 19.36 – 21.81 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 20.82 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.82) เมื่อคำนวณค่า end member พบว่าองค์ประกอบเป็น Grossularite ร้อยละ 87.59 – 94.86 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 92.51 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.80)

ตาราง 4.17 องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่าง กลุ่ม grossularite สีเขียวสด (GT)

sample	Wt% oxide									
	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	TiO ₂	V ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	total
GT 01	1.32	21.81	41.64	34.07	0.27	0.34	0.03	0.41	0.07	100.00
GT 02	1.60	18.34	35.18	42.99	0.60	0.49	0.11	0.58	0.12	100.00
GT 03	1.11	21.35	41.45	34.06	0.30	1.15	0.09	0.32	0.17	100.00
GT 04	1.25	21.63	41.41	33.64	0.36	0.62	0.06	0.93	0.10	100.00
GT 05	1.71	19.59	38.51	37.95	0.41	1.18	0.13	0.42	0.10	100.00
GT 06	1.47	20.65	39.27	36.82	0.40	0.74	0.09	0.47	0.10	100.00
GT 07	1.07	21.54	41.61	33.58	0.30	0.82	0.07	0.71	0.31	100.00
GT 08	1.23	21.12	41.42	34.23	0.33	1.22	0.12	0.26	0.09	100.00
GT 09	1.20	21.65	41.47	33.61	0.34	0.63	0.05	0.94	0.10	100.00
GT 10	1.36	19.37	38.24	38.66	0.35	1.34	0.13	0.45	0.10	100.00
GT 11	1.29	20.96	41.35	34.06	0.28	1.55	0.16	0.27	0.08	100.00
GT 12	1.96	19.36	37.93	37.86	0.48	0.98	0.30	0.99	0.16	100.00
GT 13	1.02	21.23	41.39	34.35	0.30	1.23	0.11	0.26	0.10	100.00
GT 14	1.18	20.89	41.55	33.65	0.27	1.49	0.11	0.76	0.10	100.00
GT 15	1.06	20.92	41.73	33.30	0.39	1.38	0.14	0.98	0.11	100.00
GT 16	1.33	20.26	41.29	33.64	0.33	2.19	0.12	0.77	0.08	100.00

ตาราง 4.18 ร้อยละขององค์ประกอบชนิด (% End Member) ของตัวอย่าง กลุ่ม GT

	Pyrope	Almandine	Spessartine	Andradite	Grossularite	Uvarovite	total
GT 01	5.10	0.00	0.90	0.00	93.91	0.09	100.00
GT 02	7.30	0.00	1.50	0.41	90.39	0.40	100.00
GT 03	4.37	0.00	0.72	0.00	94.63	0.28	100.00
GT 04	4.86	0.46	2.06	0.11	92.32	0.18	100.00
GT 05	7.43	0.00	1.04	0.20	90.89	0.44	100.00
GT 06	6.04	0.66	1.10	0.18	91.72	0.29	100.00
GT 07	4.20	0.18	1.57	0.00	93.84	0.21	100.00
GT 08	4.89	0.00	0.59	0.08	94.08	0.37	100.00
GT 09	4.67	0.00	2.08	0.14	92.47	0.15	100.00
GT 10	5.93	0.00	1.10	0.26	92.27	0.44	100.00
GT 11	5.17	0.00	0.61	0.13	93.58	0.52	100.00
GT 12	8.61	0.00	2.44	0.36	87.59	1.00	100.00
GT 13	4.04	0.00	0.58	0.16	94.86	0.36	100.00
GT 14	5.69	0.00	1.49	0.14	92.47	0.22	100.00
GT 15	4.24	0.00	2.23	0.00	93.09	0.43	100.00
GT 16	5.50	0.00	2.07	0.25	92.05	0.39	100.00

ตัวอย่างกลุ่มสีเขียวอมเหลือง การกระจายแสงต่ำ รหัส GG จำนวน 27 ตัวอย่าง วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี 27 ตัวอย่าง (ตาราง 4.19) พบว่ามีองค์ประกอบของ SiO₂ ร้อยละ 35.18 – 41.73 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 40.34 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.93) CaO ร้อยละ 32.62 -41.94 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 35.18 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.79) Al₂O₃ ร้อยละ 14.16 - 17.40 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 15.72 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.84) Fe₂O₃ ร้อยละ 4.70 - 8.59 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 6.59 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.02) เมื่อคำนวณค่า end member (ตาราง 4.20) พบว่าองค์ประกอบเป็น Grossularite ร้อยละ 66.01 – 81.98 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 74.05 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.00) และพบ andradite ร้อยละ 11.98 – 27.87 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 19.52 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.06) มีข้อสังเกตว่ามีความผิดปกติของผลการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของตัวอย่าง GG 01 SiO₂ ร้อยละ 34.93 และ CaO ร้อยละ 41.94

เมื่อตัดข้อมูลผลการวิเคราะห์ตัวอย่าง GG 01 ออกแล้ววิเคราะห์ทางสถิติ 26 ตัวอย่าง พบว่ามีองค์ประกอบของ SiO₂ ร้อยละ 38.62 – 38.62 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 40.60 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.28) CaO ร้อยละ 32.62 – 37.32 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 34.92 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.20) Al₂O₃ ร้อยละ 14.16 – 17.40 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 15.75 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.83) Fe₂O₃ ร้อยละ 4.92 - 8.59 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 6.67 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.96) เมื่อคำนวณค่า end member พบว่าองค์ประกอบ

เป็น Grossularite ร้อยละ 66.01 – 81.98 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 74.07 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.08) และ พบ andradite ร้อยละ 11.98 – 27.87 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 19.62 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.11)

ตาราง 4.19 องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่าง กลุ่ม กลุ่ม grossularite สีเขียวเหลือง (GG)

sample	Wt% oxide									
	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	TiO ₂	V ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	total
GG 01	1.60	14.74	34.93	41.94	1.65	0.04	0.22	0.19	4.70	100.00
GG 02	1.58	16.29	39.85	35.50	0.51	0.06	0.15	0.15	5.92	100.00
GG 03	1.22	15.03	41.92	33.71	0.07	0.03	0.04	0.14	7.84	100.00
GG 04	1.34	16.24	40.12	35.70	0.27	0.01	0.03	0.15	6.14	100.00
GG 05	1.48	17.40	42.36	33.54	0.18	0.02	0.03	0.07	4.92	100.00
GG 06	2.05	16.84	42.39	33.01	0.04	0.02	0.04	0.14	5.48	100.00
GG 07	2.66	15.53	43.05	32.62	0.10	0.01	0.01	0.09	5.93	100.00
GG 08	1.34	16.90	42.16	33.71	0.16	0.02	0.02	0.11	5.59	100.00
GG 09	1.24	16.81	42.41	33.59	0.20	0.01	0.04	0.10	5.60	100.00
GG 10	1.24	16.35	42.03	33.86	0.20	0.02	0.01	0.08	6.22	100.00
GG 11	1.71	15.59	41.96	33.33	0.31	0.02	0.02	0.11	6.94	100.00
GG 12	1.23	15.73	41.92	33.86	0.31	0.01	0.01	0.10	6.82	100.00
GG 13	1.29	15.62	39.85	35.90	0.20	0.01	0.02	0.10	7.00	100.00
GG 14	1.23	15.70	39.93	35.96	0.09	0.02	0.02	0.10	6.96	100.00
GG 15	1.39	15.98	39.94	35.81	0.41	0.04	0.03	0.08	6.32	100.00
GG 16	1.21	14.90	39.94	35.47	0.14	0.04	0.02	0.17	8.12	100.00
GG 17	1.76	16.16	39.94	35.65	0.19	0.03	0.04	0.16	6.07	100.00
GG 18	1.49	16.73	40.10	35.73	0.34	0.13	0.02	0.12	5.34	100.00
GG 19	1.60	14.33	38.89	37.32	0.71	0.03	0.02	0.08	7.02	100.00
GG 20	1.34	15.53	39.80	35.69	0.33	0.03	0.16	0.04	7.07	100.00
GG 21	1.36	15.52	39.74	35.76	0.27	0.02	0.01	0.11	7.20	100.00
GG 22	1.26	14.83	38.62	34.14	4.08	0.00	0.04	0.06	6.96	100.00
GG 23	1.39	16.32	40.07	35.73	0.33	0.03	0.04	0.15	5.95	100.00

sample	Wt% oxide									
	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	TiO ₂	V ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	total
GG 24	1.17	14.94	39.71	35.53	0.12	0.02	0.02	0.66	7.82	100.00
GG 25	1.40	15.11	39.69	35.72	0.38	0.02	0.01	0.14	7.54	100.00
GG 26	1.30	15.03	39.63	35.56	0.33	0.03	0.03	0.11	7.99	100.00
GG 27	1.36	14.16	39.67	35.59	0.51	0.01	0.02	0.09	8.59	100.00

ตาราง 4.20 ร้อยละขององค์ประกอบชนิด (% End Member) ของตัวอย่าง กลุ่ม GG

	Pyrope	Almandine	Spessartine	Andradite	Grossularite	Uvarovite	total
GG 01	7.99	0.00	0.51	17.08	73.57	0.86	100.00
GG 02	6.60	0.00	0.34	18.74	73.81	0.51	100.00
GG 03	5.38	0.00	0.31	20.33	73.87	0.11	100.00
GG 04	5.58	0.00	0.35	19.43	74.55	0.09	100.00
GG 05	5.73	0.00	0.20	11.98	81.98	0.11	100.00
GG 06	8.79	0.00	0.33	16.40	74.36	0.13	100.00
GG 07	4.94	0.00	0.30	13.96	80.71	0.09	100.00
GG 08	5.75	0.00	0.26	13.65	80.28	0.06	100.00
GG 09	5.44	0.00	0.23	13.50	80.69	0.14	100.00
GG 10	5.59	0.00	0.21	17.27	76.89	0.05	100.00
GG 11	6.72	0.00	0.26	17.42	75.54	0.07	100.00
GG 12	5.77	0.00	0.23	15.82	78.12	0.06	100.00
GG 13	5.42	0.00	0.24	22.24	72.04	0.06	100.00
GG 14	5.15	0.00	0.24	22.04	72.52	0.06	100.00
GG 15	5.84	0.00	0.19	20.15	73.72	0.10	100.00
GG 16	5.12	0.00	0.41	25.25	69.17	0.06	100.00
GG 17	7.39	0.00	0.38	19.32	72.76	0.14	100.00
GG 18	6.24	0.00	0.29	16.92	76.50	0.06	100.00
GG 19	6.43	0.00	0.21	18.18	75.12	0.07	100.00
GG 20	5.62	0.00	0.10	22.42	71.33	0.54	100.00
GG 21	5.72	0.00	0.26	22.85	71.13	0.04	100.00
GG 22	5.64	0.00	0.16	21.22	72.85	0.13	100.00
GG 23	5.82	0.00	0.36	18.86	74.84	0.12	100.00
GG 24	4.95	0.00	1.60	25.01	68.37	0.08	100.00

	Pyrope	Almandine	Spessartine	Andradite	Grossularite	Uvarovite	total
GG 25	5.93	0.00	0.32	24.15	69.55	0.05	100.00
GG 26	5.46	0.00	0.26	25.02	69.16	0.09	100.00
GG 27	5.82	0.00	0.22	27.87	66.01	0.08	100.00

ตัวอย่างกลุ่มสีเหลืองน้ำตาล การกระจายแสงปานกลาง รหัส GA 6 จำนวน 6 ตัวอย่าง วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี 6 ตัวอย่าง (ตาราง 4.21) พบว่ามีองค์ประกอบของ SiO₂ ร้อยละ 39.15 – 41.39 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 40.69 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.82) CaO ร้อยละ 33.35 – 35.99 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 34.05 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.01) Al₂O₃ ร้อยละ 14.68 – 17.02 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 16.04 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.80) Fe₂O₃ ร้อยละ 5.92 – 9.00 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 7.17 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.03) เมื่อคำนวณค่า end member (ตาราง 4.22) พบว่าองค์ประกอบเป็น Grossularite ร้อยละ 71.25 – 77.45 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 75.18 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.55) และพบ andradite ร้อยละ 15.44 – 22.93 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 18.24 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.80)

ตาราง 4.21 องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่าง กลุ่ม grossularite สีเหลืองน้ำตาล (GA)

sample	Wt% oxide									
	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	TiO ₂	V ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	total
GA 01	1.61	17.02	40.59	34.23	0.42	0.03	0.07	0.12	5.92	100.00
GA 02	1.44	16.42	41.39	33.35	0.54	0.05	0.06	0.10	6.65	100.00
GA 03	1.48	15.65	39.15	35.99	0.48	0.05	0.01	0.09	7.10	100.00
GA 04	1.55	16.09	40.81	33.55	0.31	0.05	0.12	0.10	7.44	100.00
GA 05	1.29	16.40	40.83	33.76	0.62	0.04	0.03	0.11	6.93	100.00
GA 06	1.24	14.68	41.38	33.39	0.14	0.05	0.01	0.12	9.00	100.00

ตาราง 4.22 ร้อยละขององค์ประกอบชนิด (% End Member) ของตัวอย่าง กลุ่ม GA

	Pyrope	Almandine	Spessartine	Andradite	Grossularite	Uvarovite	total
GA 01	6.71	0.00	0.28	15.44	77.32	0.24	100.00
GA 02	6.19	0.00	0.25	15.90	77.45	0.21	100.00
GA 03	6.44	0.00	0.23	19.69	73.61	0.03	100.00
GA 04	6.57	0.00	0.24	18.49	74.29	0.42	100.00
GA 05	5.52	0.00	0.26	16.96	77.18	0.09	100.00
GA 06	5.50	0.00	0.29	22.93	71.25	0.03	100.00

ตัวอย่างกลุ่มสีส้มการกระจายแสงต่ำ รหัส GH จำนวน 29 ตัวอย่าง วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี 29 ตัวอย่าง (ตาราง 4.23) พบว่ามีองค์ประกอบของ SiO₂ ร้อยละ 31.52 – 40.74 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 39.68 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.11) CaO ร้อยละ 34.72 – 47.47 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 36.85 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.77) Al₂O₃ ร้อยละ 15.19 -19.64 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 18.55 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.08) Fe₂O₃ ร้อยละ 2.55 – 5.35 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 3.51 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.61) เมื่อคำนวณค่า end member (ตาราง 4.24) พบว่าองค์ประกอบเป็น Grossularite ร้อยละ 81.00 – 96.67 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 88.19 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.58) และพบ andradite ร้อยละ 0.00 – 15.91 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 7.76 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.82) มีข้อสังเกตว่ามีความผิดปกติของผลการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของตัวอย่าง GH 06 (SiO₂ ร้อยละ 31.52 และ CaO ร้อยละ 47.47) GH 14 (SiO₂ ร้อยละ 36.52 และ CaO ร้อยละ 41.16) GH 23 (SiO₂ ร้อยละ 34.28 และ CaO ร้อยละ 43.90)

เมื่อตัดข้อมูลผลการวิเคราะห์ตัวอย่าง GH 06 GH 14 และ GH 23 ออกแล้ววิเคราะห์ทางสถิติ 26 ตัวอย่าง พบว่ามีองค์ประกอบของ SiO₂ ร้อยละ 38.00 – 40.74 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 40.32 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.57) CaO ร้อยละ 34.72 – 39.00 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 36.01 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.78) Al₂O₃ ร้อยละ 17.33 – 19.64 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 18.85 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.57) Fe₂O₃ ร้อยละ 2.55 – 5.35 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 3.54 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.63) เมื่อคำนวณค่า end member พบว่าองค์ประกอบเป็น Grossularite ร้อยละ 81.00 – 96.67 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 88.42 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.38) และพบ andradite ร้อยละ 0.00 – 15.91 (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 7.72 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.69)

ตาราง 4.23 องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่าง กลุ่ม grossularite สีส้ม (GH)

sample	Wt% oxide									
	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	TiO ₂	V ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	total
GH 01	0.89	19.64	40.71	35.46	0.25	0.07	0.02	0.22	2.74	100.00
GH 02	1.33	19.55	40.70	35.69	0.12	0.01	0.02	0.04	2.55	100.00
GH 03	0.61	19.25	40.51	36.34	0.11	0.10	0.01	0.16	2.91	100.00
GH 04	0.90	19.08	40.47	36.13	0.08	0.06	0.02	0.18	3.08	100.00
GH 05	0.80	18.90	40.74	35.60	0.10	0.02	0.01	0.12	3.70	100.00
GH 06	0.98	15.19	31.52	47.47	1.35	0.05	0.14	0.11	3.20	100.00
GH 07	0.76	18.53	40.02	37.13	0.13	0.08	0.01	0.22	3.13	100.00
GH 08	1.16	18.95	40.54	35.79	0.11	0.01	0.02	0.06	3.37	100.00
GH 09	0.76	17.99	38.00	39.00	0.62	0.01	0.01	0.15	3.45	100.00
GH 10	0.73	19.18	40.55	35.72	0.27	0.01	0.03	0.13	3.38	100.00

sample	Wt% oxide									
	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	TiO ₂	V ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	total
GH 11	0.60	19.32	40.57	35.85	0.08	0.02	0.01	0.13	3.42	100.00
GH 12	1.18	18.71	40.33	34.72	0.34	0.82	0.00	0.13	3.76	100.00
GH 13	0.70	19.25	40.66	35.59	0.09	0.01	0.02	0.12	3.56	100.00
GH 14	1.15	17.09	36.52	41.16	0.94	0.02	0.02	0.05	3.05	100.00
GH 15	0.71	18.95	40.65	35.68	0.06	0.02	0.01	0.34	3.58	100.00
GH 16	0.66	18.87	39.99	36.25	0.18	0.01	0.01	0.14	3.88	100.00
GH 17	0.72	18.93	40.67	35.61	0.08	0.38	0.01	0.13	3.45	100.00
GH 18	0.57	18.85	40.55	35.50	0.15	0.00	0.03	0.80	3.56	100.00
GH 19	0.73	18.71	40.39	36.36	0.10	0.06	0.03	0.14	3.48	100.00
GH 20	0.82	18.98	40.44	36.25	0.09	0.07	0.03	0.18	3.16	100.00
GH 21	1.23	19.56	40.51	35.78	0.09	0.01	0.01	0.04	2.77	100.00
GH 22	0.73	18.46	40.58	36.19	0.15	0.04	0.03	0.14	3.68	100.00
GH 23	0.94	15.58	34.28	43.90	1.61	0.13	0.02	0.16	3.38	100.00
GH 24	0.55	19.49	40.62	35.92	0.09	0.01	0.01	0.14	3.17	100.00
GH 25	1.19	18.95	40.51	35.01	0.30	0.01	0.02	0.12	3.88	100.00
GH 26	0.90	18.53	40.33	36.21	0.18	0.09	0.02	0.16	3.60	100.00
GH 27	0.65	18.72	39.95	35.72	0.16	0.00	0.05	0.13	4.62	100.00
GH 28	0.84	17.52	39.37	36.63	0.31	0.20	0.01	0.21	4.92	100.00
GH 29	0.65	17.33	40.04	36.05	0.34	0.06	0.01	0.17	5.35	100.00

ตาราง 4.24 ร้อยละขององค์ประกอบชนิด (% End Member) ของตัวอย่าง กลุ่ม GH

	Pyrope	Almandine	Spessartine	Andradite	Grossularite	Uvarovite	total
GH 01	3.54	0.00	0.49	7.33	88.58	0.05	100.00
GH 02	5.72	0.00	0.11	0.00	94.12	0.05	100.00
GH 03	2.45	0.00	0.35	8.80	88.35	0.04	100.00
GH 04	3.61	0.00	0.41	9.35	86.56	0.07	100.00
GH 05	3.58	0.00	0.31	0.00	96.07	0.05	100.00
GH 06	4.75	0.00	0.31	11.83	82.58	0.52	100.00
GH 07	3.13	0.00	0.51	9.73	86.60	0.03	100.00
GH 08	5.17	0.00	0.14	0.00	94.63	0.06	100.00
GH 09	3.59	0.00	0.40	0.00	95.96	0.05	100.00
GH 10	2.90	0.00	0.29	8.96	87.76	0.09	100.00

	Pyrope	Almandine	Spessartine	Andradite	Grossularite	Uvarovite	total
GH 11	2.38	0.00	0.30	8.74	88.54	0.04	100.00
GH 12	4.78	0.00	0.31	10.32	84.59	0.00	100.00
GH 13	2.78	0.00	0.28	8.76	88.13	0.05	100.00
GH 14	5.63	0.00	0.14	0.00	94.17	0.07	100.00
GH 15	2.83	0.00	0.78	9.90	86.45	0.04	100.00
GH 16	2.94	0.00	0.34	0.00	96.67	0.05	100.00
GH 17	2.91	0.00	0.30	9.61	87.13	0.04	100.00
GH 18	2.28	0.00	1.82	10.03	85.78	0.09	100.00
GH 19	2.94	0.00	0.32	10.61	86.05	0.09	100.00
GH 20	3.29	0.00	0.41	9.61	86.62	0.08	100.00
GH 21	5.30	0.00	0.10	0.00	94.56	0.04	100.00
GH 22	2.97	0.00	0.32	11.27	85.35	0.08	100.00
GH 23	5.00	0.00	0.46	12.57	81.89	0.08	100.00
GH 24	2.20	0.00	0.31	8.10	89.35	0.04	100.00
GH 25	4.77	0.00	0.27	9.91	84.97	0.07	100.00
GH 26	3.66	0.00	0.36	11.03	84.90	0.06	100.00
GH 27	2.67	0.00	0.32	7.74	89.10	0.18	100.00
GH 28	3.43	0.00	0.49	14.98	81.06	0.03	100.00
GH 29	2.65	0.00	0.40	15.91	81.00	0.05	100.00

บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผล

การ์เนตเป็นตระกูลแร่ที่มีหลายชนิด ชนิดที่นิยมนำมาใช้เป็นอัญมณีคือ

1. ไพโรป (pyrope)
2. แอลแมนดีนหรือแอลแมนไดต์ (Almandine, Almandite)
3. สเปสซาร์ทีนหรือสเปสซาร์ไทต์ (spessartine, spessartite)
4. กรอสซูลาไรต์ (Grossularite, Grossularite)
5. แอนดราไดต์ (Andradite)

การ์เนตที่ใช้เป็นอัญมณีชนิดที่พบเป็นองค์ประกอบการ์เนตชนิดองค์เดียวร้อยละ 90 ขึ้นไปสามารถใช้ค่าดัชนีหักเหและค่าความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติ (Ideal) ใช้จำแนกชนิดออกจากการ์เนตชนิดอื่นได้ คือ แอนดราไดต์ การ์เนต (ตาราง 5.1) ซาโวไรต์การ์เนต (Tsavorite Garnet)

กรอสซูลาไรต์สีเหลืองส้มถึงส้ม มีชื่อทางการค้าคือ เฮสโซไนต์ (Hessonite) พบทั้งที่เป็นองค์ประกอบการ์เนตชนิดองค์ประกอบเดียวร้อยละ 90 ขึ้นไป (87.59 – 94.86% Grossularite) และมีองค์ประกอบผสมกับแอนดราไดต์ (81.00 – 89.35% Grossularite และ 7.33 – 15.91 % Andradite) ไม่สามารถจำแนกได้ด้วยค่าดัชนีหักเหและค่าความถ่วงจำเพาะ (ตาราง 5.2) มีข้อสังเกตว่าตัวอย่างที่มีร้อยละขององค์ประกอบแอนดราไดต์ยิ่งมากจะทำให้ค่าดัชนีหักเหเพิ่มขึ้น และอาจสังเกตจากลักษณะภายในที่เรียกว่า Heat Wave

กรอสซูลาไรต์สีเขียวสด มีชื่อทางการค้าคือ ซาโวไรต์ (Tsavorite) พบทั้งที่เป็นองค์ประกอบการ์เนตชนิดองค์ประกอบเดียว 94.12 – 96.67% Grossularite) องค์ประกอบผสมที่ไม่ใช่ Andradite (0.00 – 0.41%) สามารถจำแนกจากกรอสซูลาไรต์สีเขียวที่มีองค์ประกอบรองเป็น andradite ได้ด้วยค่าดัชนีหักเห (ตาราง 5.3) ซาโวไรต์ (Tsavorite) มีค่าดัชนีหักเห 1.734 – 1.742 grossularite/andradite (GG) มีค่าดัชนีหักเหสูงกว่าคือ 1.759 – 1.771 ตัวอย่างกรอสซูลาไรต์สีเหลือง (GA) มีองค์ประกอบใกล้เคียงกับตัวอย่างกลุ่ม GG (ตาราง 5.4) มีค่าดัชนีหักเหสูงกว่าเล็กน้อยคือ 1.765 – 1.780 ปริมาณขององค์ประกอบ andradite ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าดัชนีหักเหเพิ่มขึ้นแต่ค่าความถ่วงจำเพาะยังอยู่ในช่วงเดียวกันคือ 3.57 – 3.69

ตาราง 5.1 องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างที่มีองค์ประกอบ Andradite

องค์ประกอบทางเคมี	Ideal	ตัวอย่าง Topazolite (AnT)	ตัวอย่าง Demantoid (AnD)
$\text{Ca}_3 \text{Fe}^{3+}_2(\text{SiO}_4)_3$	100 %Andradite	95.09 – 97.42 % Andradite	94.72 – 97.70 % Andradite
wt% SiO_2	35.47	35.05 - 37.96 (เฉลี่ย 37.17)	31.49 – 38.06 (เฉลี่ย 36.36)
wt% Fe_2O_3	31.42	26.77 – 30.02 (เฉลี่ย 27.89)	24.35 – 29.42 (เฉลี่ย 27.91)
wt% CaO	33.11	32.92 - 36.32 (เฉลี่ย 33.56)	32.72 - 41.97 (เฉลี่ย 34.27)
ค่าความถ่วงจำเพาะ	3.86	3.82 – 3.89 (เฉลี่ย 3.86)	3.68 – 3.94 (เฉลี่ย 3.84)
ค่าดัชนีหักเห	1.887	1.790 – มากกว่า 1.81	มากกว่า 1.81
Identification	Andradite Garnet	Andradite Garnet	Andradite Garnet
สีตัวอย่าง		เหลือง	เขียว
ผลการวิเคราะห์ (Identification)		Andradite Garnet	Andradite Garnet
ชื่อทางการค้า (Trade Name)		Topazolite Garnet	Demantoid Garnet
ชื่อทางการค้า (Trade Name) ของ Andradite Garnet			
สีเหลือง	: Topazolite Garnet		
สีเขียว	: Demantoid Garnet		
สีดำ (มี titanium มาก)	: Melanite Garnet		
สีอื่น ๆ	: Andradite Garnet		

ตาราง 5.2 องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างที่มีองค์ประกอบ Grossularite Garnet สีส้ม

องค์ประกอบทางเคมี	Ideal	ตัวอย่าง Hessonite (GH, 7 ตัวอย่าง)	ตัวอย่าง Hessonite (GH, 22 ตัวอย่าง)
$\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	100 % Grossularite	94.12 – 96.67 % Grossularite	81.00 – 89.35% Grossularite 7.33 – 15.91 % Andradite
wt% SiO_2	40.02	36.52 – 40.74 (เฉลี่ย 39.57)	31.52 – 40.71 (เฉลี่ย 39.71)
wt% Al_2O_3	22.64	17.09 – 19.56 (เฉลี่ย 18.70)	15.19 – 19.64 (เฉลี่ย 18.51)
wt% CaO	37.35	35.60 – 41.16 (เฉลี่ย 37.04)	34.72 – 47.47 (เฉลี่ย 36.79)
ค่าความถ่วงจำเพาะ	3.59	3.63 – 3.77 (เฉลี่ย 3.68)	3.58 – 3.77 (เฉลี่ย 3.84)
ค่าดัชนีหักเห	1.734	1.739 – 1.745 (เฉลี่ย 1.740)	1.738 – 1.754 (เฉลี่ย 1.740)
Identification	Grossularite Garnet	Grossularite Garnet	Grossularite/Andradite Garnet
สีตัวอย่าง		เหลืองส้ม - ส้ม	เหลืองส้ม - ส้ม
ผลการวิเคราะห์ (Identification)		Grossularite Garnet	Grossularite/Andradite Garnet
ชื่อทางการค้า (Trade Name)		Hessonite Garnet	Hessonite Garnet
ชื่อทางการค้า (Trade Name) ของ Grossularite Garnet			
สีเหลืองส้ม - ส้ม	: Hessonite Garnet		
สีเขียว (มี Chromium/Vanadium)	: Tavorite Garnet		
สีเขียว	: Grossularite Garnet		
สีอื่น ๆ	: Grossularite Garnet		

ตาราง 5.3 องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างที่มีองค์ประกอบ Grossularite Garnet สีเขียว

องค์ประกอบ เคมี	Ideal	ตัวอย่าง Tsavorite (GT)	ตัวอย่าง Grossularite (GG)
$\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	100 % Grossularite	87.59 – 94.86%Grossularite 0.00 – 0.41 % Andradite	66.01 – 81.98% Grossularite 11.98 – 27.87 % Andradite
wt% SiO_2	40.02	35.18 – 41.73 (เฉลี่ย 40.34)	34.93 – 43.05 (เฉลี่ย 40.39)
wt% Al_2O_3	22.64	18.34 – 21.81 (เฉลี่ย 20.67)	14.16 – 17.40 (เฉลี่ย 15.72)
wt% CaO	37.35	33.30 – 42.99 (เฉลี่ย 35.40)	32.62 – 41.94 (เฉลี่ย 35.18)
ค่าความ ถ่วงจำเพาะ	3.59	3.57 – 3.69 (เฉลี่ย 3.62)	3.60 – 3.69 (เฉลี่ย 3.65)
ค่าดัชนีหักเห	1.734	1.734 – 1.742 (เฉลี่ย 1.738)	1.759 – 1.771 (เฉลี่ย 1.760)
Identification	Grossularite Garnet	Grossularite Garnet	Grossularite/Andradite Garnet
สีตัวอย่าง		เขียวสด	เหลืองเขียว - เขียวอมเหลือง
ผลการวิเคราะห์ (Identification)		Grossularite Garnet	Grossularite/Andradite Garnet
ชื่อทางการค้า (Trade Name)		Tsavorite Garnet	Grossularite Garnet/ Mali Garnet
ชื่อทางการค้า (Trade Name) ของ Grossularite Garnet			
สีเหลืองส้ม – ส้ม : Hessonite Garnet			
สีเขียว (มี Chromium/Vanadium) : Tsavorite Garnet			
สีเขียว : Grossularite Garnet			
ชื่อทางการค้า (Trade Name) ของ Grossularite/Andradite Garnet : Mali Garnet			

ตาราง 5.4 องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างที่มีองค์ประกอบ Grossularite/Andradite Garnet

องค์ประกอบ เคมี	Ideal	ตัวอย่าง Grossularite (GA)	ตัวอย่าง Grossularite (GG)
$\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	100 % Grossularite	71.25 – 77.45%Grossularite 15.44 – 22.93 % Andradite	66.01 – 81.98% Grossularite 11.98 – 27.87 % Andradite
wt% SiO_2	40.02	39.15 – 41.39 (เฉลี่ย 40.69)	34.93 – 43.05 (เฉลี่ย 40.39)
wt% Al_2O_3	22.64	14.68 – 17.02 (เฉลี่ย 16.04)	14.16 – 17.40 (เฉลี่ย 15.72)
wt% CaO	37.35	33.35 – 35.99 (เฉลี่ย 34.04)	32.62 – 41.94 (เฉลี่ย 35.18)
ค่าความ ถ่วงจำเพาะ	3.59	3.60 – 3.67 (เฉลี่ย 3.64)	3.60 – 3.69 (เฉลี่ย 3.65)
ค่าดัชนีหักเห	1.734	1.765 – 1.780 (เฉลี่ย 1.770)	1.759 – 1.771 (เฉลี่ย 1.760)
Identification	Grossularite Garnet	Grossularite/Andradite Garnet	Grossularite/Andradite Garnet
สีตัวอย่าง		เหลือง	เหลืองเขียว - เขียวอมเหลือง
ผลการวิเคราะห์ (Identification)		Grossularite/Andradite Garnet	Grossularite/Andradite Garnet
ชื่อทางการค้า (Trade Name)		Grossularite Garnet/ Mali Garnet	Grossularite Garnet/ Mali Garnet
ชื่อทางการค้า (Trade Name) ของ Grossularite Garnet			
สีเหลืองส้ม – ส้ม : Hessonite Garnet			
สีเขียว (มี Chromium/Vanadium) : Tsavorite Garnet			
สีเขียว : Grossularite Garnet			
ชื่อทางการค้า (Trade Name) ของ Grossularite/Andradite Garnet : Mali Garnet			

ร้อยละขององค์ประกอบ Spessartine Garnet ไม่สามารถจำแนกได้ด้วยค่าดัชนีหักเหและค่าความถ่วงจำเพาะของ Spessartine Garnet เนื่องจากค่าดัชนีหักเหสูงกว่าค่าที่จะอ่านได้ด้วยน้ำยา 1.81 ในขณะที่ค่าความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกัน (ตาราง 5.5) ส่วน Spessartine Garnet ที่มีองค์ประกอบของ almandine garnet รวมด้วย (ตาราง 5.6) ทำให้มีสีแดงมืด ไม่สามารถจำแนกได้ด้วยค่าดัชนีหักเหและค่าความถ่วงจำเพาะและอาจเข้าใจผิดเป็น almandine garnet ได้

Spessartine Garnet พบเป็นองค์ประกอบผสมกับ Pyrope Garnet มีชื่อทางการค้าคือ Malaya Garnet หรือ Malaia Garnet ตัวอย่างกลุ่มนี้มีสีส้มเหลือง ส้มอมชมพู มีองค์ประกอบเป็น Spessartine Garnet 6.99 – 59.05% และ Pyrope Garnet 18.51 – 87.67% ซึ่งเป็นร้อยละการแทนที่ในช่วงที่กว้างมาก (ตาราง 5.6) ค่าดัชนีหักเหสามารถอ่านได้ในช่วง 1.752 – 1.780 ค่าดัชนีหักเหลดลงเมื่อร้อยละขององค์ประกอบของ Pyrope Garnet เพิ่มขึ้น ค่าความถ่วงจำเพาะก็ลดลงเช่นกัน

ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีหักเหและค่าความถ่วงจำเพาะของการ์เนตนั้นไม่ใช่เพียงแต่ร้อยละองค์ประกอบหลักเพียงอย่างเดียว แต่ร้อยละองค์ประกอบรองก็มีผลต่อค่าดัชนีหักเหและค่าความถ่วงจำเพาะเป็นอย่างมาก ถ้าเปรียบเทียบร้อยละองค์ประกอบที่เท่ากันค่าความถ่วงจำเพาะและค่าดัชนีหักเหเรียงจากมากไปน้อยเป็นไปตามลำดับขององค์ประกอบซึ่งสัมพันธ์กับมวลอะตอมดังนี้



กล่าวคือถ้าองค์ประกอบหลักเป็น Pyrope องค์ประกอบรองเป็น Almandine ก็จะส่งผลให้ค่าดัชนีหักเหและค่าความถ่วงจำเพาะเพิ่มขึ้น หากแต่ถ้าการ์เนตที่เกิดขึ้นตามธรรมชาตินั้นมีได้มีเพียงสององค์ประกอบจึงทำให้ไม่สามารถเห็นความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบกับค่าดัชนีหักเหและค่าความถ่วงจำเพาะได้อย่างชัดเจน แต่ยังสามารถเห็นแนวโน้มของค่าดัชนีหักเหและค่าความถ่วงจำเพาะที่เพิ่มขึ้นเมื่อองค์ประกอบ เป็น Almandine เพิ่มขึ้น ดังตาราง 5.7 ถึง 5.12 ตารางแสดงองค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างที่มีองค์ประกอบ pyrope ร้อยละ 90–100 จนถึง ร้อยละ 40–50 ตามลำดับ แต่ค่าดัชนีหักเหและค่าความถ่วงจำเพาะยังอยู่ในช่วงคาบเกี่ยวกันในช่วงร้อยละ 20 ในการทดสอบนี้ Almandine เป็นองค์ประกอบร่วมกับ pyrope ได้มากถึงร้อยละ 56.19 (ตาราง 5.12) ค่าดัชนีหักเหสูงเกิน 1.81 ซึ่งเป็นข้อจำกัดของน้ำยาที่ใช้ และค่าความถ่วงจำเพาะมีค่าสูงสุดได้ถึง 4.17 ซึ่งอาจสับสนกับ almandine 100% และ spessartine ไพโรปและแอลแมนดินมักพบเป็นองค์ประกอบผสมกัน ตัวอย่างที่ศึกษาไม่พบแอลแมนดินที่มีองค์ประกอบเดี่ยว พบเป็นองค์ประกอบผสมกับไพโรป ซึ่งสามารถใช้สเปกตรัมการดูดกลืนแสงช่วยยืนยันผลจากลักษณะเส้นการดูดกลืน

แสงของเหล็กซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของ Almandine ที่ตำแหน่งประมาณ 576 526 และ 505 นาโนเมตร

อย่างไรก็ตามในการออกใบรับรองของห้องปฏิบัติการ การใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเป็นเครื่องมือยืนยันที่ดีที่สุด สามารถใช้ข้อมูลสรุปในตาราง 5.1 – 5.12 และฐานข้อมูลในภาคผนวกเป็นแนวทางได้

ตาราง 5.5 องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างที่มีองค์ประกอบ Spessartine Garnet

องค์ประกอบ เคมี	Ideal $Mn^{2+}_3Al_2(SiO_4)_3$	Ideal $Fe^{2+}_3Al_2(SiO_4)_3$	ตัวอย่าง Spessartine	ตัวอย่าง Spessartine
	100 % Spessartine	100 % almandine	90.06 – 94.50 % (เฉลี่ย 93.20)	84.22 – 89.50 % (เฉลี่ย 86.71)
wt% SiO_2	36.41	36.21	35.68 – 37.22 (เฉลี่ย 36.70)	35.71 – 37.05 (เฉลี่ย 36.67)
wt% Al_2O_3	20.60	20.48	18.04 – 18.80 (เฉลี่ย 18.42)	17.96 – 18.70 (เฉลี่ย 18.39)
wt% MnO	42.99	-	34.75 – 39.38 (เฉลี่ย 37.00)	33.19 – 35.64 (เฉลี่ย 34.46)
wt% MgO	-	43.30		
ค่าความ ถ่วงจำเพาะ	4.19	4.32	4.13 – 4.27 (เฉลี่ย 4.20)	4.12 – 4.23 (เฉลี่ย 4.18)
ค่าดัชนีหักเห	1.800	1.830	1.782 – มากกว่า 1.81	มากกว่า 1.81
Identification	Spessartine Garnet	Almandine Garnet	Spessartine Garnet	Spessartine Garnet
สีตัวอย่าง		แดงมืด	เหลืองส้ม – ส้ม	เหลืองส้ม – ส้ม
ผลการวิเคราะห์ (Identification)		Almandine Garnet	Spessartine Garnet	Spessartine Garnet
ชื่อทางการค้า (Trade Name)		Almandine Garnet	Spessartine Garnet	Spessartine Garnet

ตาราง 5.6 องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างที่มีองค์ประกอบ Spessartine Garnet ร่วมกับองค์ประกอบ almandine garnet และ/หรือ pyrope garnet

องค์ประกอบเคมี	Ideal	ตัวอย่าง Spessartine	ตัวอย่าง Spessartine
% Spessartine	100	84.22 – 89.50% (เฉลี่ย 86.71)	6.99 – 59.05 % (เฉลี่ย 24.80)
% almandine	-	1.45 – 5.78 (เฉลี่ย 3.74)	0.00 – 4.24 (เฉลี่ย 0.13)
% pyrope	-	2.89 – 9.06 (เฉลี่ย 8.05)	18.51 – 87.67 (เฉลี่ย 0.68.18)
$Mn^{2+}_3Al_2(SiO_4)_3$			
wt% SiO ₂	36.41	35.71 – 37.05 (เฉลี่ย 36.67)	36.22 – 40.06 (เฉลี่ย 38.65)
wt% Al ₂ O ₃	20.60	17.96 – 18.70 (เฉลี่ย 18.39)	18.06 – 20.53 (เฉลี่ย 19.70)
wt% MnO	42.99	33.19 – 35.64 (เฉลี่ย 34.46)	7.84 – 26.82 (เฉลี่ย 16.17)
ค่าความถ่วงจำเพาะ	4.18	4.12 – 4.23 (เฉลี่ย 4.20)	3.38 – 4.07 (เฉลี่ย 3.90)
ค่าดัชนีหักเห	1.800	มากกว่า 1.81	1.752 – 1.780 (เฉลี่ย 1.760)
Identification	Spessartine Garnet	Spessartine Garnet	Spessartine/pyrope Garnet
สีตัวอย่าง		แดงมืด	เหลืองส้ม – ส้มอมชมพู
ผลการวิเคราะห์ (Identification)		Spessartine Garnet	Spessartine/pyrope Garnet
ชื่อทางการค้า (Trade Name)		Spessartine Garnet	Malaya Garnet
ชื่อทางการค้า (Trade Name) ของ Spessartine Garnet			

ตาราง 5.7 องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างที่มีองค์ประกอบ pyrope ร้อยละ 90 – 100

องค์ประกอบทางเคมี	Ideal	ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วย EDXRF (26 ตัวอย่าง)
$Mg_3Al_2(SiO_4)_3$	100% Pyrope	90.28 – 98.36% pyrope (เฉลี่ย 95.19) 0.00 – 5.21% Almandine (เฉลี่ย 0.62)
wt% SiO_2	44.71	37.84 – 41.15 (เฉลี่ย 39.09)
wt% Al_2O_3	25.29	19.31 – 20.77 (เฉลี่ย 19.98)
wt% MgO	29.99	21.90 – 26.14 (เฉลี่ย 24.10)
ค่าความถ่วงจำเพาะ	3.58	3.80 – 3.91 (เฉลี่ย 3.86)
ค่าดัชนีหักเห	1.714	1.746 – 1.759 (เฉลี่ย 1.750)
Identification	Pyrope	Pyrope
Trade Name	สีแดง – แดงอมม่วง : rhodolite garnet	

ตาราง 5.8 องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างที่มีองค์ประกอบ pyrope ร้อยละ 80 – 90

องค์ประกอบทางเคมี	Ideal	ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วย EDXRF (18 ตัวอย่าง)
$Mg_3Al_2(SiO_4)_3$	100% Pyrope	80.76 – 89.64 % pyrope (เฉลี่ย 85.90) 0.00 – 18.08 % Almandine (เฉลี่ย 5.20)
wt% SiO_2	44.71	37.24 – 40.89 (เฉลี่ย 38.94)
wt% Al_2O_3	25.29	18.92 – 20.62 (เฉลี่ย 19.79)
wt% MgO	29.99	18.79 – 26.88 (เฉลี่ย 22.43)
wt% Fe_2O_3	-	7.08 – 23.40 (เฉลี่ย 15.04)
ค่าความถ่วงจำเพาะ	3.58	3.65 – 3.98 (เฉลี่ย 3.84)
ค่าดัชนีหักเห	1.714	1.741 – 1.770 (เฉลี่ย 1.760)
Trade Name		
สีแดง - แดงอมม่วง	rhodolite garnet	

ตาราง 5.9 องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างที่มีองค์ประกอบ pyrope ร้อยละ 70 – 80

องค์ประกอบทางเคมี	Ideal	ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วย EDXRF (14 ตัวอย่าง)
$Mg_3Al_2(SiO_4)_3$	100% Pyrope	70.2 – 78.99 % pyrope (เฉลี่ย 74.95) 4.11 – 22.96 % Almandine (เฉลี่ย 14.88)
wt% SiO_2	44.71	36.96 – 38.64 (เฉลี่ย 38.10)
wt% Al_2O_3	25.29	18.83 – 19.82 (เฉลี่ย 19.45)
wt% MgO	29.99	17.13 – 20.23 (เฉลี่ย 18.65)
wt% Fe_2O_3	-	16.12 – 22.57 (เฉลี่ย 19.85)
ค่าความถ่วงจำเพาะ	3.58	3.79 – 3.95 (เฉลี่ย 3.87)
ค่าดัชนีหักเห	1.714	1.759 – 1.778 (เฉลี่ย 1.770)
Trade Name		
สีแดง - แดงอมม่วง	rhodolite garnet	

ตาราง 5.10 องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างที่มีองค์ประกอบ pyrope ร้อยละ 60 – 70

องค์ประกอบทางเคมี	Ideal	ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วย EDXRF (11 ตัวอย่าง)
$Mg_3Al_2(SiO_4)_3$	100% Pyrope	60.28 – 69.68 % pyrope (เฉลี่ย 65.62) 16.87 – 37.00 % Almandine (เฉลี่ย 25.53)
wt% SiO_2	44.71	36.97 – 38.64 (เฉลี่ย 37.89)
wt% Al_2O_3	25.29	18.88 – 19.54 (เฉลี่ย 19.23)
wt% MgO	29.99	13.79 – 18.00 (เฉลี่ย 16.15)
wt% Fe_2O_3	-	18.98 – 28.93 (เฉลี่ย 23.26)
ค่าความถ่วงจำเพาะ	3.58	3.91 – 4.08 (เฉลี่ย 3.99)
ค่าดัชนีหักเห	1.714	1.769 – มากกว่า 1.81
Trade Name		
สีแดง - แดงอมม่วง	rhodolite garnet	

ตาราง 5.11 องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างที่มีองค์ประกอบ pyrope ร้อยละ 50 – 60

องค์ประกอบทางเคมี	Ideal	ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วย EDXRF (5 ตัวอย่าง)
$Mg_3Al_2(SiO_4)_3$	100% Pyrope	51.73 – 59.59 % pyrope (เฉลี่ย 56.01) 28.64 – 45.96 % Almandine (เฉลี่ย 35.23)
wt% SiO_2	44.71	37.13 -38.29 (เฉลี่ย 37.76)
wt% Al_2O_3	25.29	18.58 – 19.34 (เฉลี่ย 19.09)
wt% MgO	29.99	11.61 – 15.00 (เฉลี่ย 13.66)
wt% Fe_2O_3	-	23.01 – 31.76 (เฉลี่ย 26.12)
ค่าความถ่วงจำเพาะ	3.58	3.92 – 4.09 (เฉลี่ย 4.01)
ค่าดัชนีหักเห	1.714	1.773 – มากกว่า 1.81
Trade Name		
สีแดง - แดงอมม่วง	rhodolite garnet	

ตาราง 5.12 องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างที่มีองค์ประกอบ pyrope ร้อยละ 40 – 50

องค์ประกอบทางเคมี	Ideal	ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วย EDXRF (22 ตัวอย่าง)
$Mg_3Al_2(SiO_4)_3$	100% Pyrope	40.35 -48.85 % pyrope (เฉลี่ย 43.41) 34.77 – 56.19 % Almandine (เฉลี่ย 39.99)
wt% SiO_2	44.71	36.52 – 38.84 (เฉลี่ย 38.09)
wt% Al_2O_3	25.29	18.42 – 19.25 (เฉลี่ย 18.93)
wt% MgO	29.99	9.22 – 12.41 (เฉลี่ย 10.74)
wt% Fe_2O_3	-	23.33 – 34.66 (เฉลี่ย 25.91)
ค่าความถ่วงจำเพาะ	3.58	3.96 – 4.17 (เฉลี่ย 4.02)
ค่าดัชนีหักเห	1.714	1.780 – มากกว่า 1.81

บรรณานุกรม

- พงษ์พอ อาสนจินดา. (2549) แหล่งแร่รัตนชาติ. ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 546 หน้า.
- Ackermann, L. and others (2008). ExtraLapis No. 11 Garnet (Great balls of fire), Lithographic, LLC, USA, 98 p.
- Balciunaite, I., Kleismantas, A. and Norkus, E., 2015, Chemical composition of rare garnet, their colours and gemological characteristics, CHEMIJA, Vol.26 No.1, P. 18-24.
- Quinn, E. D., 2004, *Gem News: Spessartine and almandine-spessartine from Afghanistan*, Gems & Gemology, V. 40, No. 3, p. 261 – 263.
- Quinn E. D. (2008). *Almandine-spessartine from Lindi, Tanzania*. GIA: Gems & Gemology, V. 44 No. 2, pp. 165-166.
- Hanni, H.A., 1987, *Garnet: A Colourful Gemstone Family*, Swiss Watch & Jewelry Journal, 5/87, p. 691-694.
- HyeJin Jang-Green. (2012). *Burmese spessartine*. GIA: Gems & Gemology, Vol. 48 No. 1, pp. 67-68.
- Kyaw Soe Moe. (2012) *Champagne / Imperial garnet from Lindi Province, Tanzania*. GIA: Gems & Gemology, Vol. 48 No. 2, pp. 144-146.
- Laur, B.M., and Knox, K., 2001, *Spessartine garnet from Ramona, San Diego County, California*, Gems & Gemology, V.37, No. 4, p. 278 – 295.
- O'Donoghue, M., 2006, GEMS, 6th edition, Butterworth-Heinemann, 936 p.
- Pezzotta, F., Adamo, A. and Diella, V., 2011, Demantoid and Topazolite from Antetozambato, Northern Madagascar: Review and new data. Gems & Gemology, Vol. 47, No. 1, P. 2-14.
- Schmetzer, K., Hainschwang, T., Kiefert, L., and Bernhardt, H.-J., 2001, *Pink to Pinkish orange Malaya Garnets from Bekily, Madagascar*, Gems & Gemology, V.37, No. 4, p. 296 – 308.
- Stockton, C.M. and Manson, D., 1985, *A Proposed New Classification for Gem Quality Garnets*, Gems & Gemology, V.21, No. 4, p. 205 – 217.

Wang, F., and Liu, Y., 1993, *Garnet from Altay, China*, *Gems & Gemology*, V.29, No. 4, p. 273 – 277.

Webster, R., 2000. *Gems: Their sources, descriptions and identification* (5th eds.), Butterworth-Heinemann, Great Britain. 1072 p.

Ziyin Sun, Aaron C. Palke, and Nathan Renfro. (2015). *Vanadium- and Chromium- Bearing Pink Pyrope Garnet: Characterization and Quantitative Colorimetric Analysis*. *GIA: Gems&Gemology*, Vol. 51 No. 4, pp. 348-369.

ภาคผนวก

ฐานข้อมูลการ์เน็ต ปีที่ 2 Ugrandite

ผลการวัดสเปกตรัมข้อมูลไม่ดีในช่วงต้นของย่าน visible ในบางตัวอย่าง ตามข้อมูลจากรายงานการตรวจสอบของบริษัท PerkinElmer วันที่ 25 พฤษภาคม พ.ศ.2560 ดังนี้

* พบค่า photometric ในช่วง NIR เบี่ยงเบนเกินเกณฑ์ เฉพาะเมื่อใช้ Standard detector สาเหตุเกิดจากความชื้นที่ทำให้ InGaAs ของ standard detector เสื่อมสภาพ

** พบปัญหา filter wheel ในช่วงต้นของย่าน visible มีคราบฝ้า ซึ่งเกิดจากการเสื่อมสภาพจากความชื้นที่สูง ทำให้ค่า baseline ในช่วงดังกล่าวมีการสลับสูง ทั้งการใช้ standard detector และ Integrating sphere

Sample: AnD 01

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Oval

Weight: 0.66 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: yellowish Green

R.I. Over 1.81

Dimension: 4.49 x 5.45 x 3.07 mm.

S.G. 3.68

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 94.50 a* = -15.29 b* = 40.92

% End Member

Uvarovite: 0.11

Grossular: 0.00

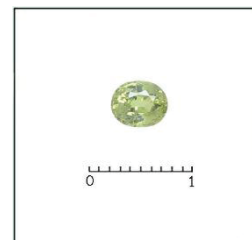
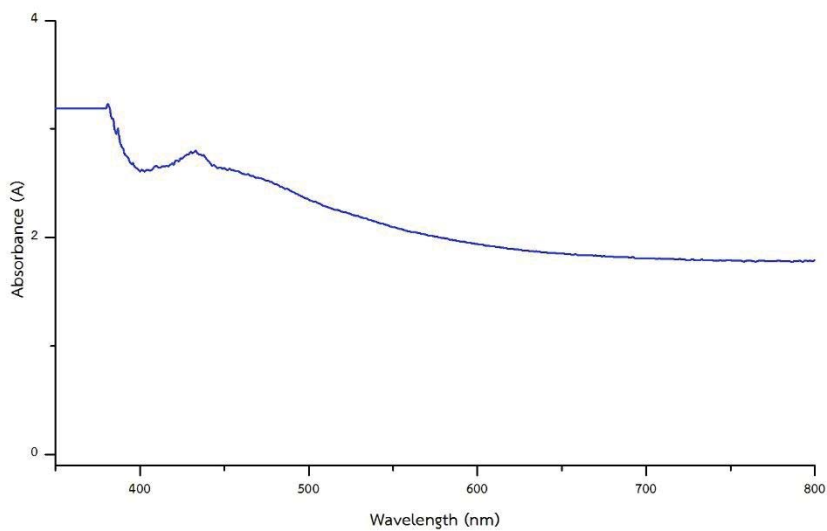
Andradite: 97.05

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.83

Spessartine: 0.01

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 02

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Oval

Weight: 0.55 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: yellowish Green

R.I. Over 1.81

Dimension: 4.59 x 5.59 x 2.43 mm.

S.G. 3.69

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 95.39 a* = -19.44 b* = 30.99

% End Member

Uvarovite: 0.10

Grossular: 0.08

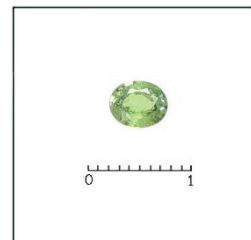
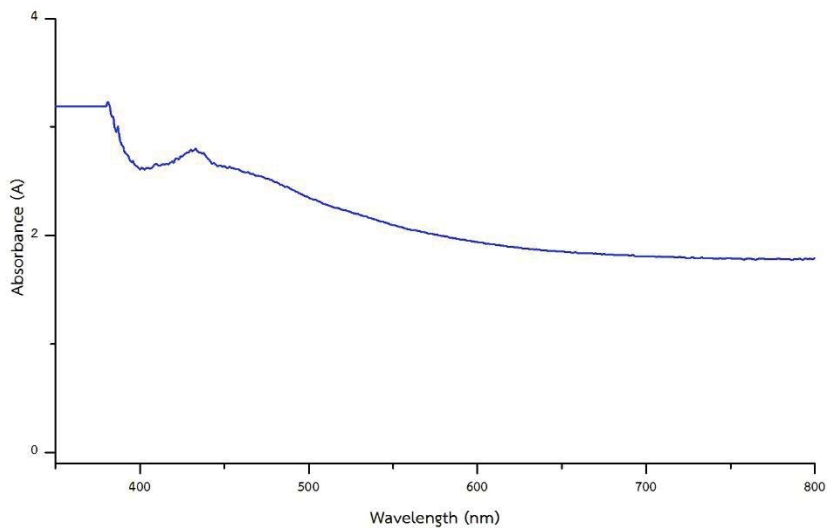
Andradite: 96.46

Almandine: 0.00

Pyrope: 3.33

Spessartine: 0.02

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 03

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Oval

Weight: 0.55 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: yellowish Green

R.I. Over 1.81

Dimension: 4.39 x 5.48 x 2.59 mm.

S.G. 3.76

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 98.04 a* = -17.11 b* = 33.46

% End Member

Uvarovite: 0.11

Grossular: 0.00

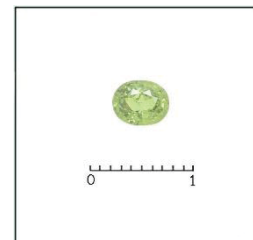
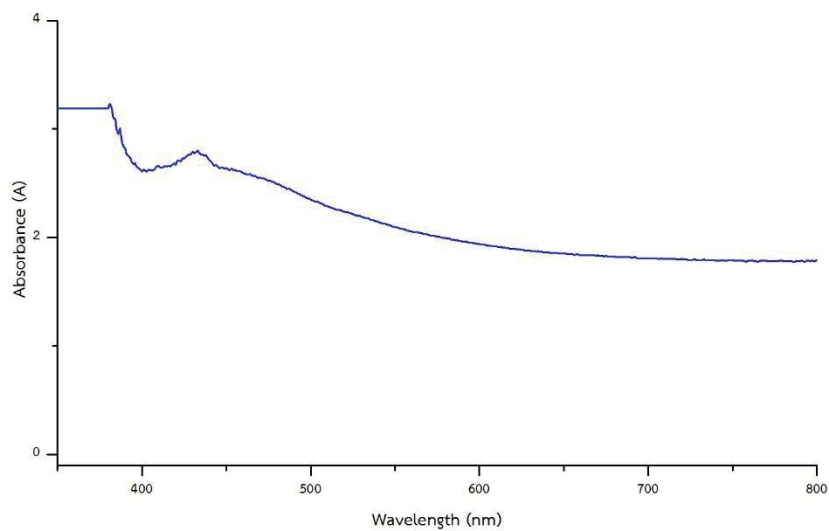
Andradite: 97.16

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.73

Spessartine: 0.00

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 04

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Pear

Weight: 0.39 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: yellowish Green

R.I. Over 1.81

Dimension: 4.30 x 5.34 x 2.09 mm.

S.G. 3.77

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 87.78 a* = -15.51 b* = 29.76

% End Member

Uvarovite: 0.33

Grossular: 0.00

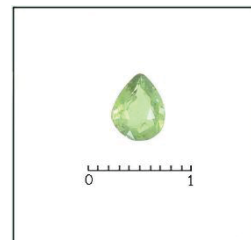
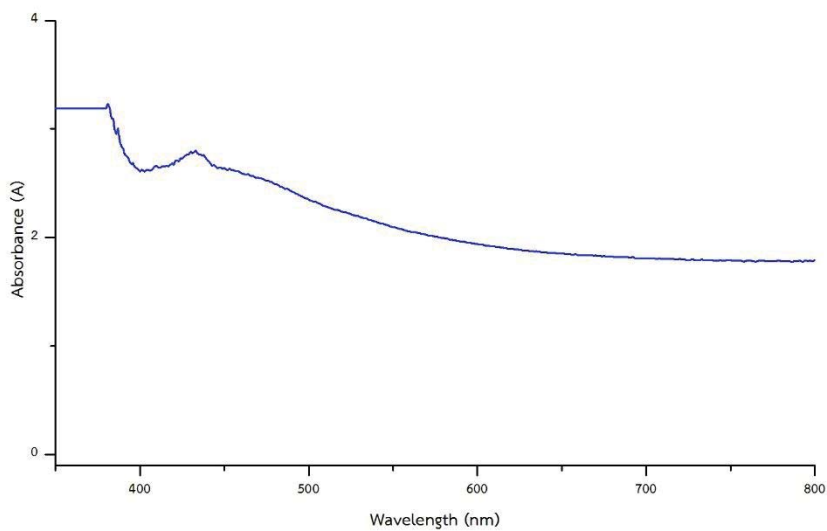
Andradite: 93.23

Almandine: 0.00

Pyrope: 6.44

Spessartine: 0.00

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 05

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Oval

Weight: 0.52 carat

Cutting: Fancy Cut

Color: yellowish Green

R.I. Over 1.81

Dimension: 4.27 x 5.53 x 2.28 mm.

S.G. 3.77

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Semi-Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 80.32 a*= -15.58 b*= 26.88

% End Member

Uvarovite: 0.12

Grossular: 0.00

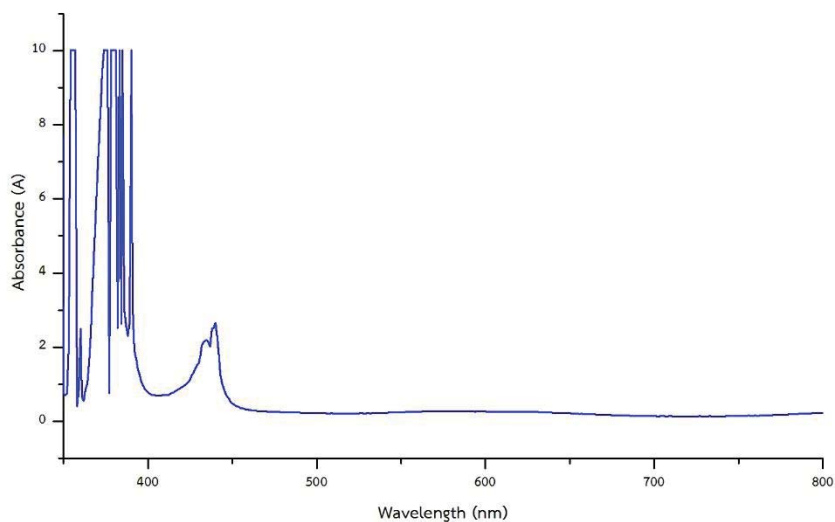
Andradite: 97.74

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.13

Spessartine: 0.00

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 06

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Oval

Weight: 0.55 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: yellowish Green

R.I. Over 1.81

Dimension: 4.46 x 5.36 x 2.54 mm.

S.G. 3.77

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 179.65 a*= -29.84 b*= 56.35

% End Member

Uvarovite: 0.05

Grossular: 0.00

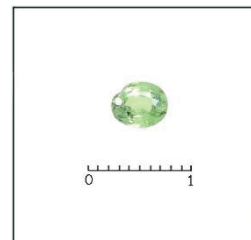
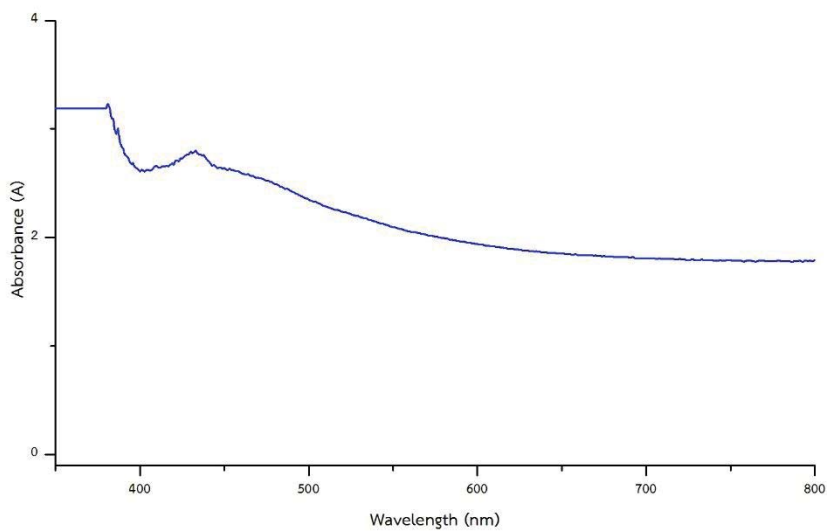
Andradite: 97.12

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.84

Spessartine: 0.00

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 07

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Oval

Weight: 0.51 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: yellowish Green

R.I. Over 1.81

Dimension: 4.22 x 5.06 x 2.63 mm.

S.G. 3.78

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 90.19 a*= -15.74 b*= 33.29

% End Member

Uvarovite: 0.12

Grossular: 0.11

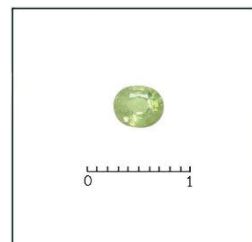
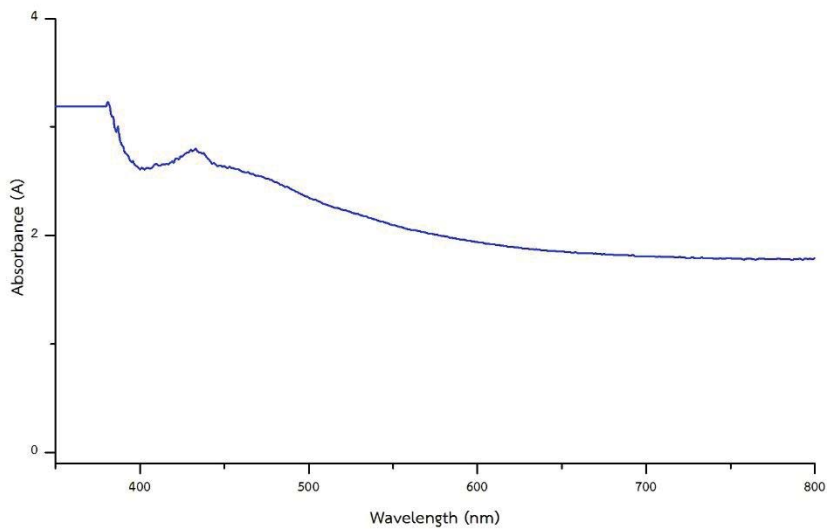
Andradite: 96.94

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.65

Spessartine: 0.18

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 08

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Oval

Weight: 0.46 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: yellowish Green

R.I. Over 1.81

Dimension: 4.10 x 5.02 x 2.60 mm.

S.G. 3.79

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 70.07 a* = -11.77 b* = 28.40

% End Member

Uvarovite: 0.13

Grossular: 0.00

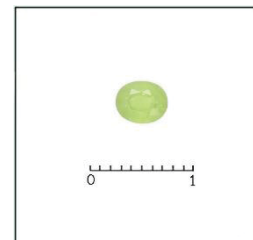
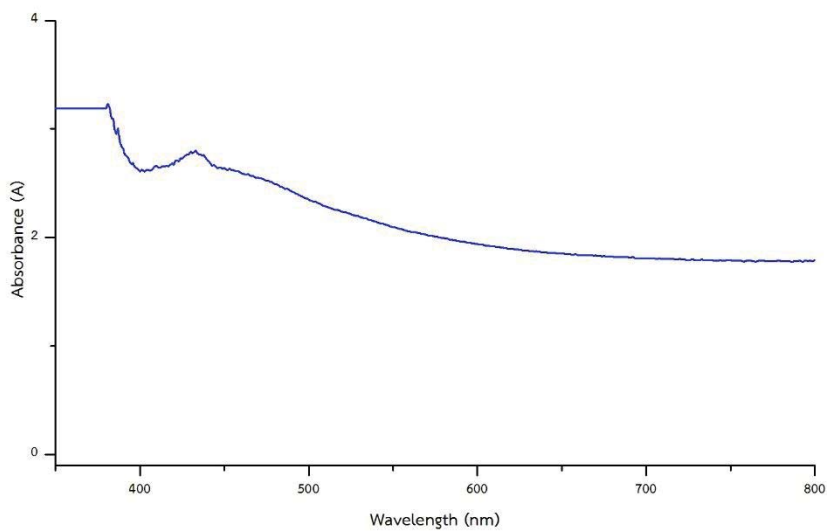
Andradite: 96.95

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.92

Spessartine: 0.00

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 09

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Pear

Weight: 0.38 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: yellowish Green

R.I. Over 1.81

Dimension: 4.01 x 5.30 x 2.24 mm.

S.G. 3.80

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 81.23 a* = -15.00 b* = 26.32

% End Member

Uvarovite: 0.26

Grossular: 0.00

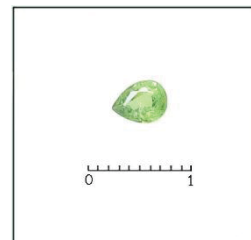
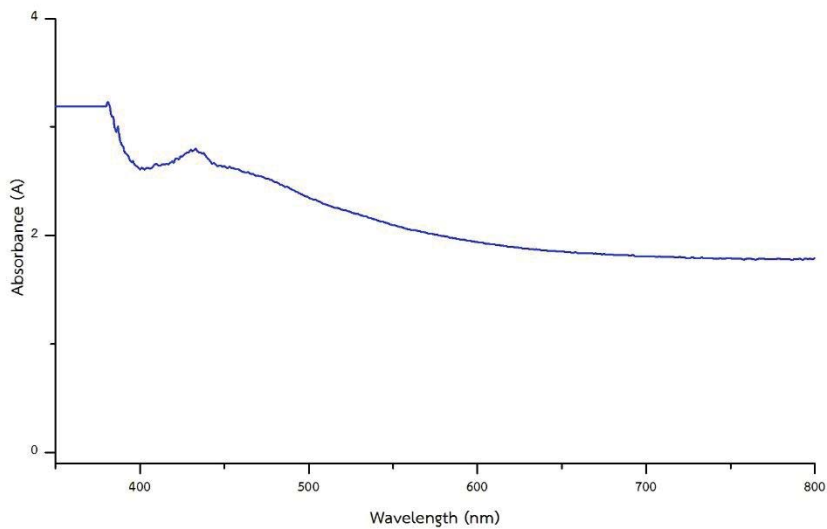
Andradite: 86.81

Almandine: 0.00

Pyrope: 12.93

Spessartine: 0.00

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 10

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Oval

Weight: 0.45 carat

Cutting: Fancy Cut

Color: yellowish Green

R.I. Over 1.81

Dimension: 4.01 x 5.10 x 2.53 mm.

S.G. 3.81

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Semi-Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 18.09 a* = -4.13 b* = 11.79

% End Member

Uvarovite: 0.04

Grossular: 0.00

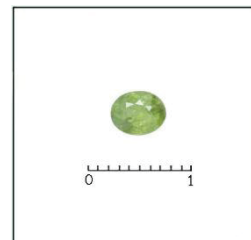
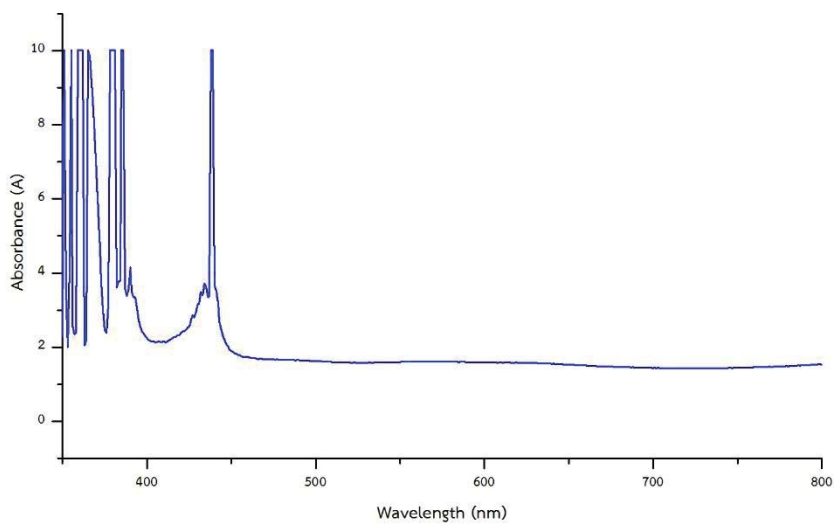
Andradite: 97.81

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.14

Spessartine: 0.00

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 11

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Oval

Weight: 2.07 carat

Cutting: Fancy Cut

Color: Green

R.I. Over 1.81

Dimension: 6.52 x 8.06 x 4.38 mm.

S.G. 3.82

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Semi-Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 41.25 a*= -10.41 b*= 21.33

% End Member

Uvarovite: 0.60

Grossular: 0.01

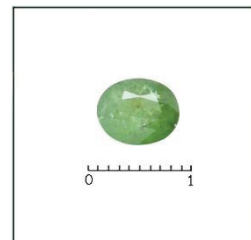
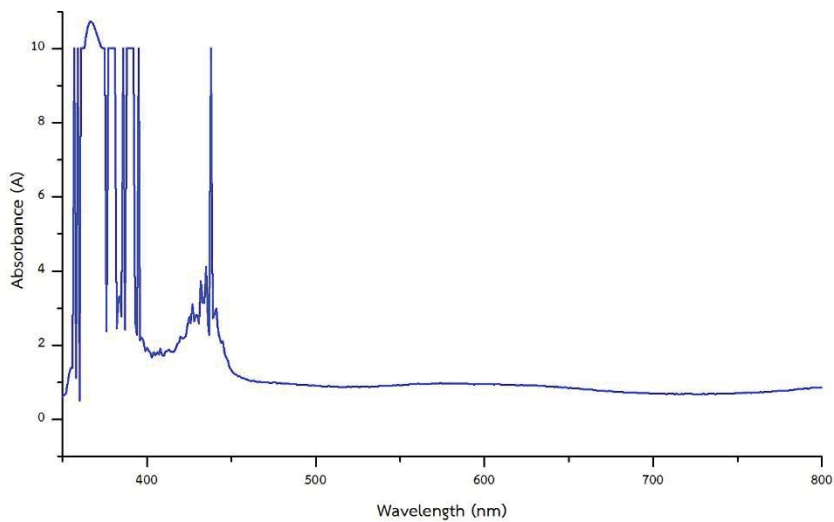
Andradite: 97.30

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.07

Spessartine: 0.01

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 12

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Oval

Weight: 1.40 carat

Cutting: Fancy Cut

Color: Yellowish Green

R.I. Over 1.81

Dimension: 6.15 x 9.25 x 2.58 mm.

S.G. 3.83

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Semi-Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 20.03 a*= -5.41 b*= 12.53

% End Member

Uvarovite: 0.00

Grossular: 0.00

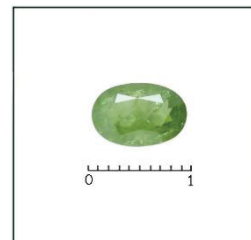
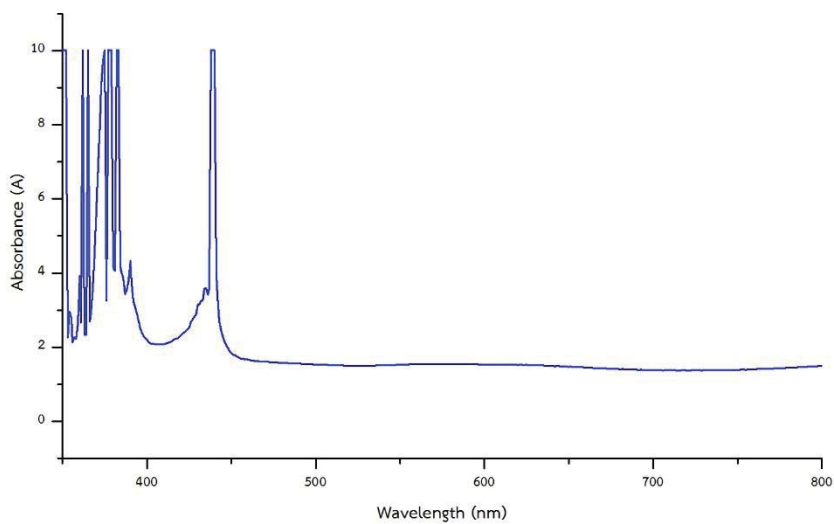
Andradite: 97.89

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.11

Spessartine: 0.00

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 13

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Oval

Weight: 2.26 carat

Cutting: Fancy Cut

Color: Green

R.I. Over 1.81

Dimension: 6.91 x 8.78 x 4.10 mm.

S.G. 3.83

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Semi-Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 12.47 a* = -4.46 b* = 10.36

% End Member

Uvarovite: 0.00

Grossular: 0.00

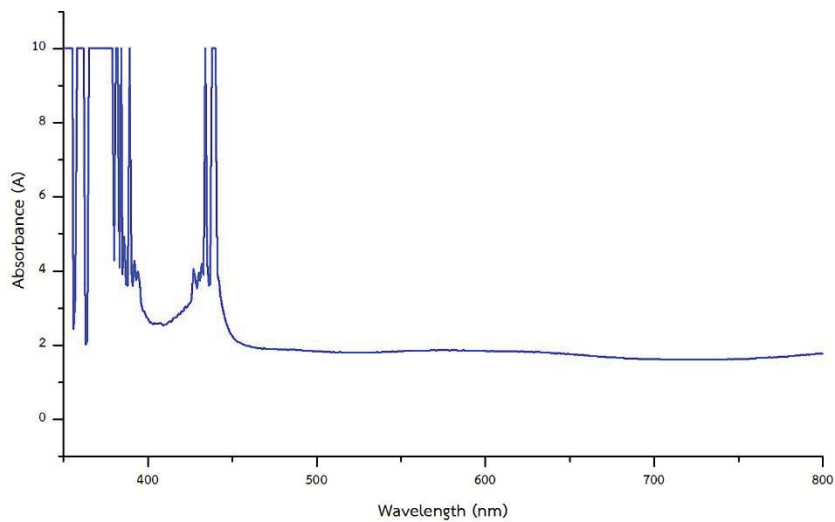
Andradite: 97.78

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.22

Spessartine: 0.00

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 14

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Round Weight: 2.77 carat

Cutting: Fancy Cut

Color: Green R.I. Over 1.81

Dimension: 7.83 x 7.85 x 5.19 mm. S.G. 3.83

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Semi-Transparent

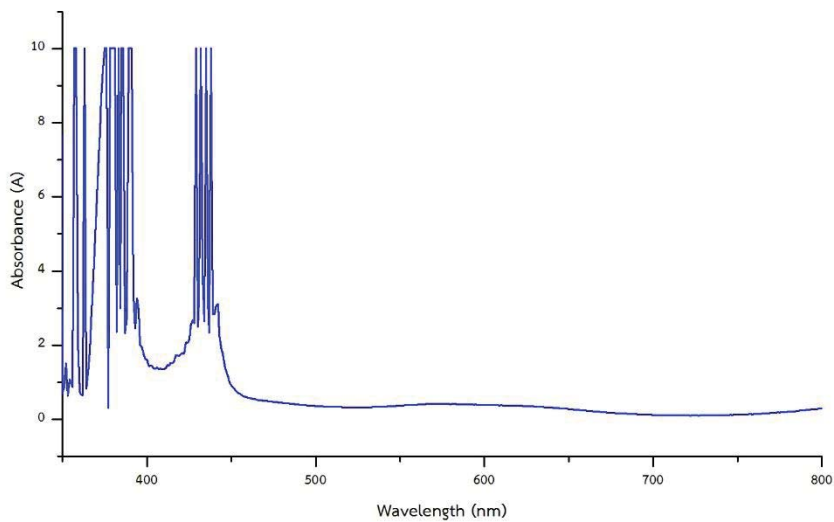
CIE color L* a* b* : L* = 71.52 a*= -16.02 b*= 37.53

% End Member

Uvarovite: 0.11 Grossular: 0.00 Andradite: 97.51

Almandine: 0.00 Pyrope: 2.38 Spessartine: 0.00

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 15

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Oval

Weight: 1.42 carat

Cutting: Fancy Cut

Color: Green

R.I. Over 1.81

Dimension: 4.98 x 7.05 x 4.67 mm.

S.G. 3.84

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Semi-Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 72.65 a*= -14.84 b*= 37.03

% End Member

Uvarovite: 0.11

Grossular: 0.00

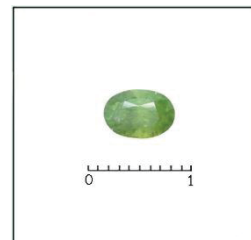
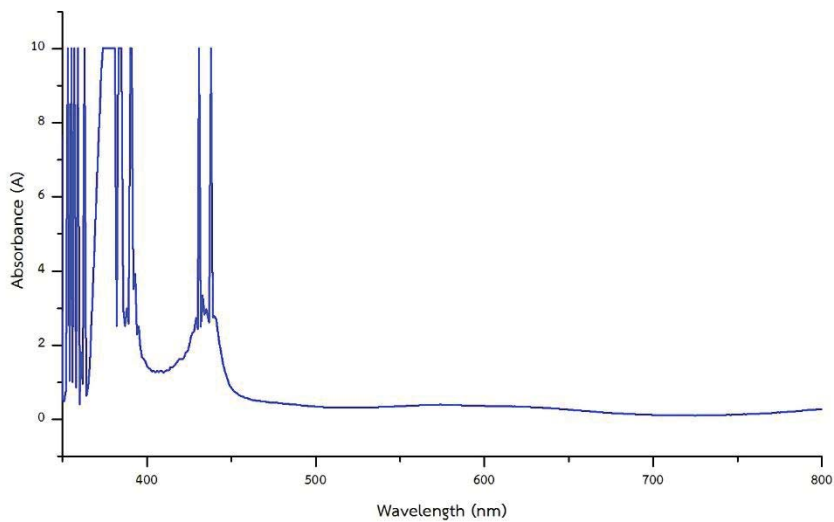
Andradite: 97.81

Almandine: 0.00

Pyrope: 1.93

Spessartine: 0.16

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 16

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Pear

Weight: 0.41 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: yellowish Green

R.I. Over 1.81

Dimension: 4.14 x 5.01 x 2.44 mm.

S.G. 3.85

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 93.33 a* = -16.61 b* = 34.41

% End Member

Uvarovite: 0.24

Grossular: 0.00

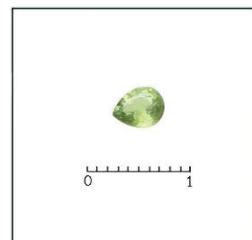
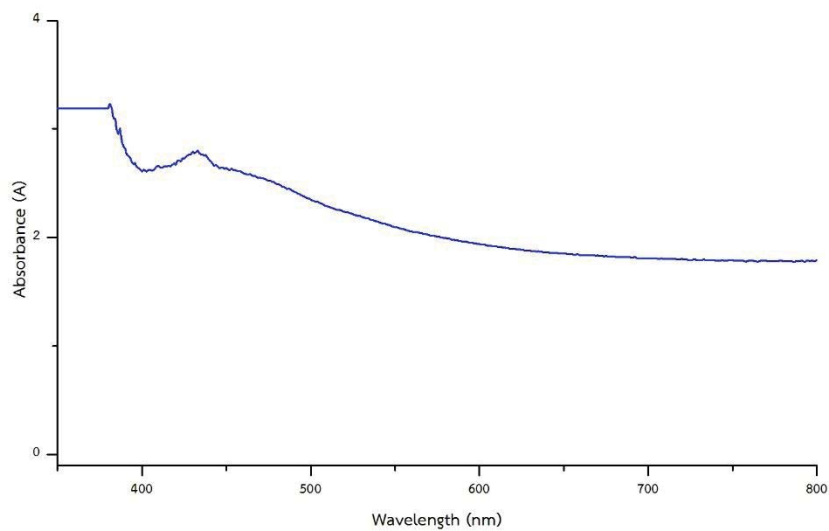
Andradite: 95.01

Almandine: 0.00

Pyrope: 4.75

Spessartine: 0.00

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 17

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Pear

Weight: 0.42 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: yellowish Green

R.I. Over 1.81

Dimension: 4.45 x 5.08 x 2.24 mm.

S.G. 3.85

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 98.08 a*= -16.97 b*= 32.25

% End Member

Uvarovite: 0.11

Grossular: 0.00

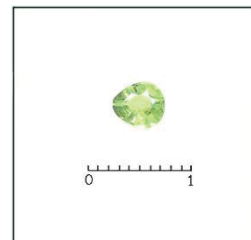
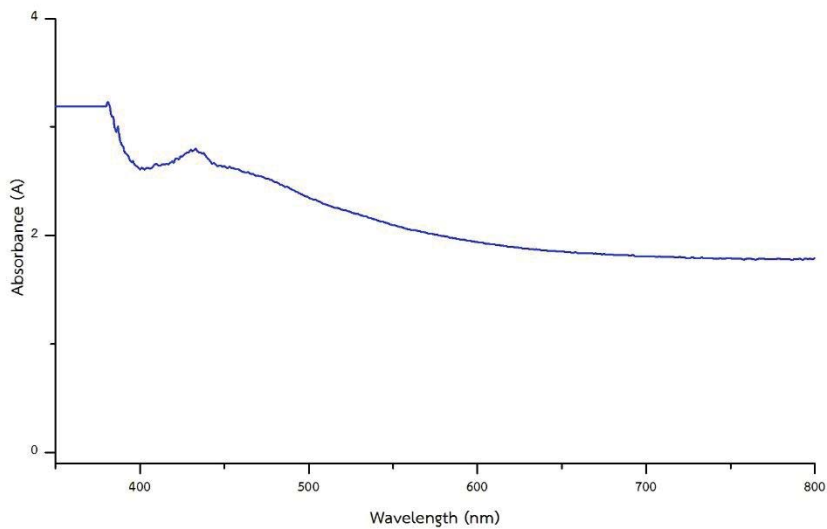
Andradite: 97.03

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.85

Spessartine: 0.00

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 18

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Oval

Weight: 0.45 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: yellowish Green

R.I. Over 1.81

Dimension: 4.00 x 4.96 x 2.33 mm.

S.G. 3.85

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 89.94 a* = -17.67 b* = 30.46

% End Member

Uvarovite: 0.10

Grossular: 0.00

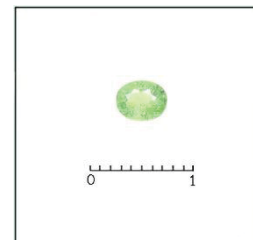
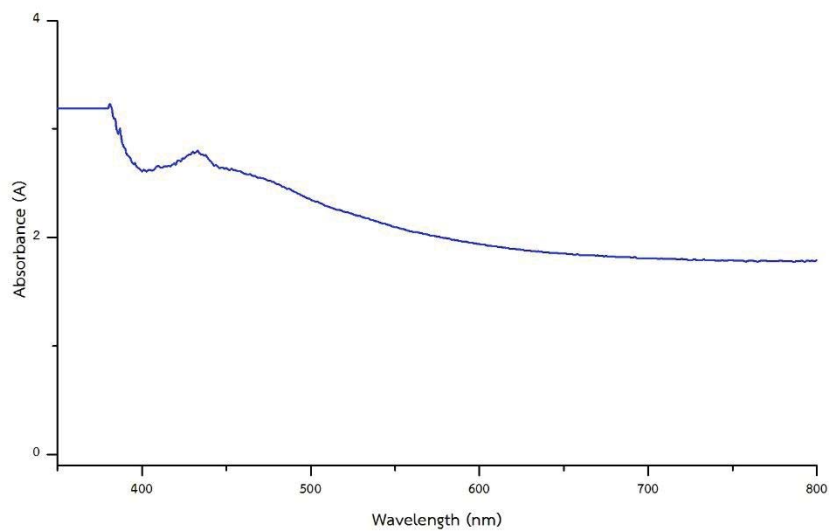
Andradite: 96.89

Almandine: 0.00

Pyrope: 3.00

Spessartine: 0.00

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 19

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Oval

Weight: 0.54 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: yellowish Green

R.I. Over 1.81

Dimension: 4.15 x 5.95 x 2.46 mm.

S.G. 3.85

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 98.96 a* = -16.88 b* = 32.98

% End Member

Uvarovite: 0.11

Grossular: 0.00

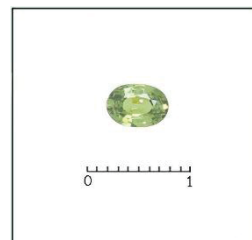
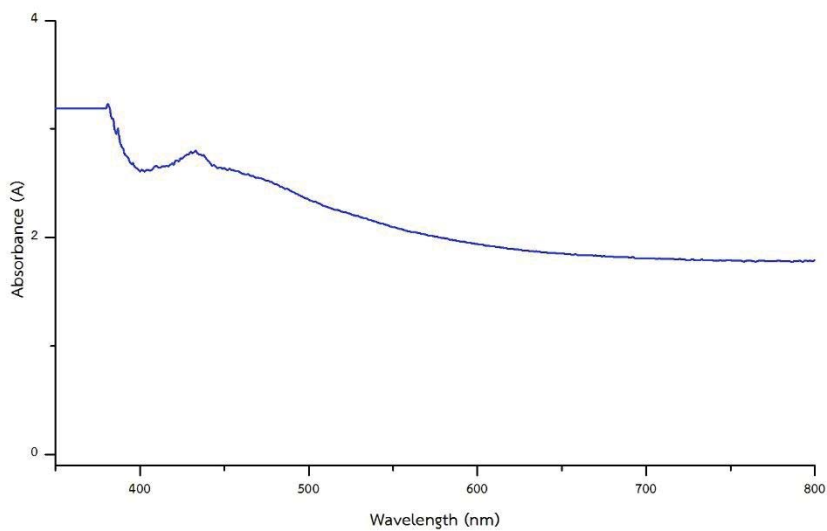
Andradite: 97.61

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.27

Spessartine: 0.00

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 20

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Oval

Weight: 0.63 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: slightly greenish Yellow

R.I. Over 1.81

Dimension: 4.12 x 5.88 x 2.84 mm.

S.G. 3.85

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 87.55 a*= -10.44 b*= 42.02

% End Member

Uvarovite: 0.10

Grossular: 0.06

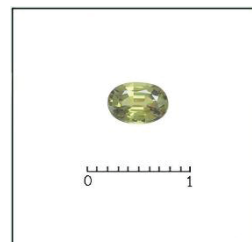
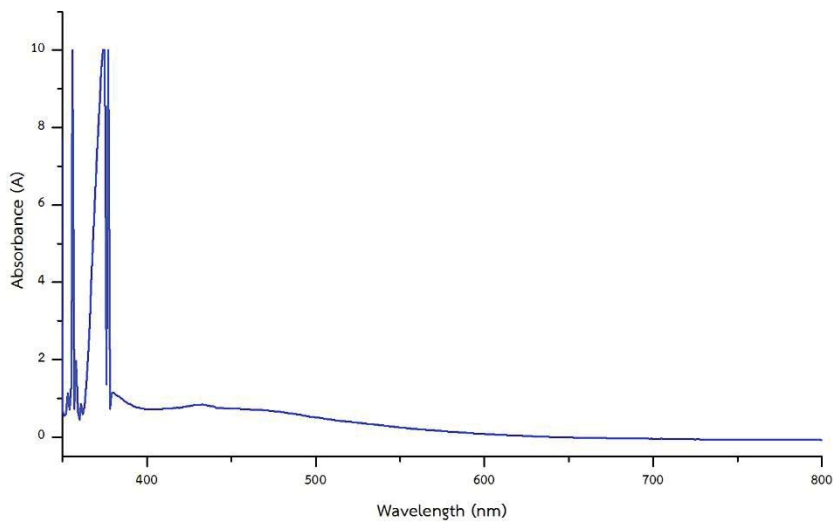
Andradite: 97.49

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.31

Spessartine: 0.03

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 21

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Oval

Weight: 2.61 carat

Cutting: Fancy Cut

Color: Green

R.I. Over 1.81

Dimension: 7.18 x 9.21 x 4.74 mm.

S.G. 3.85

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Semi-Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 17.41 a* = -4.39 b* = 14.51

% End Member

Uvarovite: 0.17

Grossular: 0.00

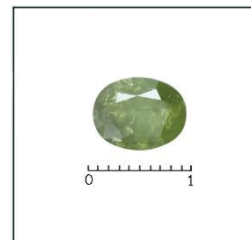
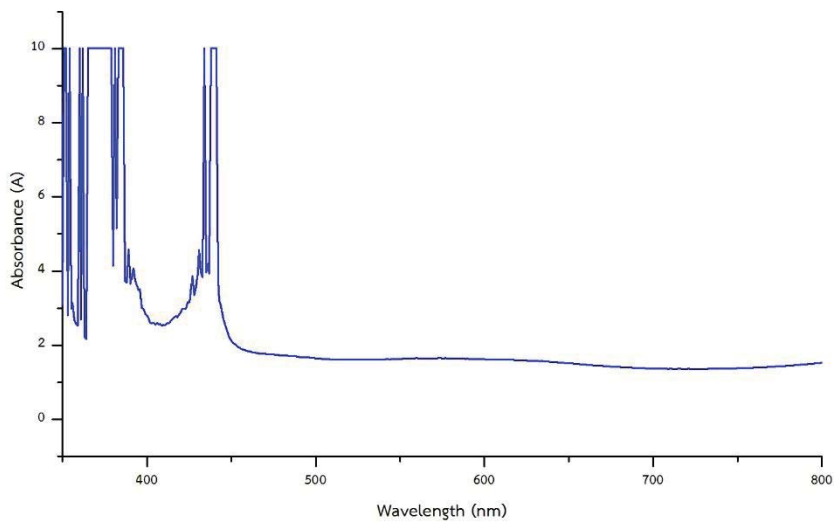
Andradite: 97.51

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.32

Spessartine: 0.00

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 22

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Pear

Weight: 0.48 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: yellowish Green

R.I. Over 1.81

Dimension: 4.07 x 5.11 x 2.73 mm.

S.G. 3.86

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 87.40 a*= -16.63 b*= 32.00

% End Member

Uvarovite: 1.50

Grossular: 0.00

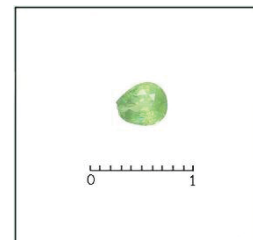
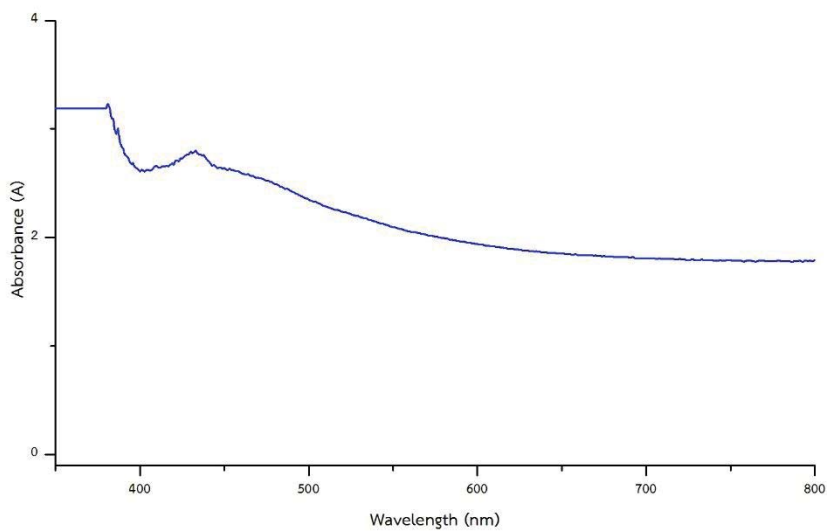
Andradite: 25.77

Almandine: 0.00

Pyrope: 72.73

Spessartine: 0.00

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 23

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Oval

Weight: 0.52 carat

Cutting: Fancy Cut

Color: yellowish Green

R.I. Over 1.81

Dimension: 4.37 x 5.39 x 2.48 mm.

S.G. 3.86

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Semi-Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 85.14 a*= -14.22 b*= 34.32

% End Member

Uvarovite: 0.00

Grossular: 0.00

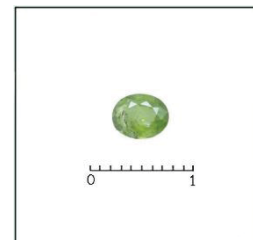
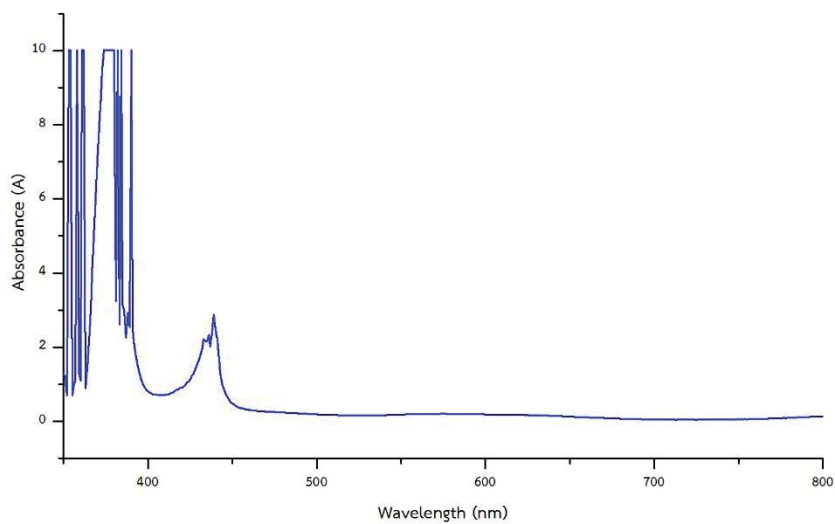
Andradite: 97.67

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.33

Spessartine: 0.00

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 24

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Oval

Weight: 0.59 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: yellowish Green

R.I. Over 1.81

Dimension: 3.99 x 5.81 x 2.92 mm.

S.G. 3.86

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 94.98 a*= -17.49 b*= 38.40

% End Member

Uvarovite: 0.13

Grossular: 0.00

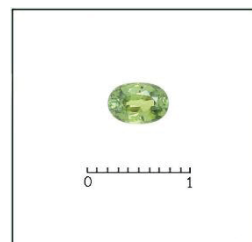
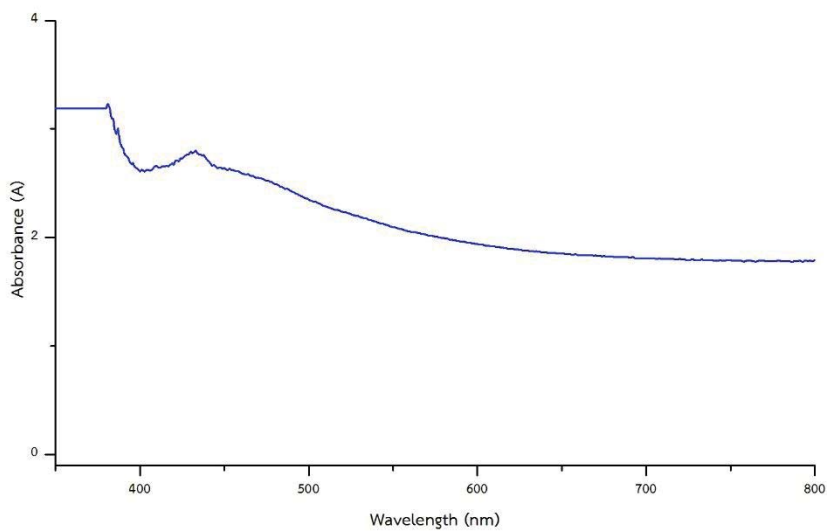
Andradite: 97.76

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.12

Spessartine: 0.00

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 25

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Oval

Weight: 0.48 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: yellowish Green

R.I. Over 1.81

Dimension: 4.09 x 4.85 x 2.74 mm.

S.G. 3.87

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 92.76 a* = -15.07 b* = 35.72

% End Member

Uvarovite: 0.11

Grossular: 0.05

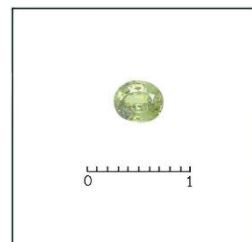
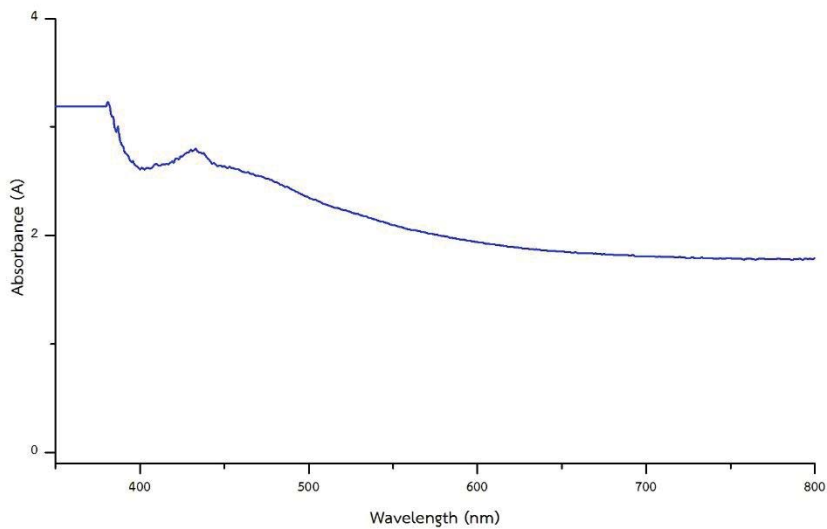
Andradite: 96.77

Almandine: 0.00

Pyrope: 3.06

Spessartine: 0.02

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 26

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Oval

Weight: 1.00 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: strongly yellowish Green

R.I. Over 1.81

Dimension: 4.97 x 6.13 x 3.52 mm.

S.G. 3.87

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 96.55 a*= -14.90 b*= 45.67

% End Member

Uvarovite: 0.24

Grossular: 0.27

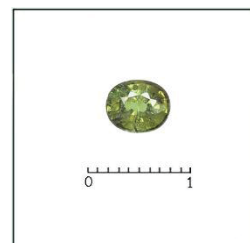
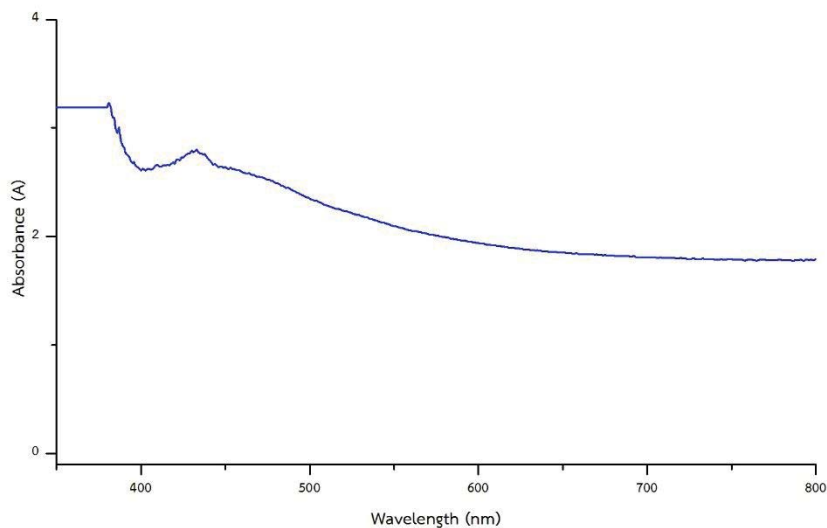
Andradite: 96.97

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.50

Spessartine: 0.01

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 27

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Oval Weight: 1.72 carat

Cutting: Fancy Cut

Color: Green R.I. Over 1.81

Dimension: 5.68 x 7.63 x 4.48 mm. S.G. 3.87

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Semi-Transparent

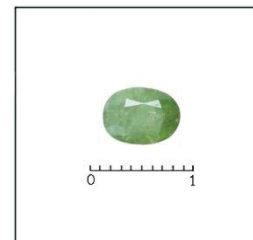
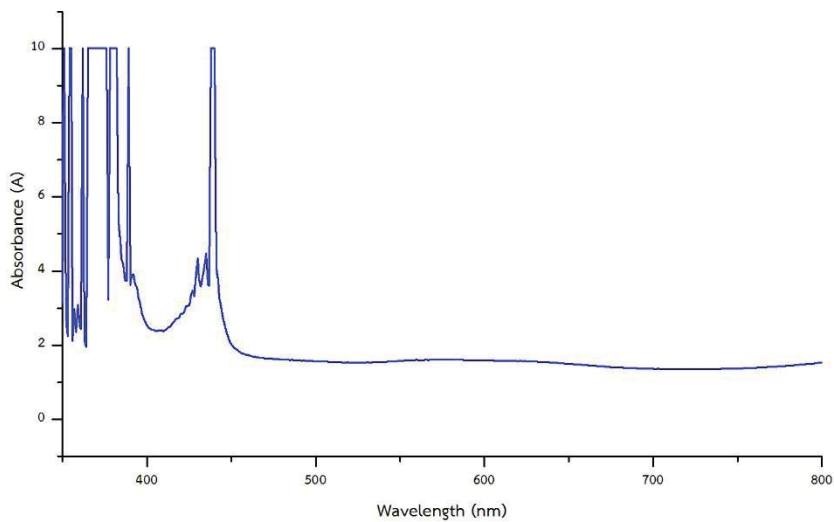
CIE color L* a* b* : L* = 18.76 a* = -6.07 b* = 13.28

% End Member

Uvarovite: 0.11 Grossular: 0.03 Andradite: 97.53

Almandine: 0.00 Pyrope: 2.30 Spessartine: 0.02

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 28

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Oval

Weight: 0.62 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: strongly yellowish Green

R.I. Over 1.81

Dimension: 3.92 x 5.73 x 2.91 mm.

S.G. 3.88

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 87.66 a*= -12.26 b*= 39.25

% End Member

Uvarovite: 0.09

Grossular: 0.07

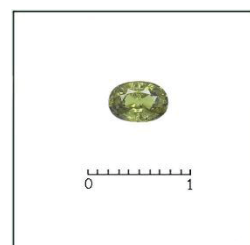
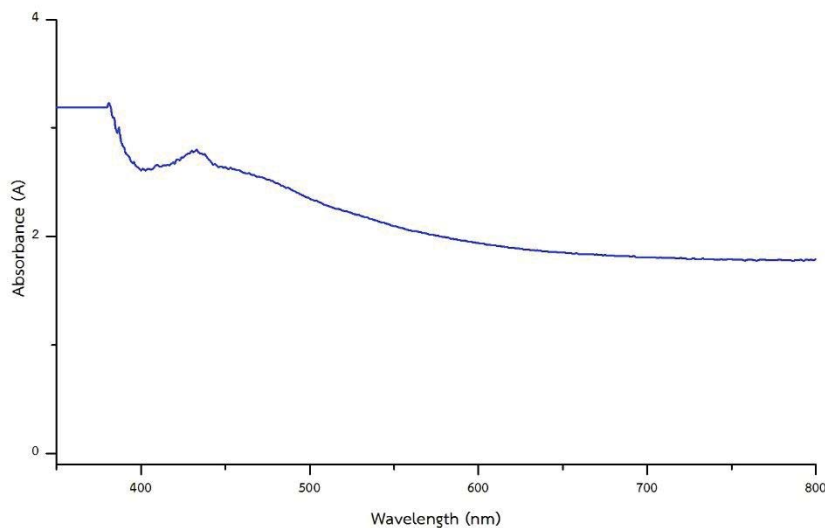
Andradite: 97.90

Almandine: 0.00

Pyrope: 1.93

Spessartine: 0.01

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 29

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Oval

Weight: 0.91 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: strongly yellowish Green

R.I. Over 1.81

Dimension: 4.66 x 6.33 x 3.16 mm.

S.G. 3.88

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 84.87 a*= -12.13 b*= 43.27

% End Member

Uvarovite: 0.13

Grossular: 0.00

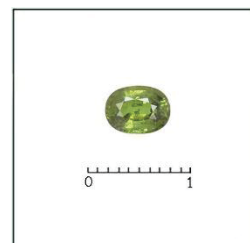
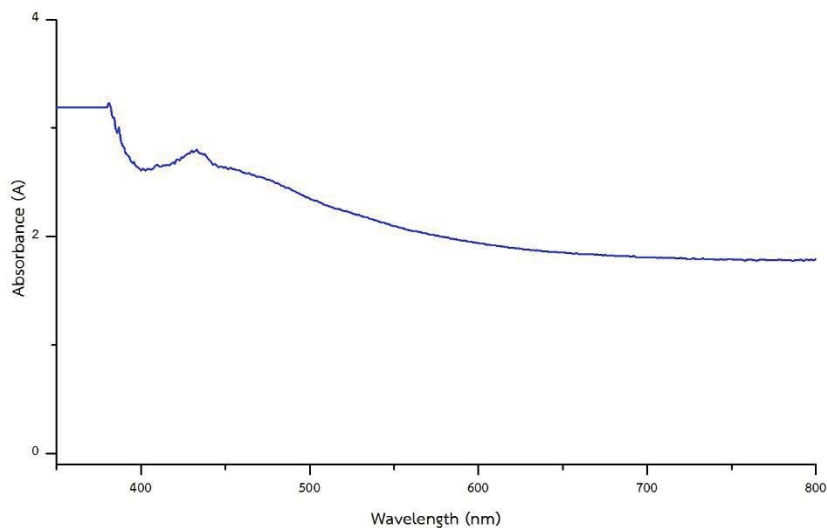
Andradite: 96.96

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.91

Spessartine: 0.00

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 30

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Oval

Weight: 1.90 carat

Cutting: Fancy Cut

Color: yellowish Green

R.I. Over 1.81

Dimension: 7.02 x 8.97 x 3.54 mm.

S.G. 3.88

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Semi-Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 20.29 a* = -5.40 b* = 13.23

% End Member

Uvarovite: 0.27

Grossular: 0.14

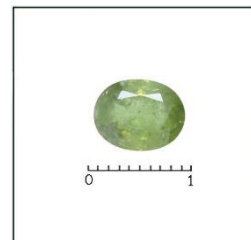
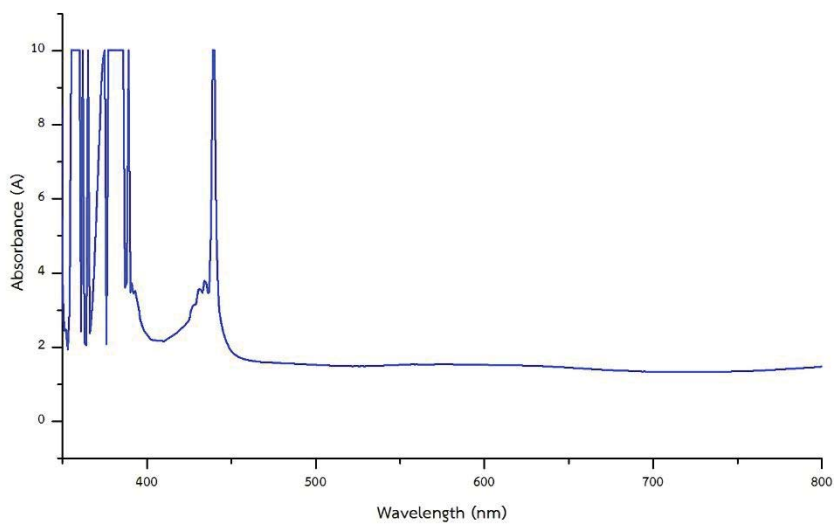
Andradite: 97.08

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.48

Spessartine: 0.04

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 31

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Oval

Weight: 0.60 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: slightly greenish Yellow

R.I. Over 1.81

Dimension: 4.12 x 5.97 x 2.91 mm.

S.G. 3.89

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 87.61 a*= -10.59 b*= 40.86

% End Member

Uvarovite: 0.10

Grossular: 0.00

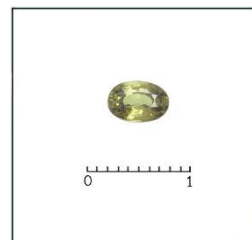
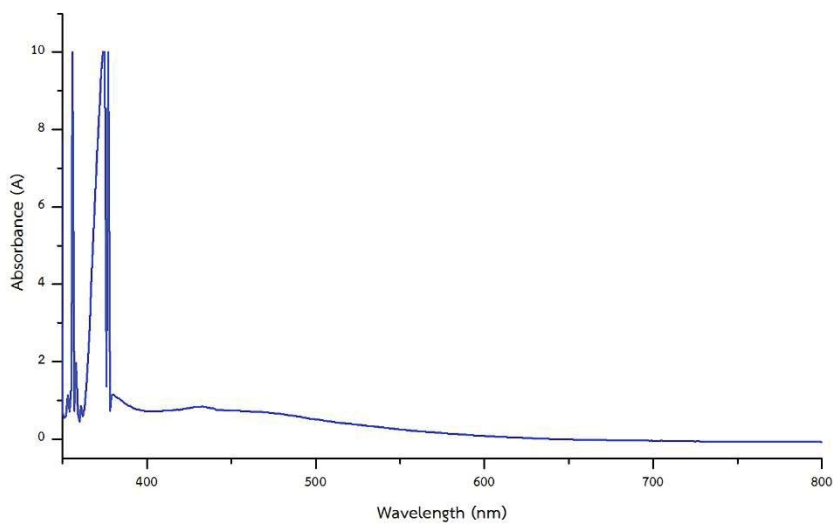
Andradite: 97.75

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.14

Spessartine: 0.00

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 32

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Oval

Weight: 0.43 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: yellowish Green

R.I. Over 1.81

Dimension: 3.95 x 4.90 x 2.42 mm.

S.G. 3.91

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 145.77 a*= -23.95 b*= 57.78

% End Member

Uvarovite: 0.10

Grossular: 1.21

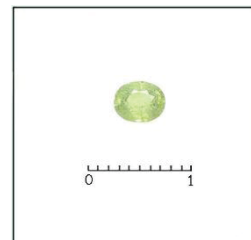
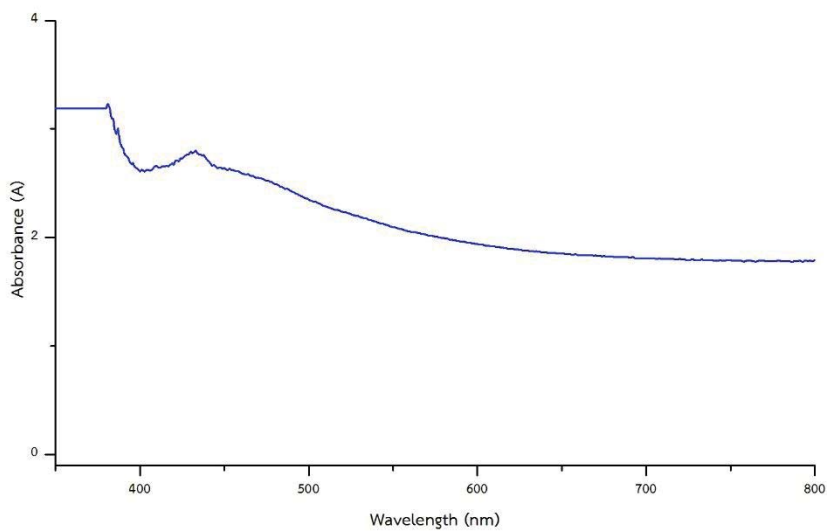
Andradite: 94.72

Almandine: 0.00

Pyrope: 3.95

Spessartine: 0.02

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 33

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Oval

Weight: 0.58 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: yellowish Green

R.I. Over 1.81

Dimension: 4.18 x 5.19 x 3.00 mm.

S.G. 3.91

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 82.67 a* = -16.56 b* = 31.35

% End Member

Uvarovite: 0.09

Grossular: 0.00

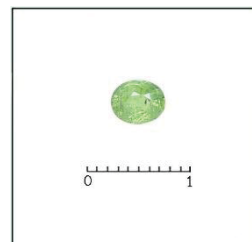
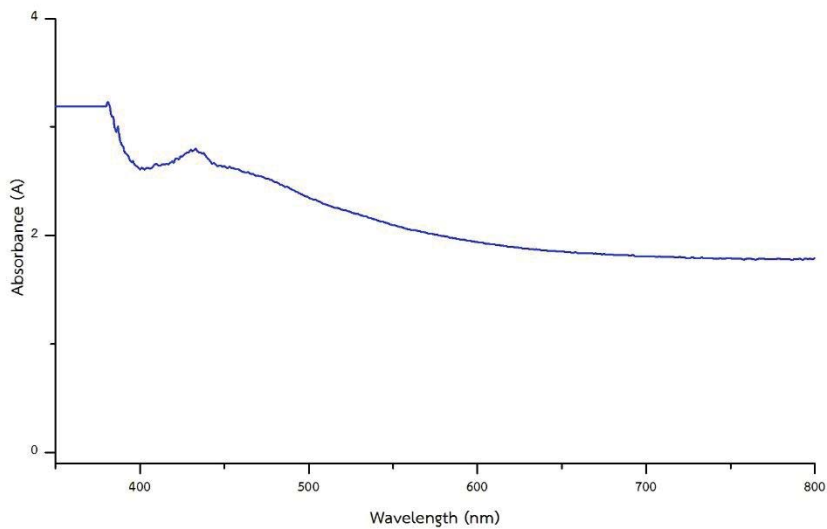
Andradite: 96.96

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.95

Spessartine: 0.00

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 34

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Pear

Weight: 0.41 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: yellowish Green

R.I. Over 1.81

Dimension: 4.32 x 5.18 x 2.28 mm.

S.G. 3.94

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 91.48 a* = -15.22 b* = 33.23

% End Member

Uvarovite: 0.04

Grossular: 0.00

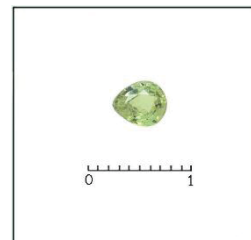
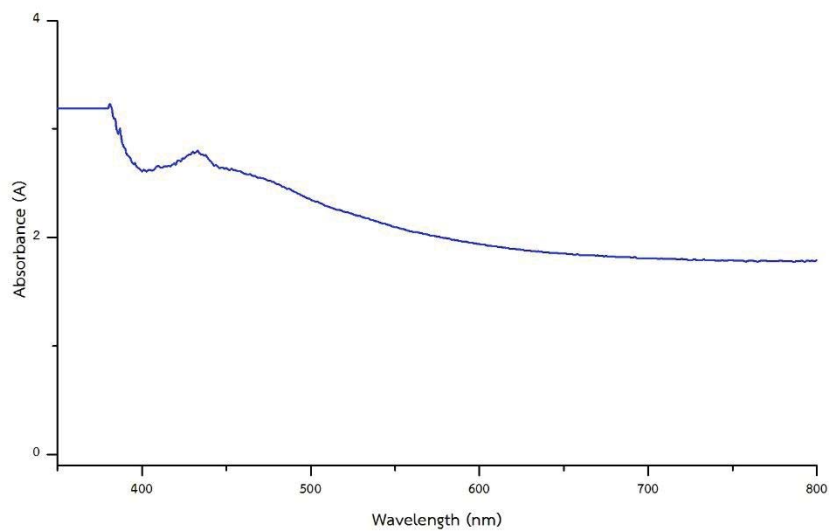
Andradite: 97.08

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.88

Spessartine: 0.00

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 35

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Pear

Weight: 0.36 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: yellowish Green

R.I. Over 1.81

Dimension: 3.99 x 4.74 x 2.41 mm.

S.G. 3.95

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 85.71 a*= -14.24 b*= 31.76

% End Member

Uvarovite: 0.14

Grossular: 0.00

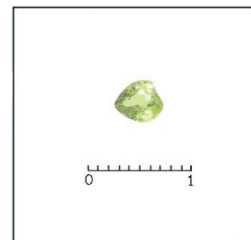
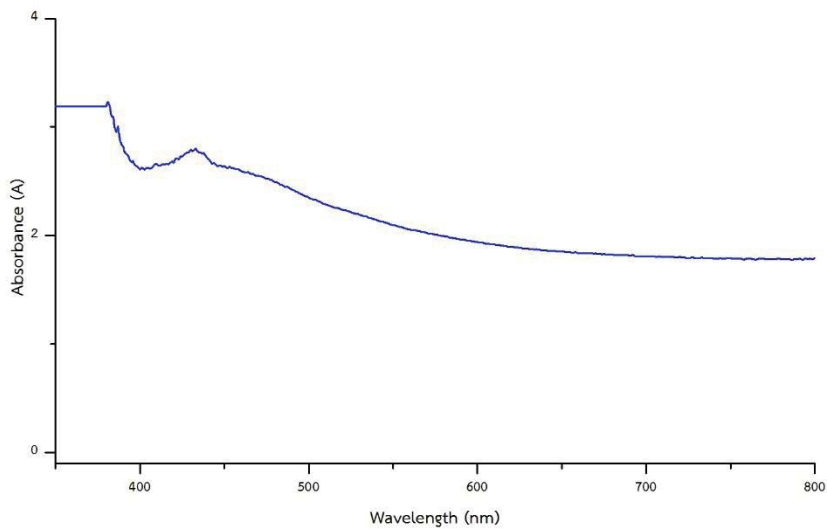
Andradite: 93.52

Almandine: 0.00

Pyrope: 6.34

Spessartine: 0.00

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 36

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Oval

Weight: 0.50 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: yellowish Green

R.I. Over 1.81

Dimension: 3.93 x 4.87 x 3.03 mm.

S.G. 4.01

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 76.56 a* = -12.71 b* = 34.64

% End Member

Uvarovite: 0.14

Grossular: 0.00

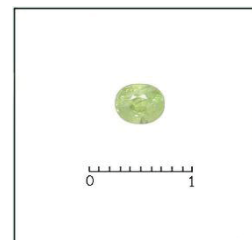
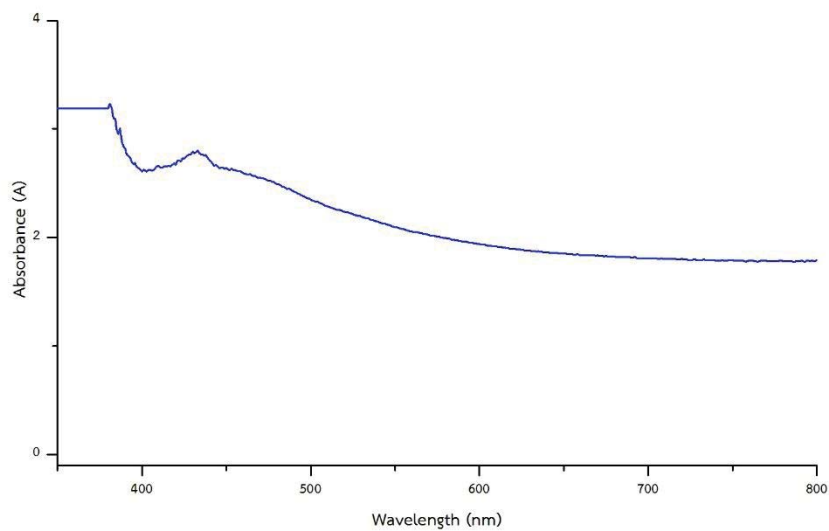
Andradite: 92.85

Almandine: 0.00

Pyrope: 6.91

Spessartine: 0.10

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnD 37

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Demantoid

Shape: Pear

Weight: 0.53 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: yellowish Green

R.I. Over 1.81

Dimension: 4.11 x 6.18 x 2.56 mm.

S.G. 4.03

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 96.43 a* = -16.42 b* = 34.79

% End Member

Uvarovite: 0.09

Grossular: 0.00

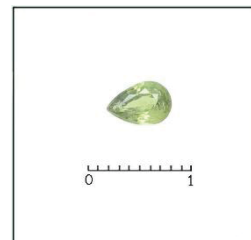
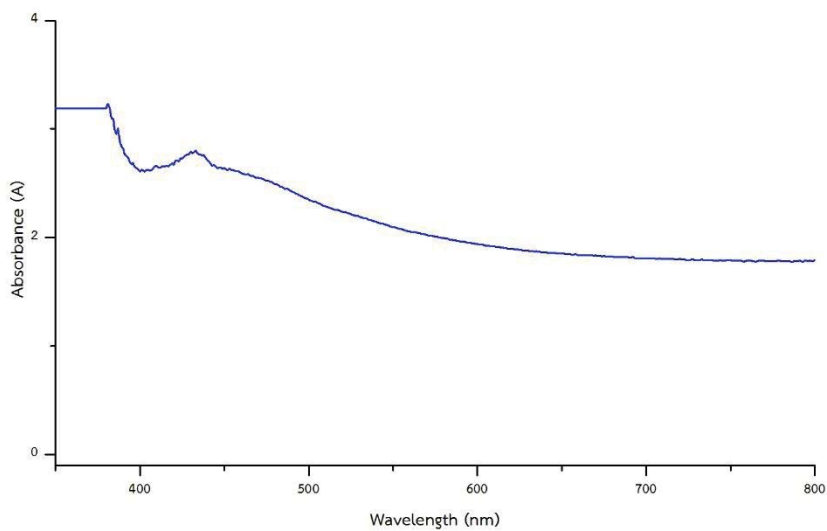
Andradite: 97.12

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.78

Spessartine: 0.00

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnT 01

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Topazolite

Shape: Oval

Weight: 0.94 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: slightly yellowish Green

R.I. 1.790

Dimension: 4.78 x 5.86 x 3.77 mm.

S.G. 3.84

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 84.80 a* = -9.33 b* = 46.00

% End Member

Uvarovite: 0.15

Grossular: 0.06

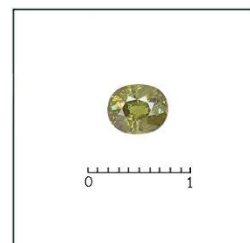
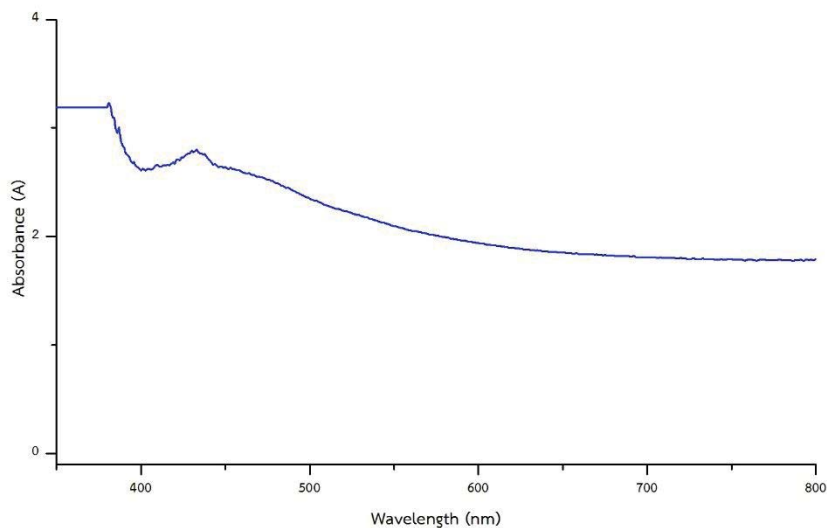
Andradite: 96.83

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.84

Spessartine: 0.13

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnT 02

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Topazolite

Shape: Oval

Weight: 0.82 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: slightly greenish Yellow

R.I. 1.795

Dimension: 4.23 x 6.45 x 3.32 mm.

S.G. 3.86

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 82.67 a* = -11.32 b* = 39.71

% End Member

Uvarovite: 0.11

Grossular: 0.63

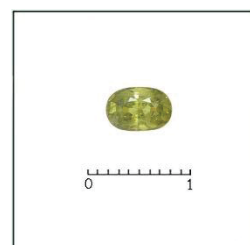
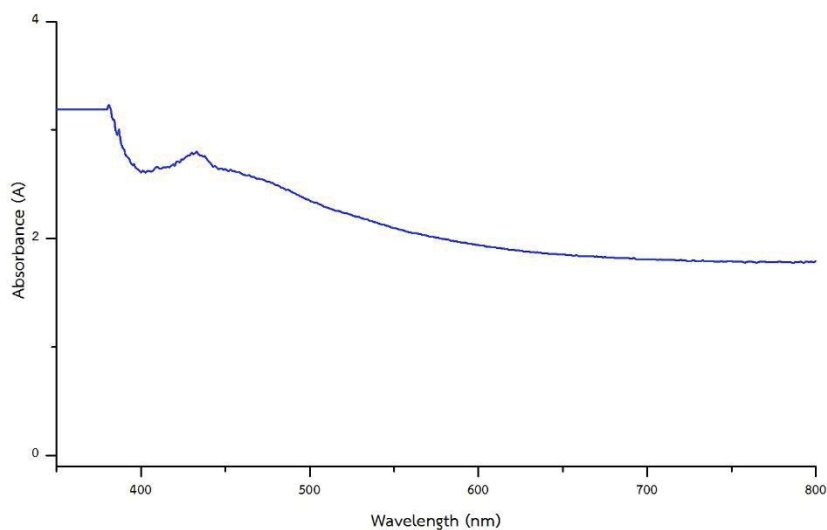
Andradite: 95.66

Almandine: 0.00

Pyrope: 3.58

Spessartine: 0.02

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnT 03

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Topazolite

Shape: Oval

Weight: 0.84 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Yellow

R.I. 1.800

Dimension: 4.93 x 5.96 x 3.13 mm.

S.G. 3.85

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 88.56 a* = -6.59 b* = 57.60

% End Member

Uvarovite: 0.18

Grossular: 0.05

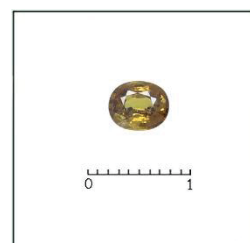
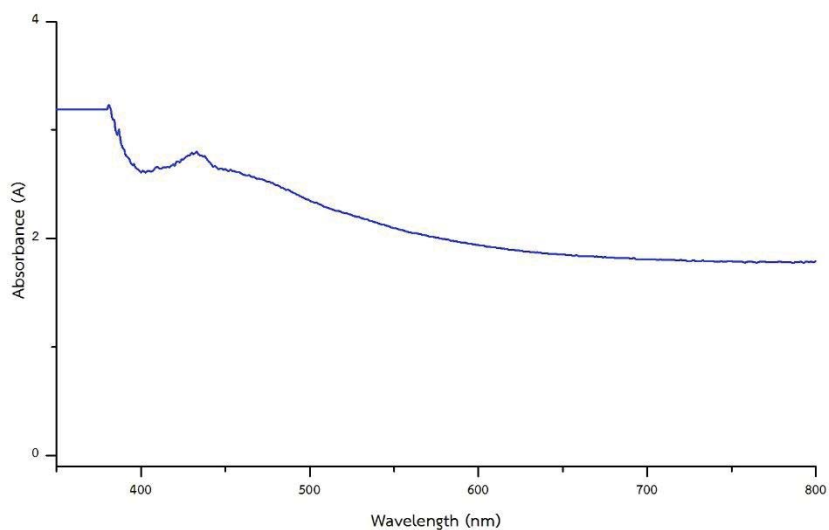
Andradite: 96.61

Almandine: 0.00

Pyrope: 3.15

Spessartine: 0.01

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnT 04

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Topazolite

Shape: Oval

Weight: 1.24 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: slightly greenish Yellow

R.I. 1.800

Dimension: 5.30 x 7.15 x 3.44 mm.

S.G. 3.85

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 107.05 a*= -14.72 b*= 51.54

% End Member

Uvarovite: 0.14

Grossular: 0.09

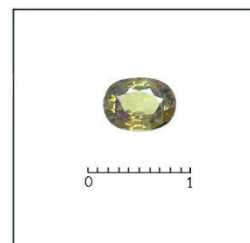
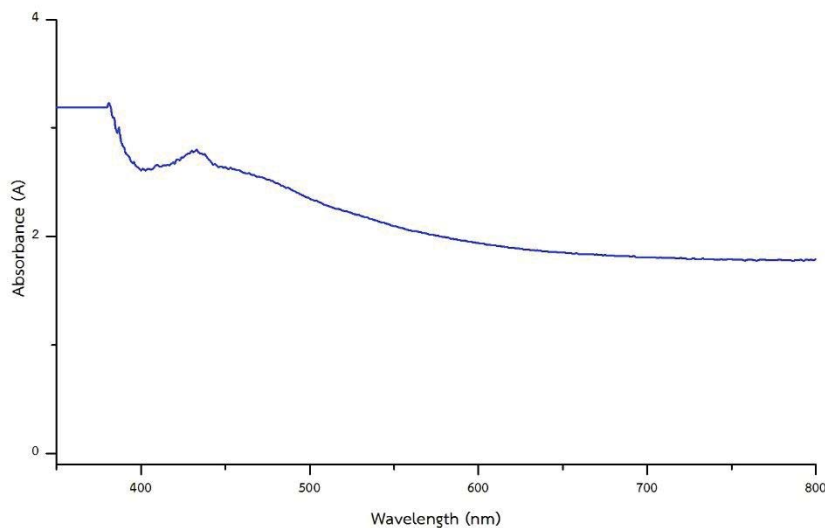
Andradite: 97.27

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.50

Spessartine: 0.01

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnT 05

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Topazolite

Shape: Oval

Weight: 0.98 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: slightly greenish Yellow

R.I. Over 1.81

Dimension: 4.78 x 6.43 x 3.52 mm.

S.G. 3.82

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 76.64 a* = -8.84 b* = 46.37

% End Member

Uvarovite: 0.11

Grossular: 0.00

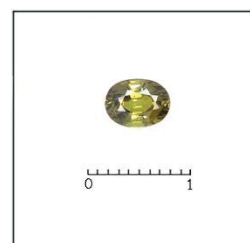
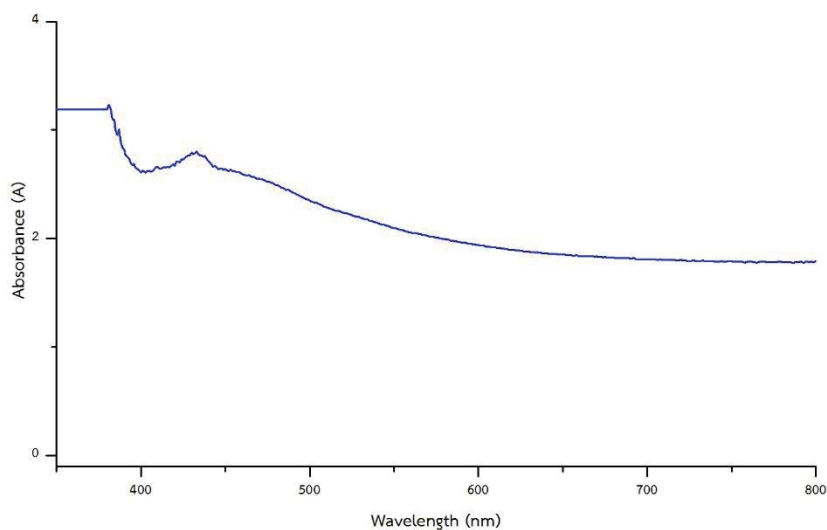
Andradite: 97.01

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.88

Spessartine: 0.00

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnT 06

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Topazolite

Shape: Oval

Weight: 1.18 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: slightly greenish Yellow

R.I. Over 1.81

Dimension: 4.60 x 7.37 x 3.71 mm.

S.G. 3.83

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 73.72 a* = -6.67 b* = 46.21

% End Member

Uvarovite: 0.04

Grossular: 0.05

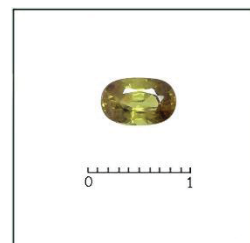
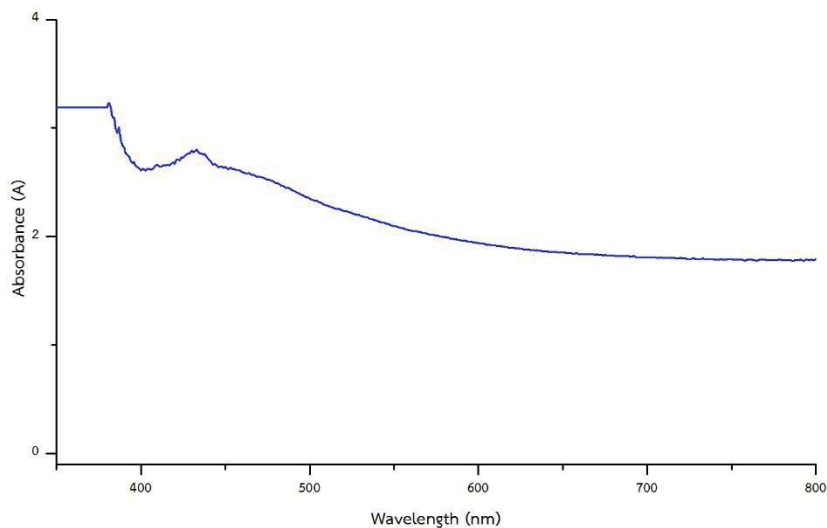
Andradite: 97.30

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.59

Spessartine: 0.01

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnT 07

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Topazolite

Shape: Oval

Weight: 1.13 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: slightly greenish Yellow

R.I. Over 1.81

Dimension: 4.83 x 6.27 x 4.04 mm.

S.G. 3.86

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 70.37 a* = -7.14 b* = 47.52

% End Member

Uvarovite: 0.05

Grossular: 0.03

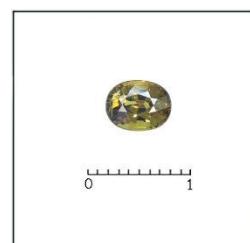
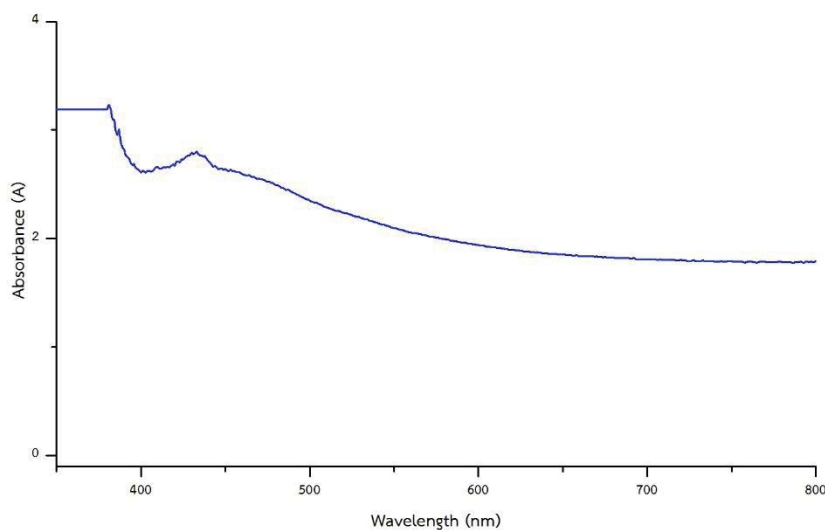
Andradite: 97.14

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.77

Spessartine: 0.02

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnT 08

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Topazolite

Shape: Pear

Weight: 0.67 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: slightly greenish Yellow

R.I. Over 1.81

Dimension: 4.87 x 5.85 x 2.92 mm.

S.G. 3.87

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 84.77 a*= -12.01 b*= 41.47

% End Member

Uvarovite: 0.18

Grossular: 1.27

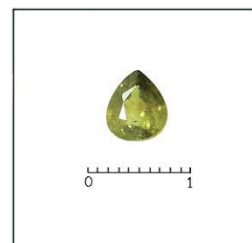
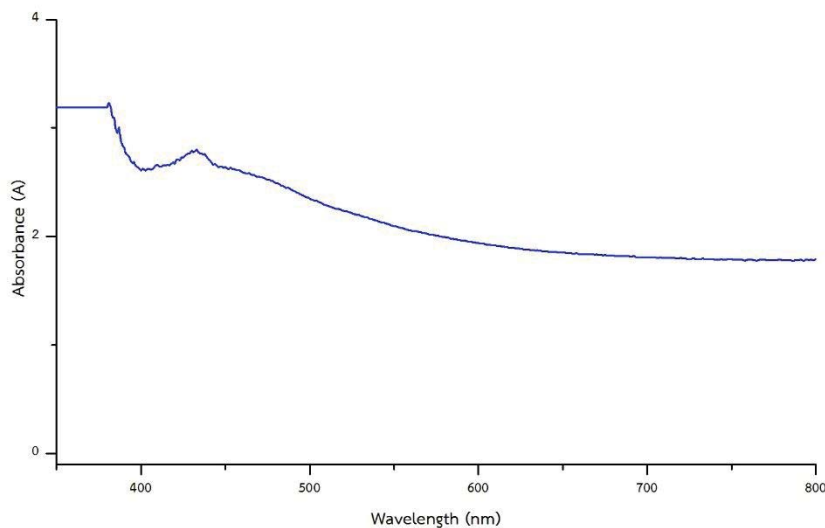
Andradite: 95.09

Almandine: 0.00

Pyrope: 3.41

Spessartine: 0.05

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnT 09

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Topazolite

Shape: Oval

Weight: 1.00 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Yellow

R.I. Over 1.81

Dimension: 4.65 x 6.29 x 3.62 mm.

S.G. 3.87

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 83.38 a* = -4.88 b* = 54.37

% End Member

Uvarovite: 0.18

Grossular: 0.34

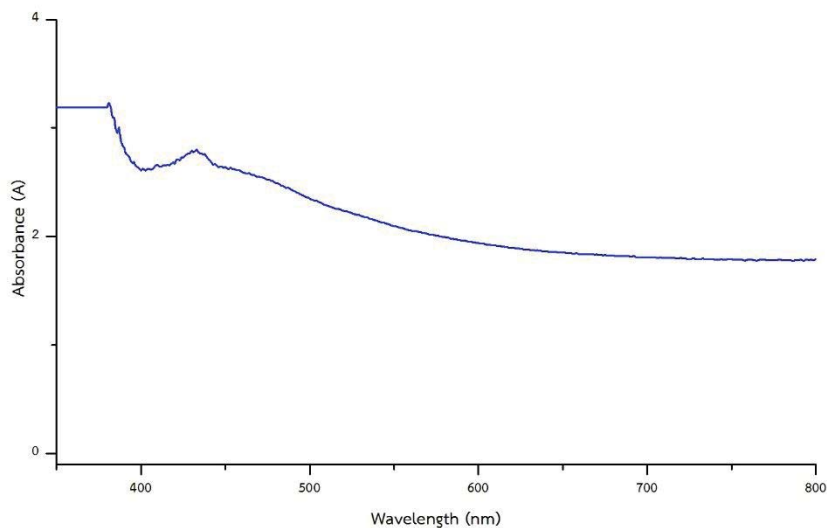
Andradite: 97.16

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.15

Spessartine: 0.16

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnT 10

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Topazolite

Shape: Pear

Weight: 1.20 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: slightly greenish Yellow

R.I. Over 1.81

Dimension: 5.45 x 8.09 x 3.60 mm.

S.G. 3.87

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 64.40 a* = -8.29 b* = 36.55

% End Member

Uvarovite: 0.09

Grossular: 0.00

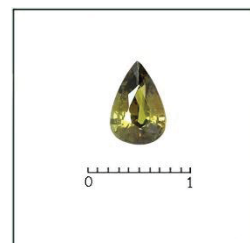
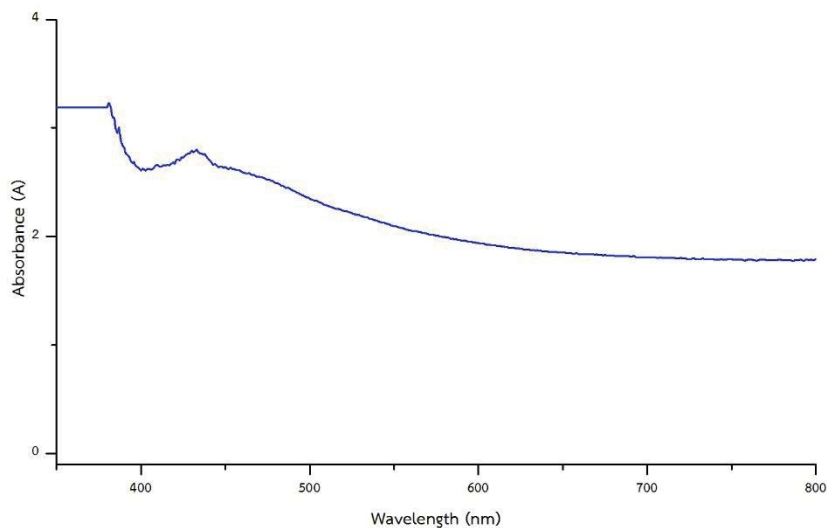
Andradite: 96.66

Almandine: 0.00

Pyrope: 3.25

Spessartine: 0.00

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnT 11

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Topazolite

Shape: Oval

Weight: 1.47 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: slightly greenish Yellow

R.I. Over 1.81

Dimension: 5.53 x 7.24 x 4.02 mm.

S.G. 3.87

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 102.05 a* = -11.86 b* = 56.91

% End Member

Uvarovite: 0.40

Grossular: 0.00

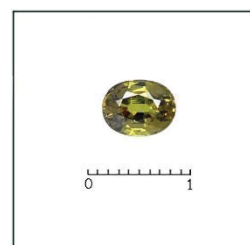
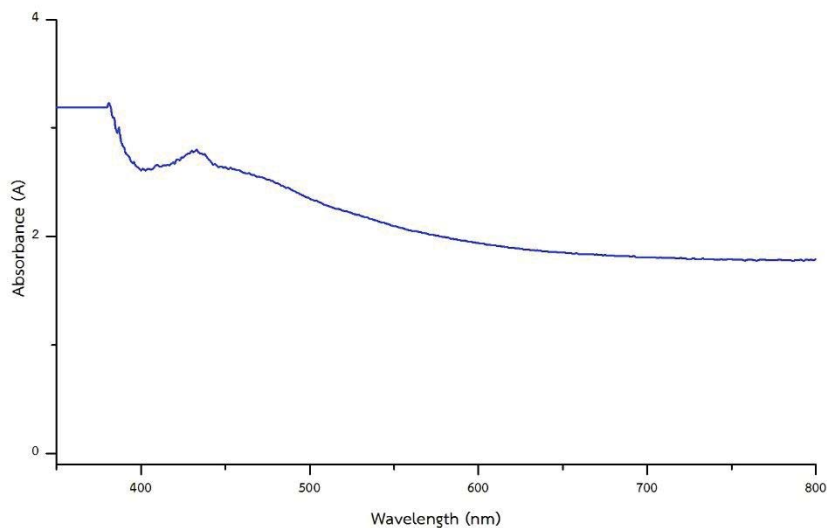
Andradite: 97.18

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.42

Spessartine: 0.00

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnT 12

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Topazolite

Shape: Pear

Weight: 0.85 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Yellow

R.I. Over 1.81

Dimension: 4.99 x 6.97 x 3.18 mm.

S.G. 3.88

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 81.84 a* = -7.94 b* = 49.48

% End Member

Uvarovite: 0.41

Grossular: 0.00

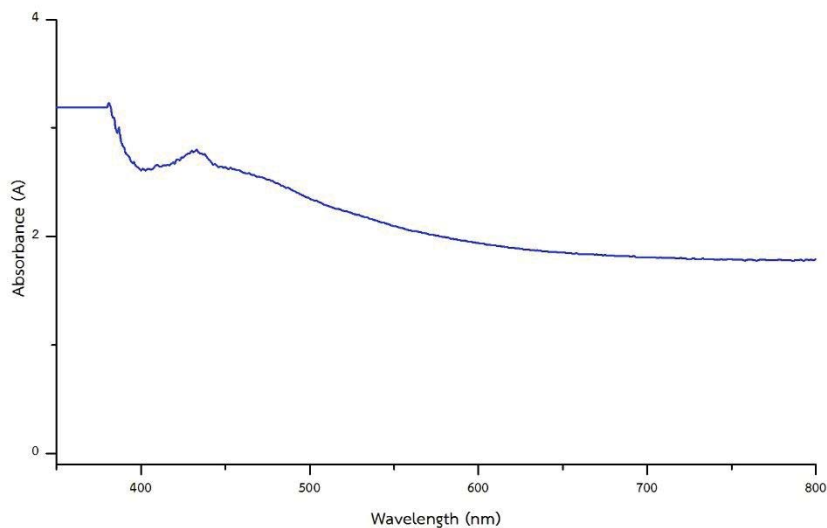
Andradite: 95.78

Almandine: 0.00

Pyrope: 3.81

Spessartine: 0.00

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnT 13

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Topazolite

Shape: Oval

Weight: 0.78 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Yellow

R.I. Over 1.81

Dimension: 4.85 x 5.77 x 3.14 mm.

S.G. 3.89

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 85.01 a* = -9.79 b* = 46.51

% End Member

Uvarovite: 0.10

Grossular: 0.00

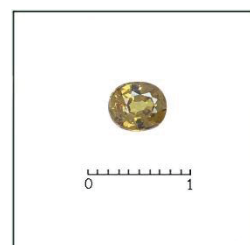
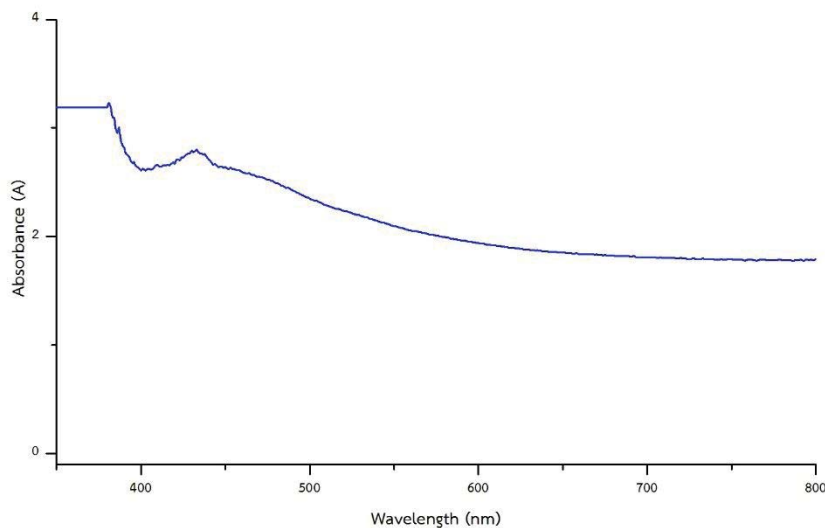
Andradite: 97.42

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.48

Spessartine: 0.00

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: AnT 14

Identification: Natural Andradite Garnet

Tradename: Topazolite

Shape: Pear

Weight: 1.43 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Yellow

R.I. Over 1.81

Dimension: 5.83 x 7.88 x 3.86 mm.

S.G. 3.89

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 86.08 a* = -5.02 b* = 59.75

% End Member

Uvarovite: 0.15

Grossular: 0.00

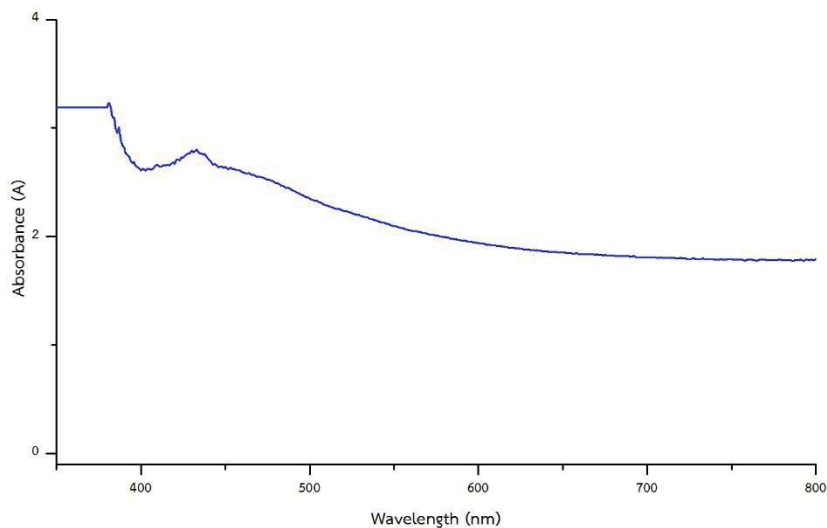
Andradite: 97.25

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.60

Spessartine: 0.00

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GA 01

Identification: Natural Grossular/Andradite Garnet

Tradename: Mali Garnet

Shape: Oval

Weight: 2.29 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Yellow

R.I. 1.765

Dimension: 6.67 x 10.09 x 3.56 mm.

S.G. 3.67

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 83.97 a*= 10.24 b*= 77.77

% End Member

Uvarovite: 0.24

Grossular: 77.32

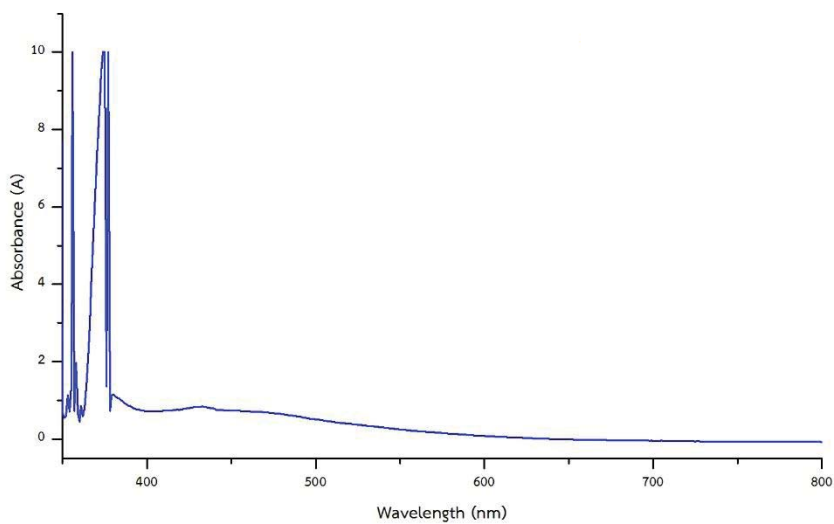
Andradite: 15.44

Almandine: 0.00

Pyrope: 6.71

Spessartine: 0.28

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GA 02

Identification: Natural Grossular/Andradite Garnet

Tradename: Mali Garnet

Shape: Oval

Weight: 2.35 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Dark Orange

R.I. 1.770

Dimension: 6.41 x 9.20 x 4.35 mm.

S.G. 3.60

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 70.26 a*= 24.95 b*= 92.32

% End Member

Uvarovite: 0.21

Grossular: 77.45

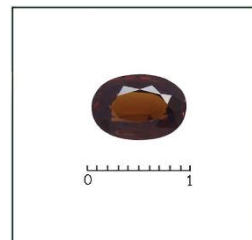
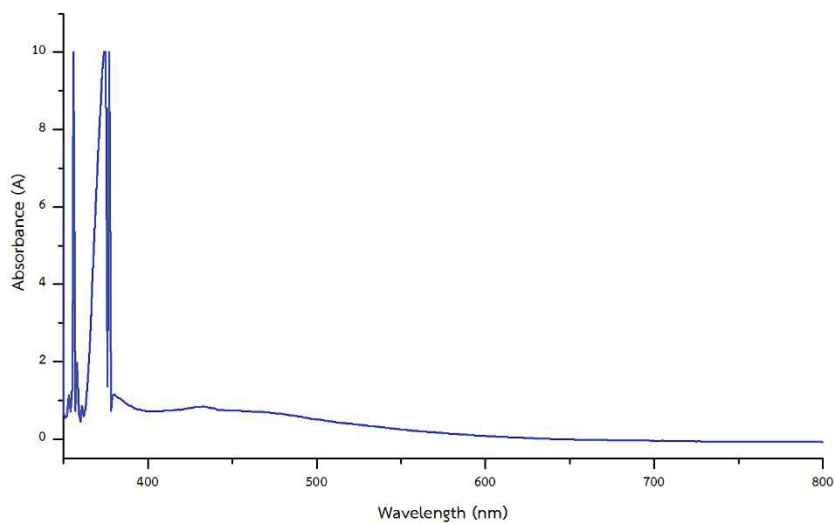
Andradite: 15.90

Almandine: 0.00

Pyrope: 6.19

Spessartine: 0.25

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GA 03

Identification: Natural Grossular/Andradite Garnet

Tradename: Mali Garnet

Shape: Oval

Weight: 1.95 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Dark Orange

R.I. 1.770

Dimension: 6.17 x 7.43 x 4.78 mm.

S.G. 3.66

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 76.44 a*= 33.01 b*= 100.89

% End Member

Uvarovite: 0.03

Grossular: 73.61

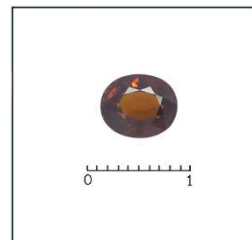
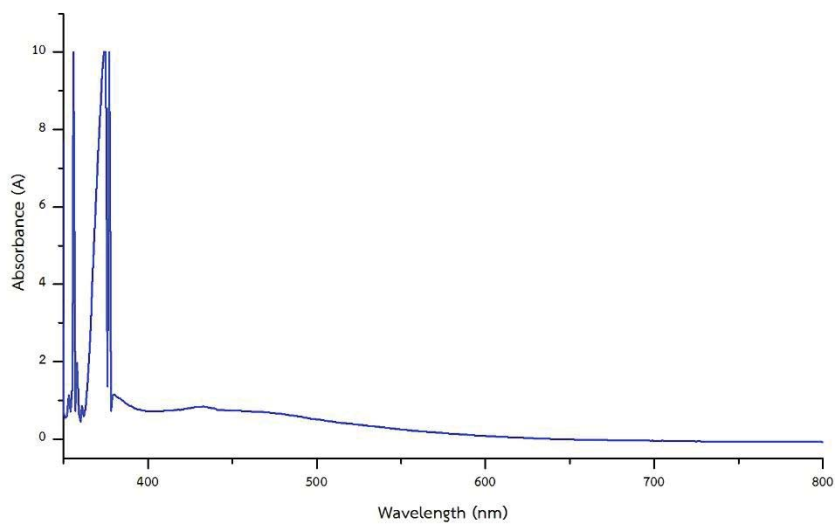
Andradite: 19.69

Almandine: 0.00

Pyrope: 6.44

Spessartine: 0.23

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GA 04

Identification: Natural Grossular/Andradite Garnet

Tradename: Mali Garnet

Shape: Pear

Weight: 2.76 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Dark Orange

R.I. 1.771

Dimension: 7.30 x 9.03 x 5.26 mm.

S.G. 3.63

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 73.37 a*= 29.80 b*= 97.39

% End Member

Uvarovite: 0.42

Grossular: 74.29

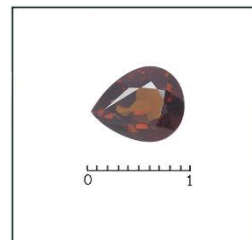
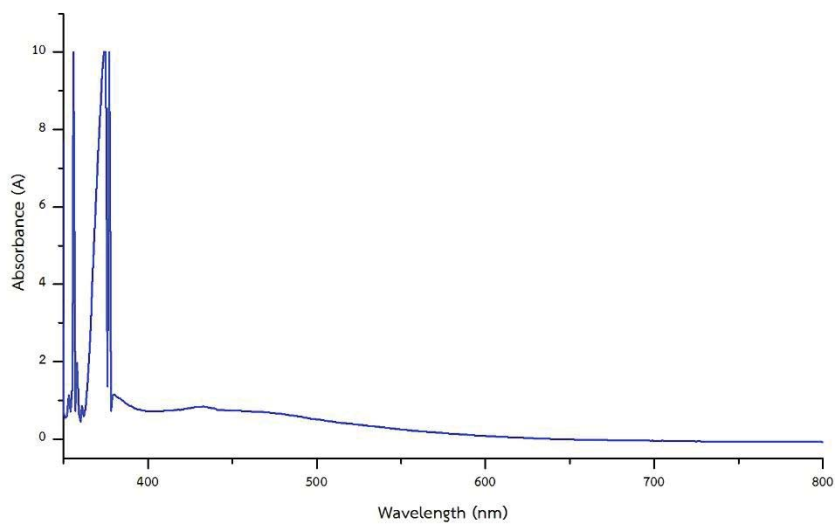
Andradite: 18.49

Almandine: 0.00

Pyrope: 6.57

Spessartine: 0.24

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GA 05

Identification: Natural Grossular/Andradite Garnet

Tradename: Mali Garnet

Shape: Round Weight: 3.95 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Very Dark Orange R.I. 1.771

Dimension: 8.46 x 8.52 x 6.39 mm. S.G. 3.63

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

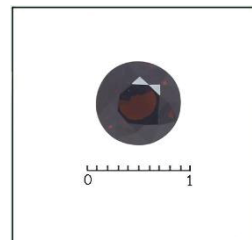
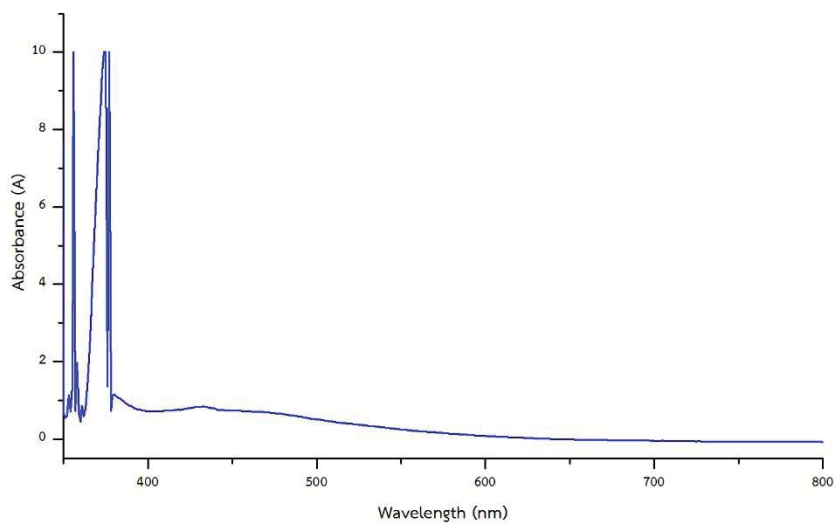
CIE color L* a* b* : L* = 45.89 a*= 34.99 b*= 74.78

% End Member

Uvarovite: 0.09 Grossular: 77.18 Andradite: 16.96

Almandine: 0.00 Pyrope: 5.52 Spessartine: 0.26

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GA 06

Identification: Natural Grossular/Andradite Garnet

Tradename: Mali Garnet

Shape: Round Weight: 2.60 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Dark Orange R.I. 1.780

Dimension: 7.24 x 7.31 x 5.59 mm. S.G. 3.66

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

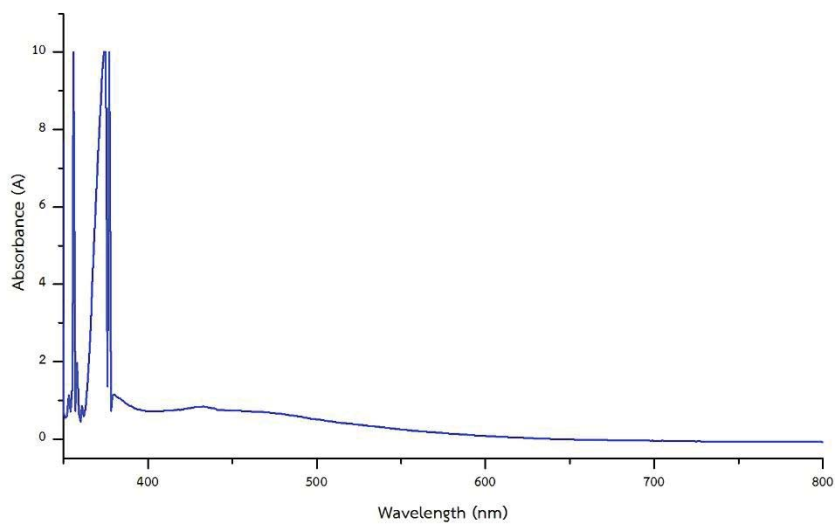
CIE color L* a* b* : L* = 72.06 a*= 18.93 b*= 87.92

% End Member

Uvarovite: 0.03 Grossular: 71.25 Andradite: 22.93

Almandine: 0.00 Pyrope: 5.50 Spessartine: 0.29

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GG 01

Identification: Natural Grossularite/ Andradite Garnet

Tradename: Mali Garnet

Shape: Oval Weight: 1.87 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Green R.I. 1.759

Dimension: 6.64 x 7.55 x 4.70 mm. S.G. 3.61

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Semi-Transparent

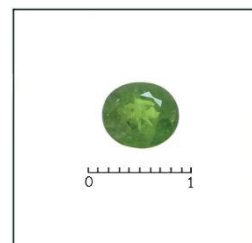
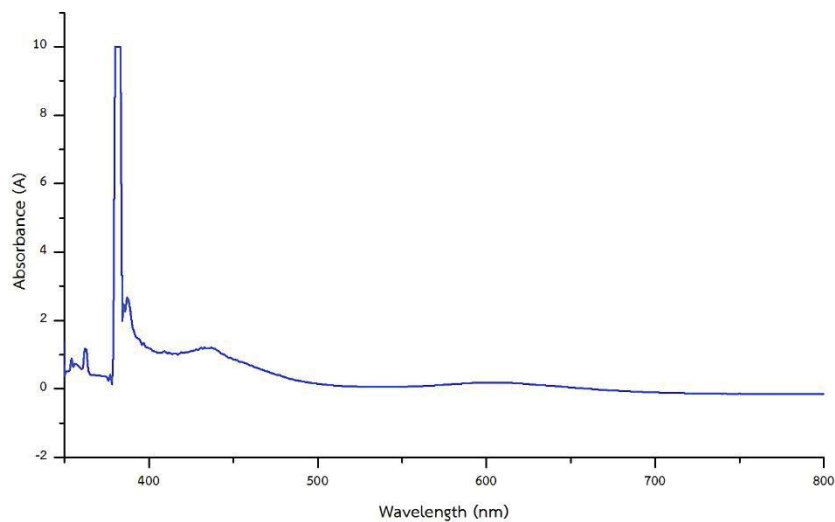
CIE color L* a* b* : L* = 90.66 a*= -26.63 b*= 61.03

% End Member

Uvarovite: 0.86 Grossular: 73.57 Andradite: 17.08

Almandine: 0.00 Pyrope: 7.99 Spessartine: 0.51

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GG 02

Identification: Natural Grossular/Andradite Garnet

Tradename: Mali Garnet

Shape: Oval

Weight: 1.34 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: yellowish Green

R.I. 1.760

Dimension: 5.62 x 7.88 x 3.48 mm.

S.G. 3.63

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 88.68 a*= -21.14 b*= 68.58

% End Member

Uvarovite: 0.51

Grossular: 73.81

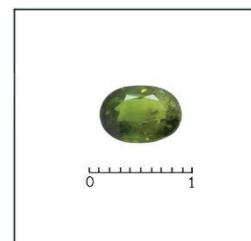
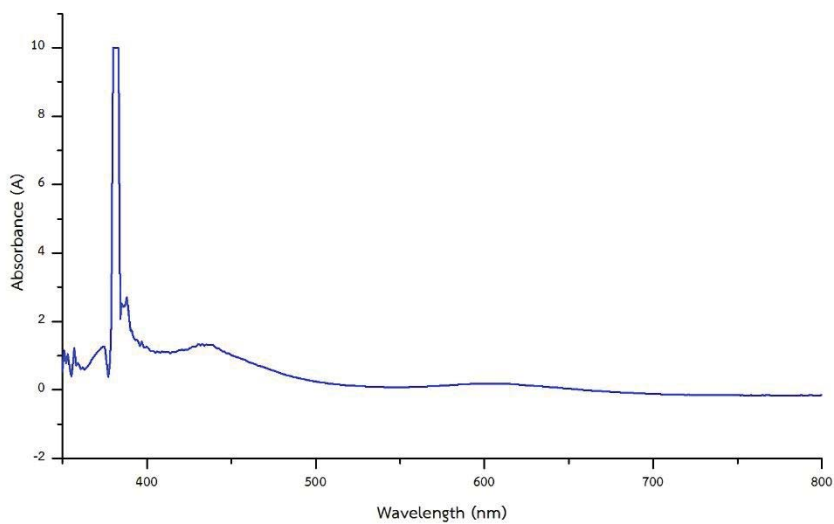
Andradite: 18.74

Almandine: 0.00

Pyrope: 6.60

Spessartine: 0.34

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GG 03

Identification: Natural Grossular/Andradite Garnet

Tradename: Mali Garnet

Shape: Oval

Weight: 1.82 carat

Cutting: Cabochon

Color: greenish Yellow

R.I. 1.76 (spot reading)

Dimension: 5.41 x 9.03 x 3.64 mm.

S.G. 3.68

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Semi-Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 75.33 a*= -10.80 b*= 32.97

% End Member

Uvarovite: 0.11

Grossular: 73.87

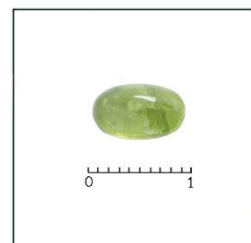
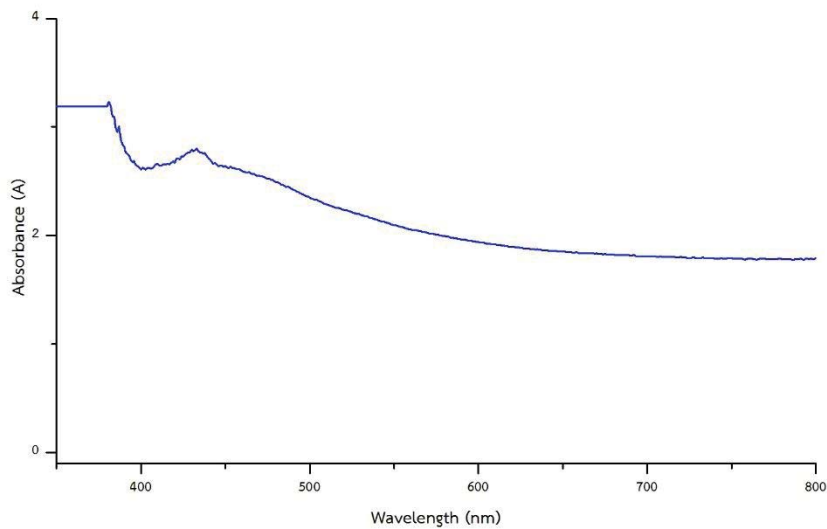
Andradite: 20.33

Almandine: 0.00

Pyrope: 5.38

Spessartine: 0.31

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GG 04

Identification: Natural Grossular/Andradite Garnet

Tradename: Mali Garnet

Shape: Oval

Weight: 1.12 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: greenish Yellow

R.I. 1.759

Dimension: 5.43 x 6.57 x 3.92 mm.

S.G. 3.68

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 100.05 a*= -10.94 b*= 29.60

% End Member

Uvarovite: 0.09

Grossular: 74.55

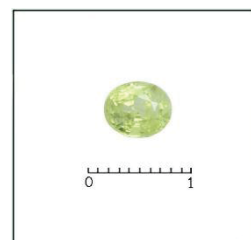
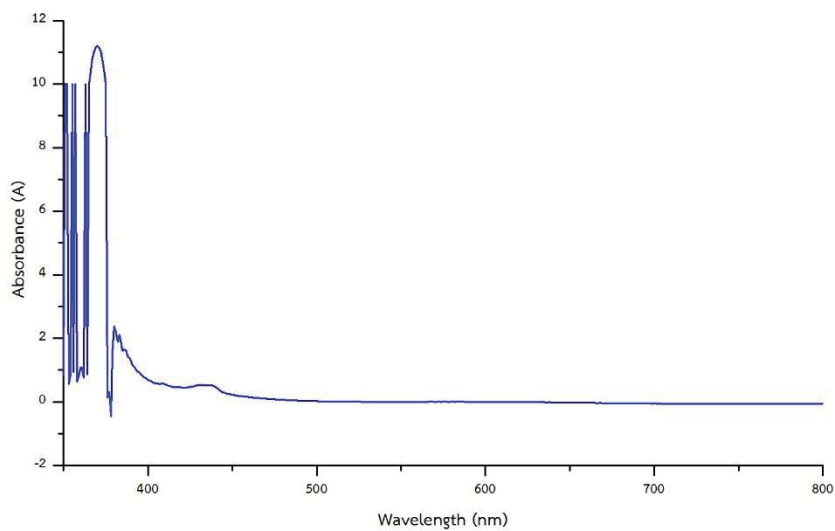
Andradite: 19.43

Almandine: 0.00

Pyrope: 5.58

Spessartine: 0.35

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GG 05

Identification: Natural Grossular/Andradite Garnet

Tradename: Mali Garnet

Shape: Oval

Weight: 6.07 carat

Cutting: Cabochon

Color: greenish Yellow

R.I. 1.76 (spot reading)

Dimension: 8.60 x 12.20 x 5.83 mm.

S.G. 3.63

Optic Character: Anormalous Double Refraction

Transparency: Semi-Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 38.21 a*= -5.57 b*= 20.12

% End Member

Uvarovite: 0.11

Grossular: 81.98

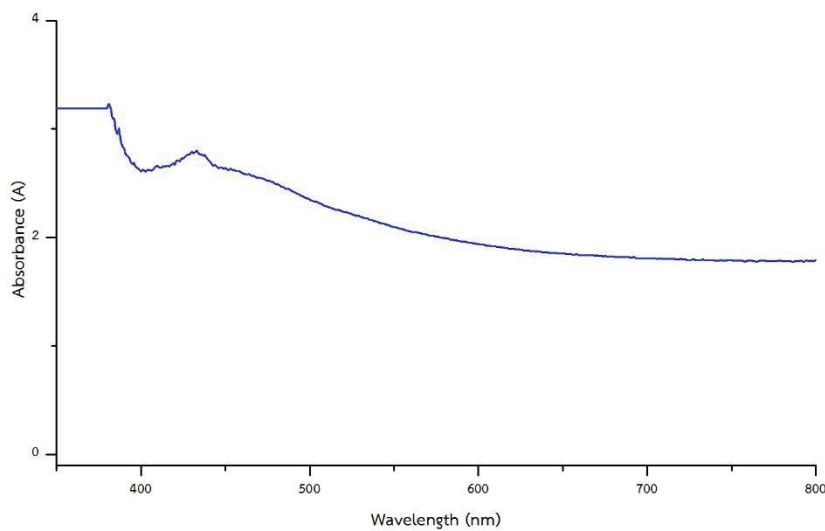
Andradite: 11.98

Almandine: 0.00

Pyrope: 5.73

Spessartine: 0.20

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GG 06

Identification: Natural Grossular/Andradite Garnet

Tradename: Mali Garnet

Shape: Oval

Weight: 7.26 carat

Cutting: Cabochon

Color: greenish Yellow

R.I. 1.76 (spot reading)

Dimension: 10.12 x 12.24 x 5.95 mm.

S.G. 3.64

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Semi-Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 96.14 a*= -10.48 b*= 32.77

% End Member

Uvarovite: 0.13

Grossular: 74.36

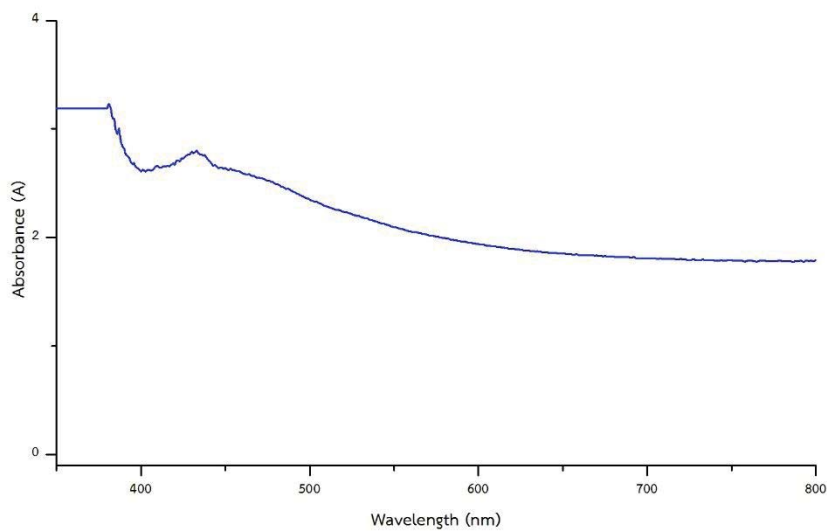
Andradite: 16.40

Almandine: 0.00

Pyrope: 8.79

Spessartine: 0.33

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GG 07

Identification: Natural Grossular/Andradite Garnet

Tradename: Mali Garnet

Shape: Oval

Weight: 7.76 carat

Cutting: Cabochon

Color: greenish Yellow

R.I. 1.76 (spot reading)

Dimension: 10.53 x 12.83 x 5.85 mm.

S.G. 3.64

Optic Character: Anormalous Double Refraction

Transparency: Semi-Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 62.19 a*= -7.70 b*= 25.62

% End Member

Uvarovite: 0.09

Grossular: 80.71

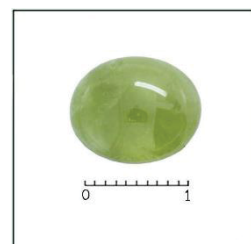
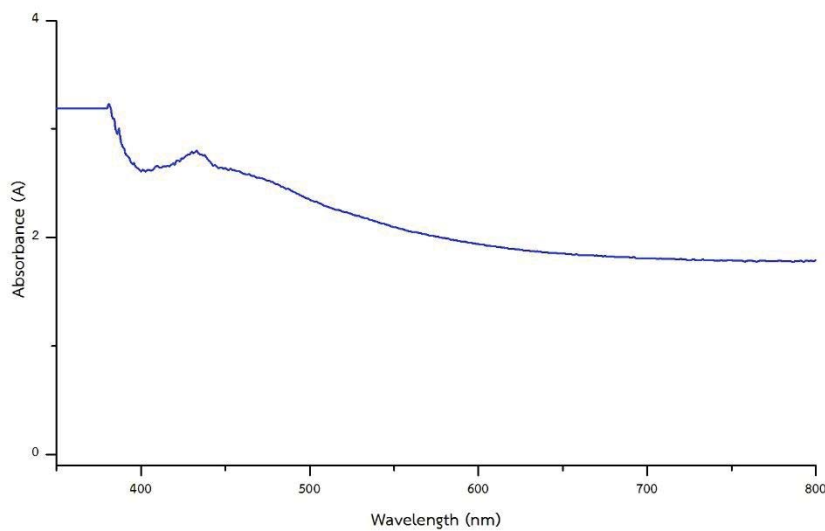
Andradite: 13.96

Almandine: 0.00

Pyrope: 4.94

Spessartine: 0.30

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GG 08

Identification: Natural Grossular/Andradite Garnet

Tradename: Mali Garnet

Shape: Oval

Weight: 5.28 carat

Cutting: Cabochon

Color: greenish Yellow

R.I. 1.76 (spot reading)

Dimension: 8.84 x 11.05 x 5.42 mm.

S.G. 3.65

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Semi-Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 47.88 a* = -4.38 b* = 24.63

% End Member

Uvarovite: 0.06

Grossular: 80.28

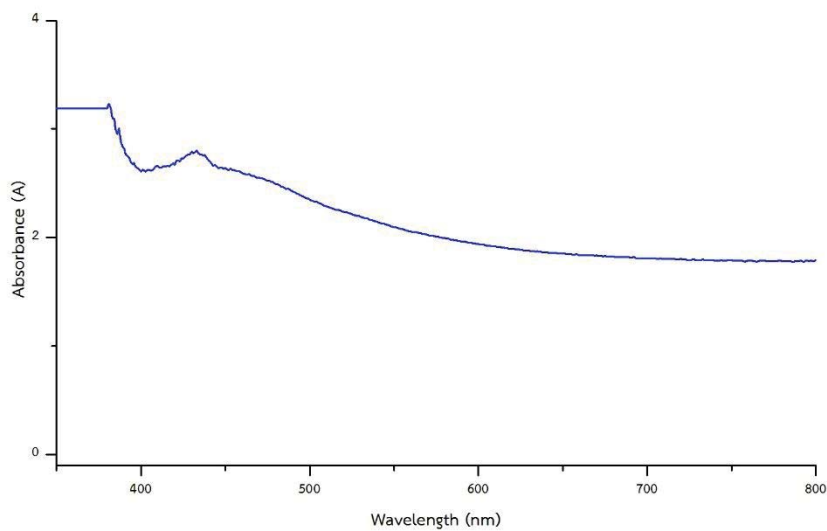
Andradite: 13.65

Almandine: 0.00

Pyrope: 5.75

Spessartine: 0.26

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GG 09

Identification: Natural Grossular/Andradite Garnet

Tradename: Mali Garnet

Shape: Pear

Weight: 6.97 carat

Cutting: Cabochon

Color: greenish Yellow

R.I. 1.76 (spot reading)

Dimension: 9.83 x 13.13 x 5.55 mm.

S.G. 3.65

Optic Character: Anormalous Double Refraction

Transparency: Semi-Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 59.58 a*= -5.16 b*= 37.65

% End Member

Uvarovite: 0.14

Grossular: 80.69

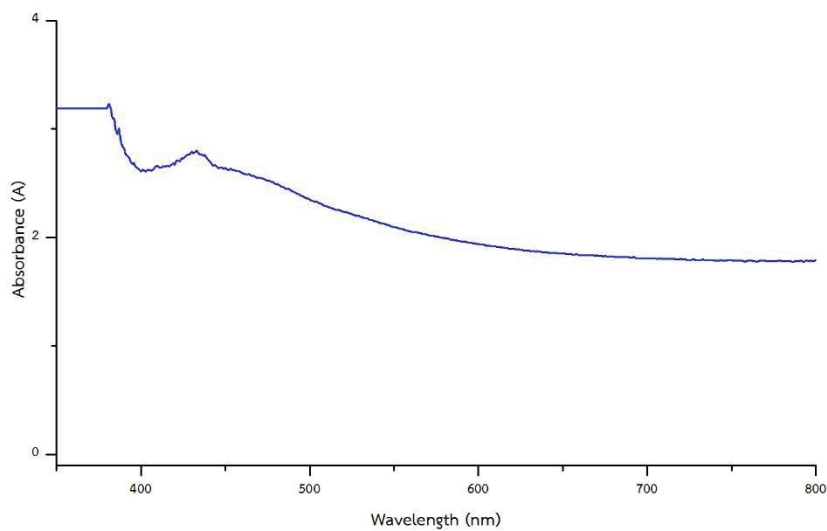
Andradite: 13.50

Almandine: 0.00

Pyrope: 5.44

Spessartine: 0.23

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GG 10

Identification: Natural Grossular/Andradite Garnet

Tradename: Mali Garnet

Shape: Oval

Weight: 7.45 carat

Cutting: Cabochon

Color: greenish Yellow

R.I. 1.76 (spot reading)

Dimension: 10.39 x 12.49 x 5.40 mm.

S.G. 3.66

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Semi-Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 66.89 a*= -8.71 b*= 30.59

% End Member

Uvarovite: 0.05

Grossular: 76.89

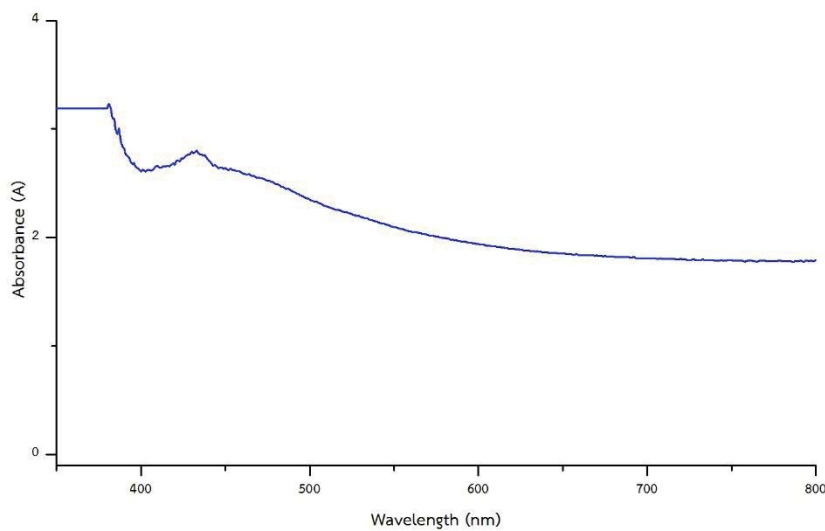
Andradite: 17.27

Almandine: 0.00

Pyrope: 5.59

Spessartine: 0.21

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GG 11

Identification: Natural Grossular/Andradite Garnet

Tradename: Mali Garnet

Shape: Oval

Weight: 8.05 carat

Cutting: Cabochon

Color: greenish Yellow

R.I. 1.76 (spot reading)

Dimension: 9.12 x 12.02 x 6.72 mm.

S.G. 3.66

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Semi-Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 28.85 a* = -2.64 b* = 32.70

% End Member

Uvarovite: 0.07

Grossular: 75.54

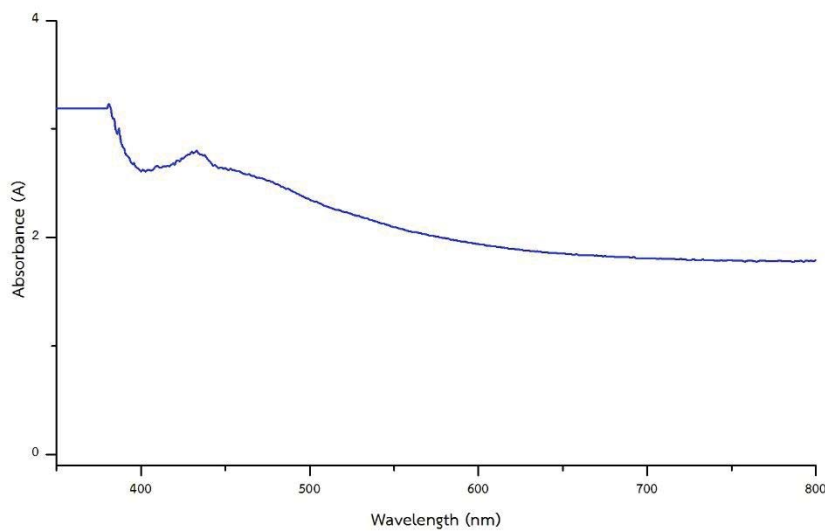
Andradite: 17.42

Almandine: 0.00

Pyrope: 6.72

Spessartine: 0.26

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GG 12

Identification: Natural Grossular/Andradite Garnet

Tradename: Mali Garnet

Shape: Oval

Weight: 8.18 carat

Cutting: Cabochon

Color: greenish Yellow

R.I. 1.76 (spot reading)

Dimension: 9.38 x 13.08 x 6.69 mm.

S.G. 3.66

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Semi-Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 43.88 a*= -5.82 b*= 33.71

% End Member

Uvarovite: 0.06

Grossular: 78.12

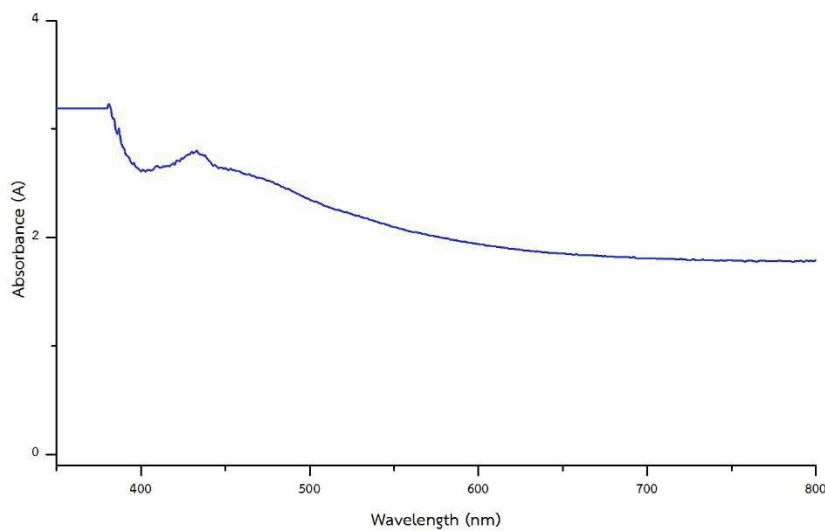
Andradite: 15.82

Almandine: 0.00

Pyrope: 5.77

Spessartine: 0.23

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GG 13

Identification: Natural Grossular/Andradite Garnet

Tradename: Mali Garnet

Shape: Pear

Weight: 1.54 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: yellowish Green

R.I. 1.762

Dimension: 6.41 x 7.82 x 4.20 mm.

S.G. 3.60

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 122.99 a*= -13.16 b*= 30.33

% End Member

Uvarovite: 0.06

Grossular: 72.04

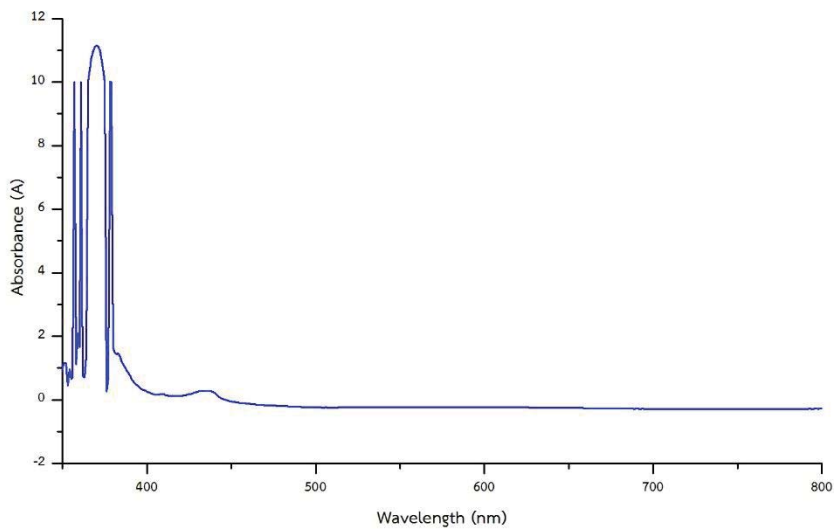
Andradite: 22.24

Almandine: 0.00

Pyrope: 5.42

Spessartine: 0.24

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GG 14

Identification: Natural Grossular/Andradite Garnet

Tradename: Mali Garnet

Shape: Oval

Weight: 0.98 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: greenish Yellow

R.I. 1.763

Dimension: 5.49 x 6.45 x 3.50 mm.

S.G. 3.67

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 126.15 a*= -11.78 b*= 24.46

% End Member

Uvarovite: 0.06

Grossular: 72.52

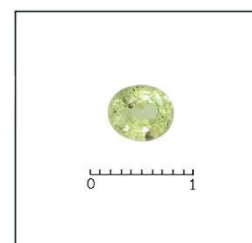
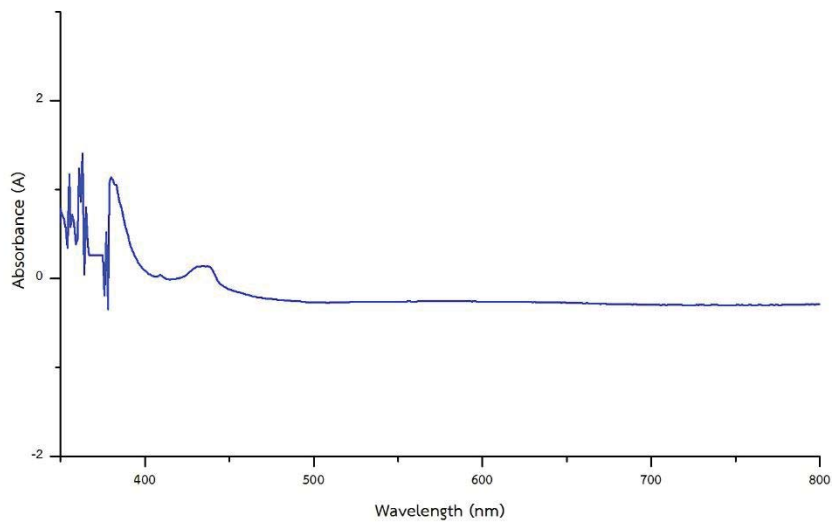
Andradite: 22.04

Almandine: 0.00

Pyrope: 5.15

Spessartine: 0.24

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GG 15

Identification: Natural Grossular/Andradite Garnet

Tradename: Mali Garnet

Shape: Oval

Weight: 1.62 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: yellowish Green

R.I. 1.764

Dimension: 6.32 x 8.47 x 3.61 mm.

S.G. 3.65

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 99.14 a*= -13.79 b*= 37.44

% End Member

Uvarovite: 0.10

Grossular: 73.72

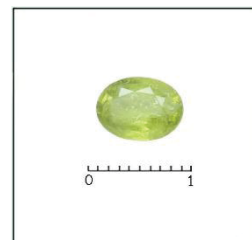
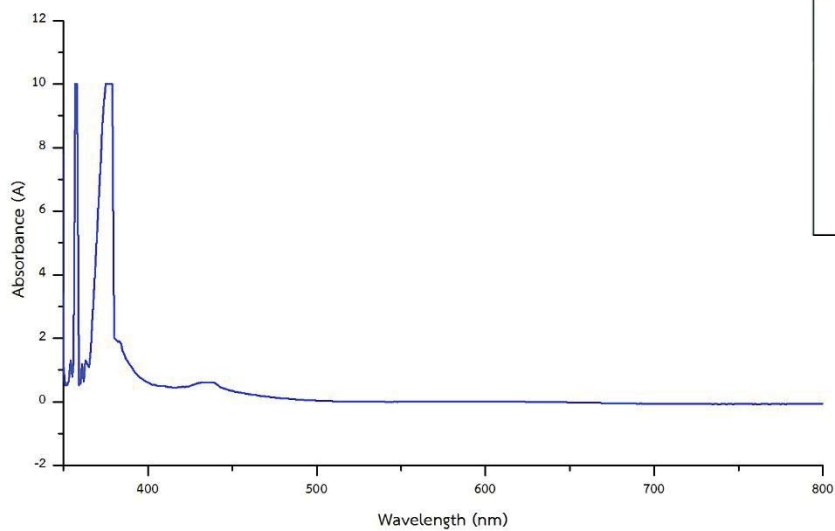
Andradite: 20.15

Almandine: 0.00

Pyrope: 5.84

Spessartine: 0.19

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GG 16

Identification: Natural Grossular/Andradite Garnet

Tradename: Mali Garnet

Shape: Pear

Weight: 1.23 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: greenish Yellow

R.I. 1.770

Dimension: 5.45 x 7.58 x 3.61 mm.

S.G. 3.61

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 113.99 a*= -12.84 b*= 37.55

% End Member

Uvarovite: 0.06

Grossular: 69.17

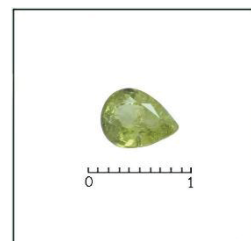
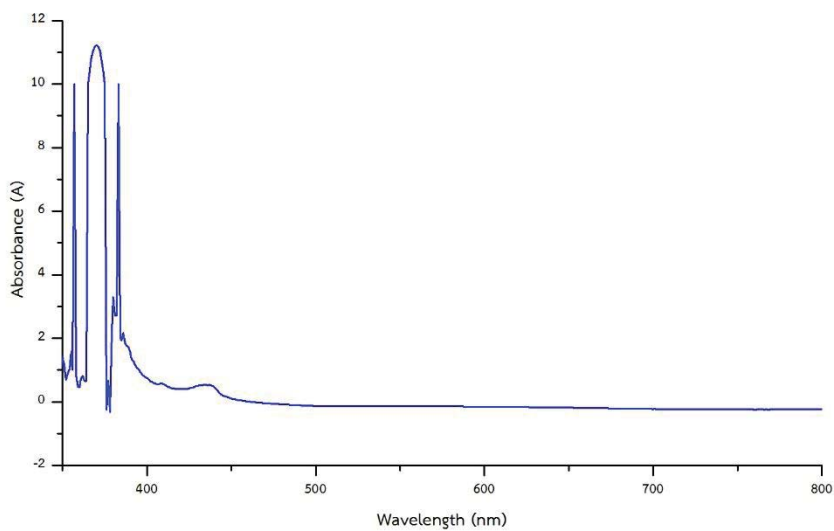
Andradite: 25.25

Almandine: 0.00

Pyrope: 5.12

Spessartine: 0.41

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GG 17

Identification: Natural Grossular/Andradite Garnet

Tradename: Mali Garnet

Shape: Oval

Weight: 1.09 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: greenish Yellow

R.I. 1.759

Dimension: 5.30 x 6.87 x 3.72 mm.

S.G. 3.63

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 121.89 a*= -10.37 b*= 25.85

% End Member

Uvarovite: 0.06

Grossular: 76.50

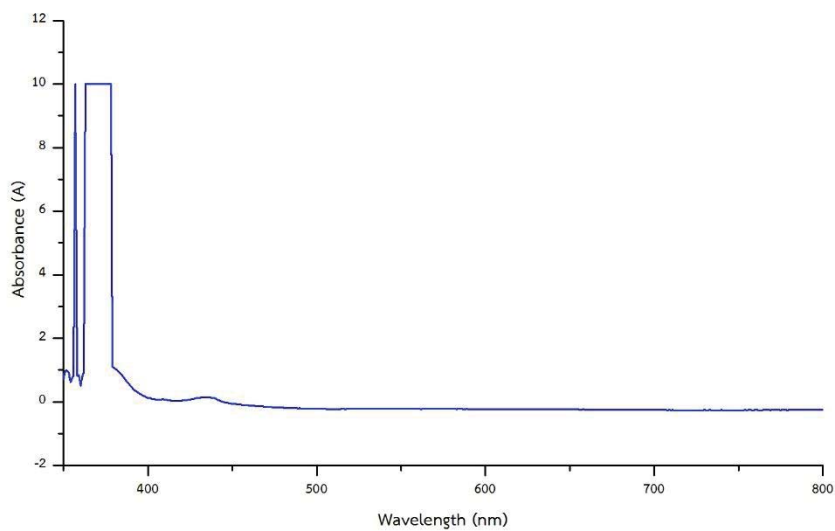
Andradite: 16.92

Almandine: 0.00

Pyrope: 6.24

Spessartine: 0.29

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GG 18

Identification: Natural Grossular/Andradite Garnet

Tradename: Mali Garnet

Shape: Oval

Weight: 1.32 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: greenish Yellow

R.I. 1.759

Dimension: 5.51 x 7.11 x 4.07 mm.

S.G. 3.68

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 100.90 a*= -8.05 b*= 45.90

% End Member

Uvarovite: 0.14

Grossular: 72.76

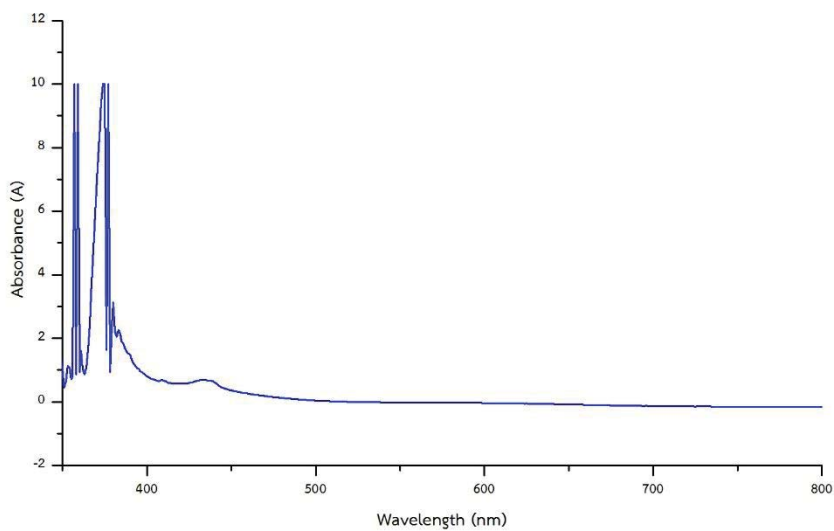
Andradite: 19.32

Almandine: 0.00

Pyrope: 7.39

Spessartine: 0.38

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GG 19

Identification: Natural Grossular/Andradite Garnet

Tradename: Mali Garnet

Shape: Oval

Weight: 4.55 carat

Cutting: Cabochon

Color: greenish Yellow

R.I. 1.76 (spot reading)

Dimension: 9.38 x 12.92 x 3.53 mm.

S.G. 3.66

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Semi-Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 59.49 a* = -6.38 b* = 32.17

% End Member

Uvarovite: 0.07

Grossular: 75.12

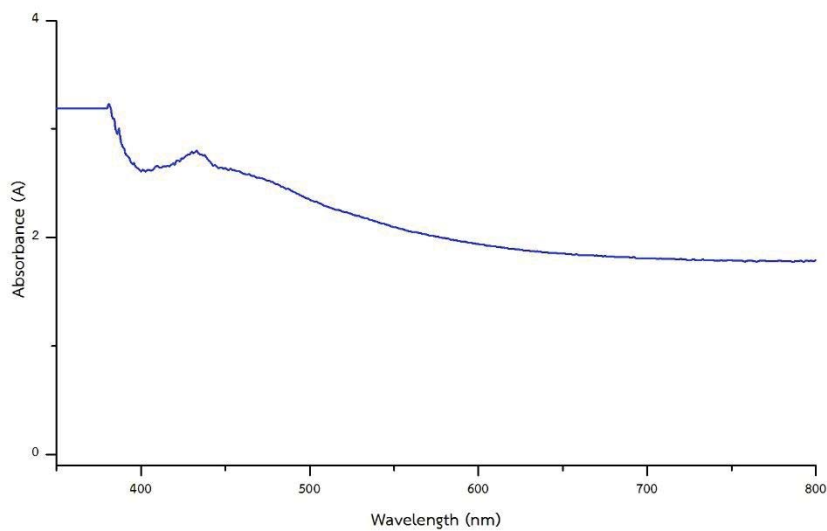
Andradite: 18.18

Almandine: 0.00

Pyrope: 6.43

Spessartine: 0.21

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GG 20

Identification: Natural Grossular/Andradite Garnet

Tradename: Mali Garnet

Shape: Oval

Weight: 1.49 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: greenish Yellow

R.I. 1.768

Dimension: 5.74 x 6.90 x 4.66 mm.

S.G. 3.68

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 112.17 a*= -14.82 b*= 44.98

% End Member

Uvarovite: 0.54

Grossular: 71.33

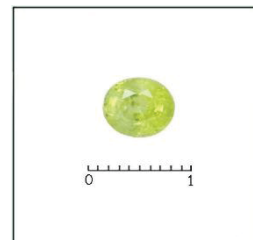
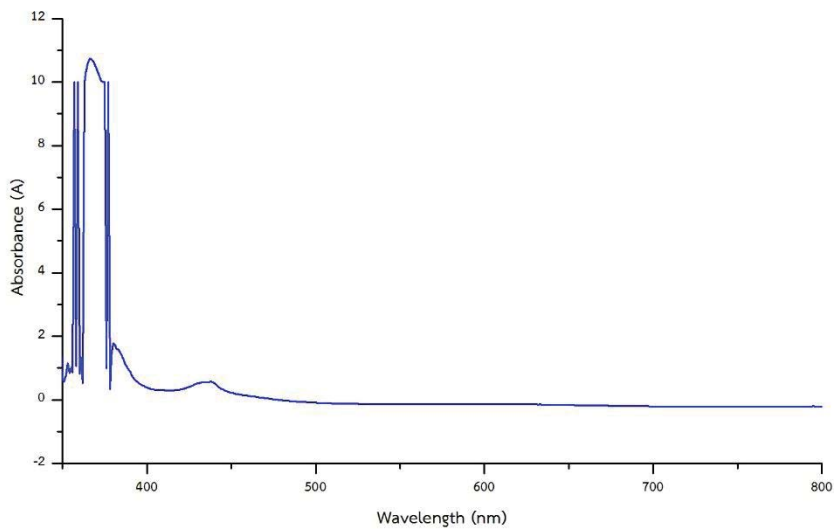
Andradite: 22.42

Almandine: 0.00

Pyrope: 5.62

Spessartine: 0.10

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GG 21

Identification: Natural Grossular/Andradite Garnet

Tradename: Mali Garnet

Shape: Oval

Weight: 1.36 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: greenish Yellow

R.I. 1.768

Dimension: 5.71 x 7.16 x 4.12 mm.

S.G. 3.69

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 99.62 a*= -10.62 b*= 38.09

% End Member

Uvarovite: 0.04

Grossular: 71.13

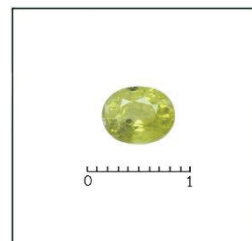
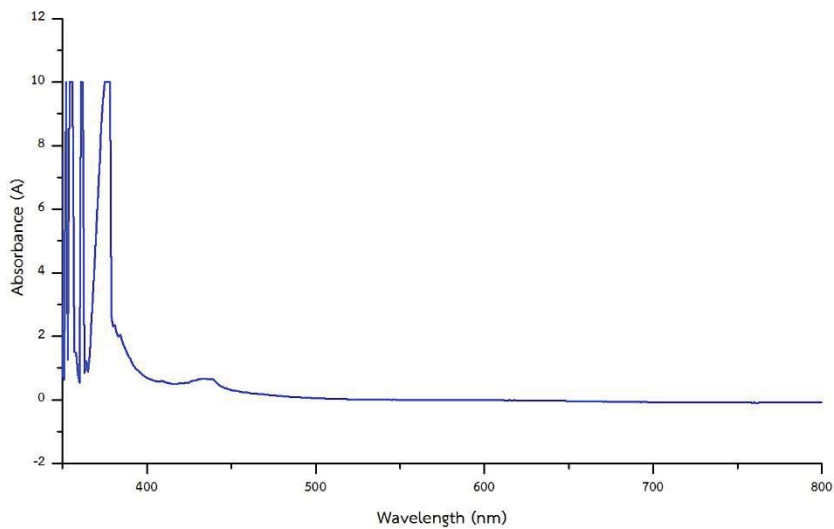
Andradite: 22.85

Almandine: 0.00

Pyrope: 5.72

Spessartine: 0.26

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GG 22

Identification: Natural Grossular/Andradite Garnet

Tradename: Mali Garnet

Shape: Oval

Weight: 1.66 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: yellowish Green

R.I. 1.769

Dimension: 6.12 x 7.32 x 4.30 mm

S.G. 3.66

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 100.27 a*= -14.74 b*= 62.90

% End Member

Uvarovite: 0.13

Grossular: 72.85

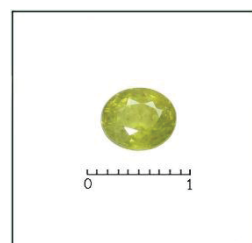
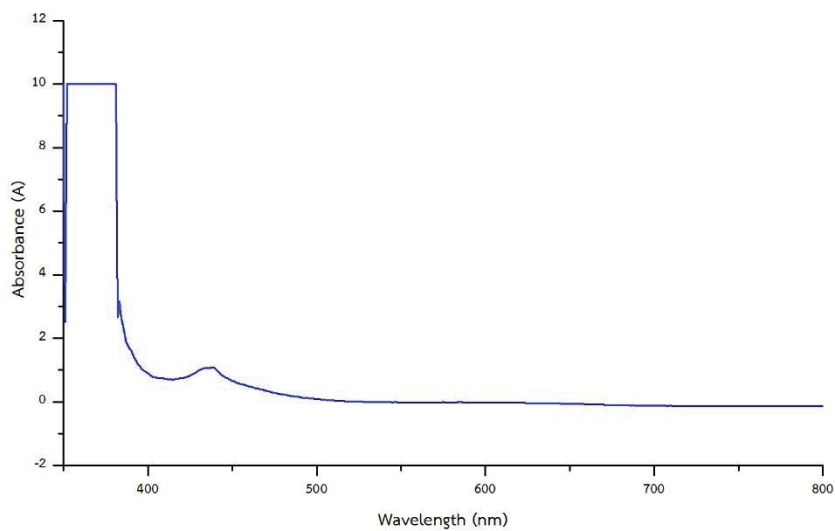
Andradite: 21.22

Almandine: 0.00

Pyrope: 5.64

Spessartine: 0.16

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GG 23

Identification: Natural Grossular/Andradite Garnet

Tradename: Mali Garnet

Shape: Oval Weight: 1.35 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Yellow R.I. 1.760

Dimension: 5.75 x 6.98 x 4.19 mm. S.G. 3.66

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

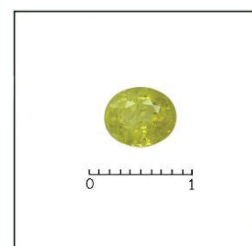
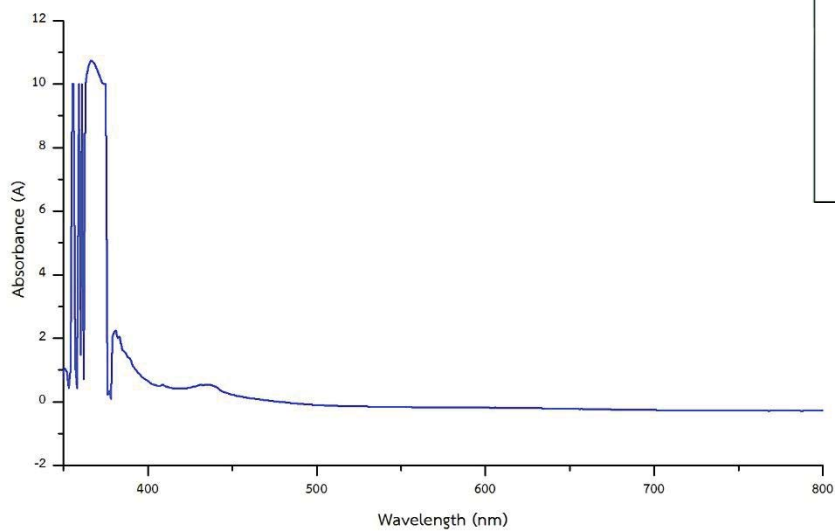
CIE color L* a* b* : L* = 115.23 a*= -11.07 b*= 50.16

% End Member

Uvarovite: 0.12 Grossular: 74.84 Andradite: 18.86

Almandine: 0.00 Pyrope: 5.82 Spessartine: 0.36

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GG 24

Identification: Natural Grossular/Andradite Garnet

Tradename: Mali Garnet

Shape: Oval

Weight: 1.49 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Yellow

R.I. 1.769

Dimension: 6.13 x 7.57 x 3.96 mm.

S.G. 3.67

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 99.48 a*= -9.07 b*= 33.64

% End Member

Uvarovite: 0.08

Grossular: 68.37

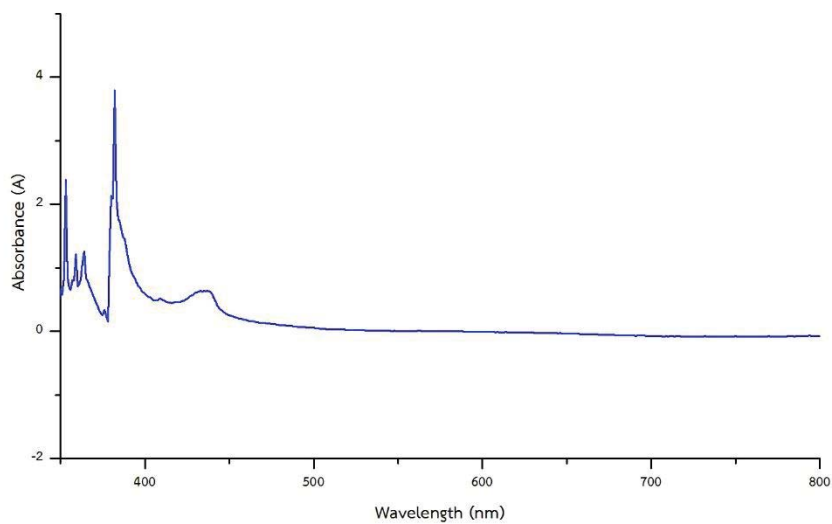
Andradite: 25.01

Almandine: 0.00

Pyrope: 4.95

Spessartine: 1.60

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GG 25

Identification: Natural Grossular/Andradite Garnet

Tradename: Mali Garnet

Shape: Oval

Weight: 1.37 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Yellow

R.I. 1.770

Dimension: 5.89 x 7.18 x 4.05 mm.

S.G. 3.65

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 107.58 a*= -7.60 b*= 57.42

% End Member

Uvarovite: 0.05

Grossular: 69.55

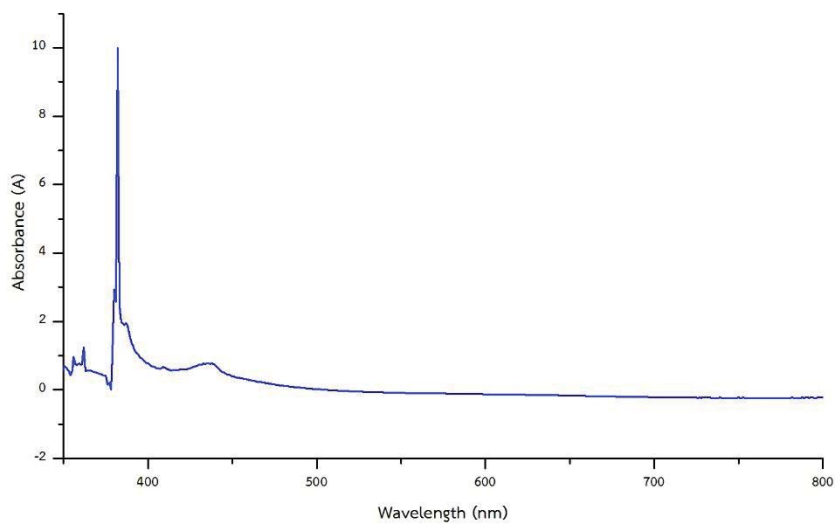
Andradite: 24.15

Almandine: 0.00

Pyrope: 5.93

Spessartine: 0.32

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GG 26

Identification: Natural Grossular/Andradite Garnet

Tradename: Mali Garnet

Shape: Oval

Weight: 1.55 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Yellow

R.I. 1.770

Dimension: 6.02 x 6.82 x 4.41 mm.

S.G. 3.65

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 107.16 a*= -8.75 b*= 61.79

% End Member

Uvarovite: 0.09

Grossular: 69.16

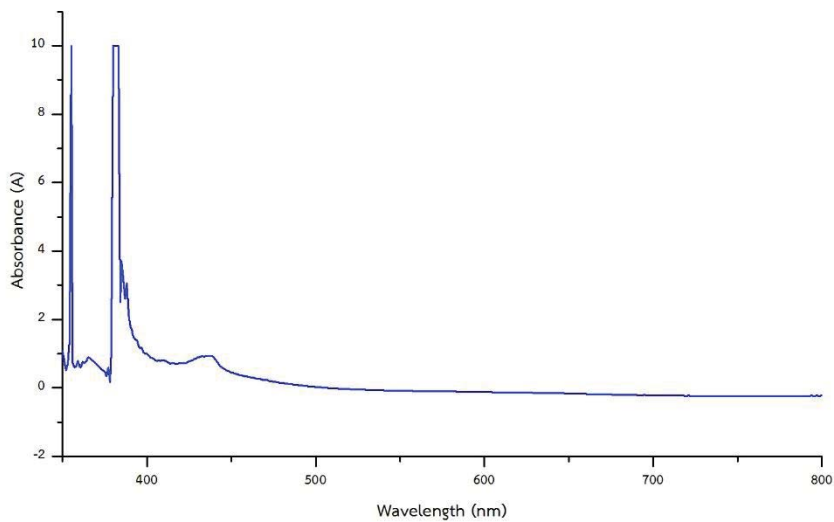
Andradite: 25.02

Almandine: 0.00

Pyrope: 5.46

Spessartine: 0.26

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GG 27

Identification: Natural Grossular/Andradite Garnet

Tradename: Mali Garnet

Shape: Oval

Weight: 1.50 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Yellow

R.I. 1.771

Dimension: 6.00 x 7.33 x 4.20 mm.

S.G. 3.68

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 96.53 a*= -8.28 b*= 66.18

% End Member

Uvarovite: 0.08

Grossular: 66.01

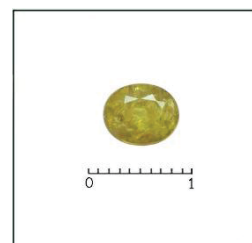
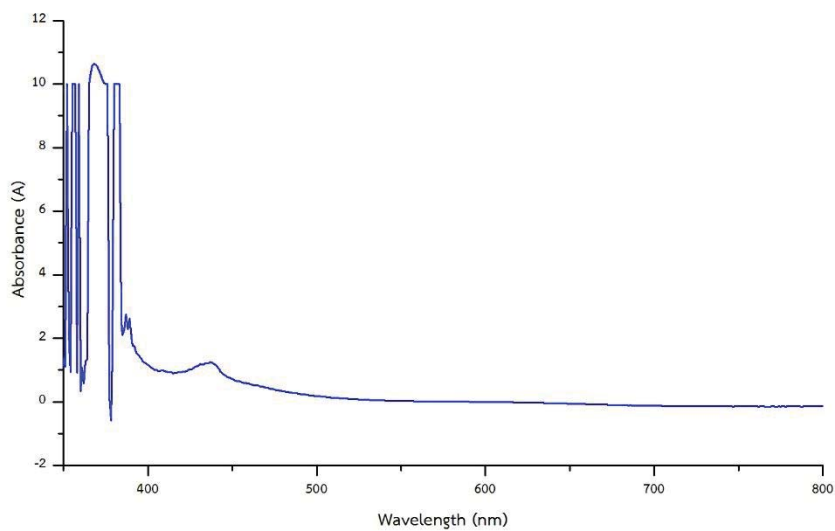
Andradite: 27.87

Almandine: 0.00

Pyrope: 5.82

Spessartine: 0.22

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GH 01

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Hessonite

Shape: Rectangular

Weight: 0.84 carat

Cutting: Step Cut

Color: yellowish Orange

R.I. 1.738

Dimension: 4.99 x 7.06 x 2.45 mm.

S.G. 3.61

Optic Character: Single Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 91.89 a*= 11.26 b*= 47.23

% End Member

Uvarovite: 0.05

Grossular: 88.58

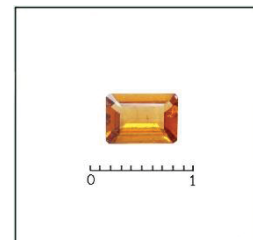
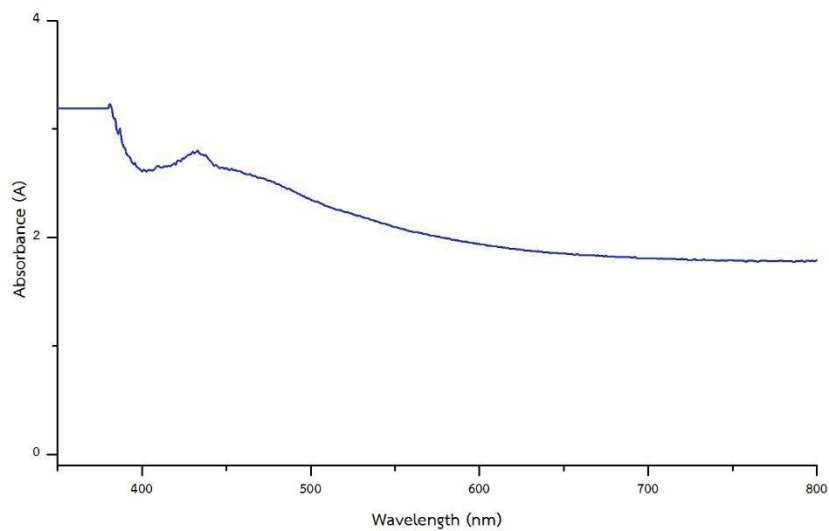
Andradite: 7.33

Almandine: 0.00

Pyrope: 3.54

Spessartine: 0.49

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GH 02

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Hessonite

Shape: Oval Weight: 0.61 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Yellow R.I. 1.739

Dimension: 4.56 x 5.73 x 2.78 mm. S.G. 3.65

Optic Character: Anomalous Double Refraction

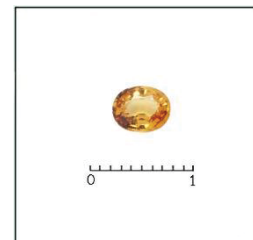
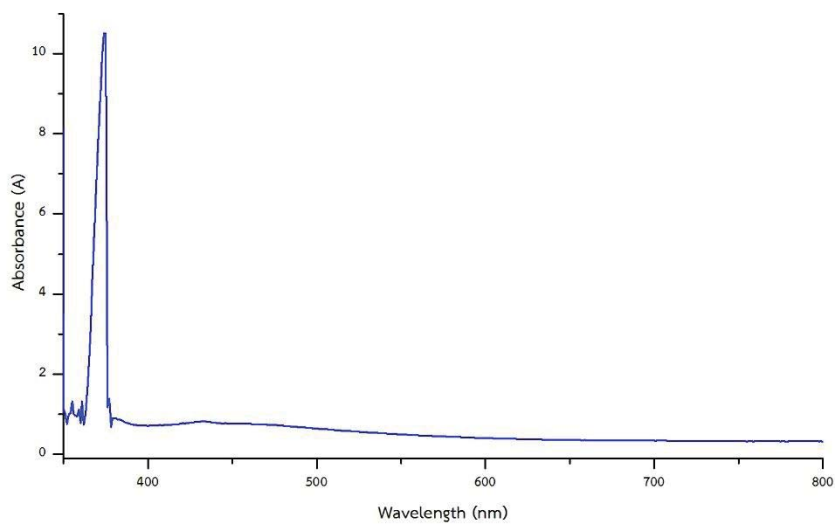
Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 101.31 a*= 8.15 b*= 36.65

% End Member

Uvarovite: 0.05 Grossular: 94.12 Andradite: 0.00
Almandine: 0.00 Pyrope: 5.72 Spessartine: 0.11

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GH 03

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Hessonite

Shape: Oval

Weight: 2.23 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: yellowish Orange

R.I. 1.740

Dimension: 6.89 x 8.83 x 4.78 mm.

S.G. 3.63

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Semi-Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 95.56 a*= 16.25 b*= 62.55

% End Member

Uvarovite: 0.04

Grossular: 88.35

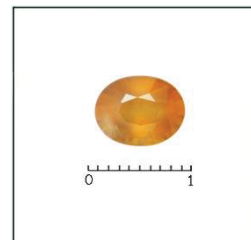
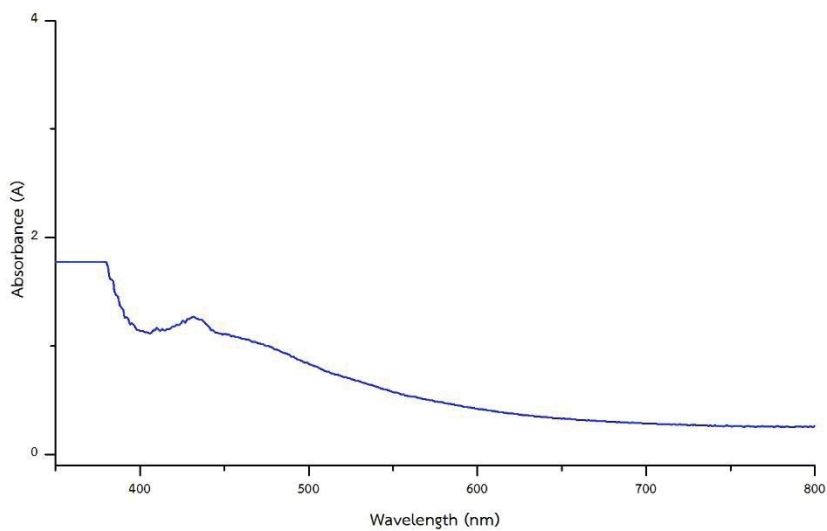
Andradite: 8.80

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.45

Spessartine: 0.35

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GH 04

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Hessonite

Shape: Oval

Weight: 2.02 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: yellowish Orange

R.I. 1.740

Dimension: 6.46 x 8.62 x 4.33 mm.

S.G. 3.65

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Semi-Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 87.19 a*= 13.72 b*= 54.83

% End Member

Uvarovite: 0.07

Grossular: 86.56

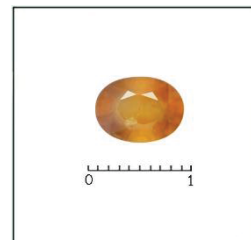
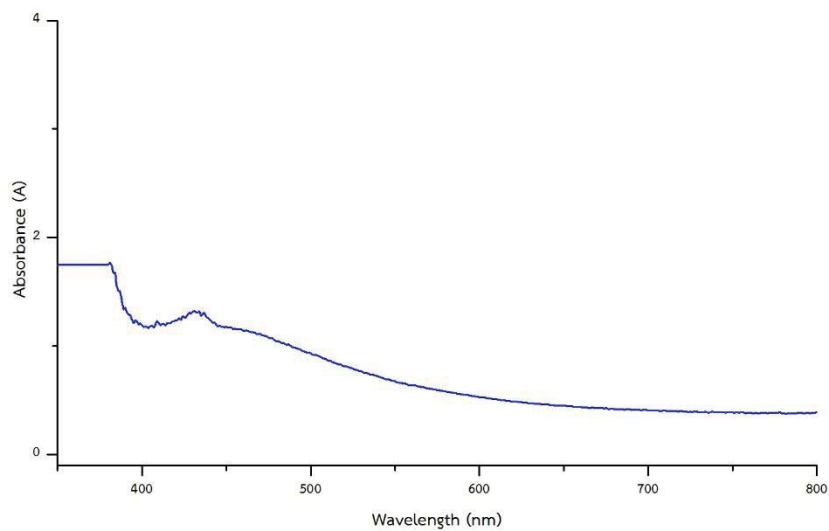
Andradite: 9.35

Almandine: 0.00

Pyrope: 3.61

Spessartine: 0.41

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GH 05

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Hessonite

Shape: Oval

Weight: 0.62 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Orange

R.I. 1.740

Dimension: 4.55 x 5.17 x 2.97 mm.

S.G. 3.67

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 86.98 a*= 22.06 b*= 64.19

% End Member

Uvarovite: 0.05

Grossular: 96.07

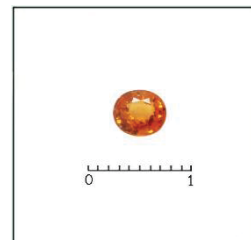
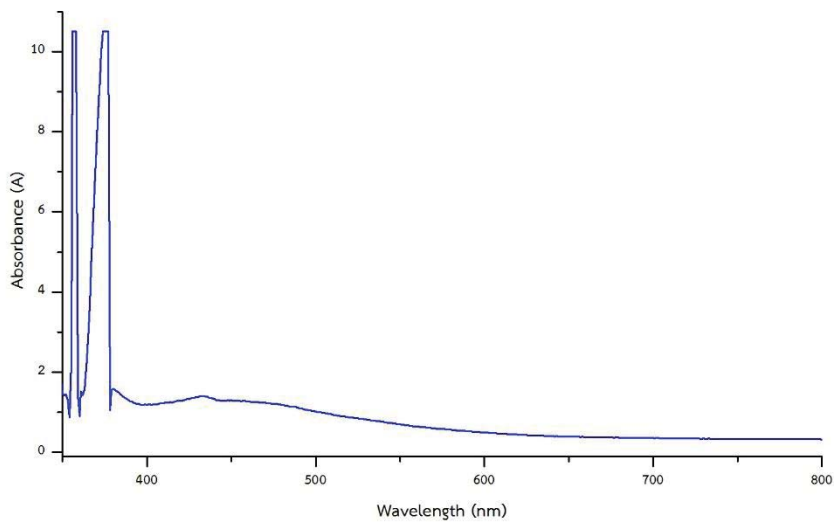
Andradite: 0.00

Almandine: 0.00

Pyrope: 3.58

Spessartine: 0.31

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GH 06

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Hessonite

Shape: Rectangular

Weight: 0.52 carat

Cutting: Step Cut

Color: yellowish Orange

R.I. 1.740

Dimension: 3.92 x 5.88 x 2.30 mm.

S.G. 3.73

Optic Character: Single Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 75.22 a*= 13.27 b*= 44.57

% End Member

Uvarovite: 0.52

Grossular: 82.58

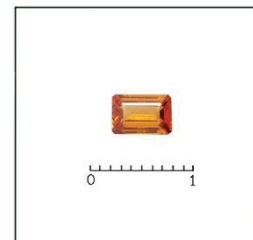
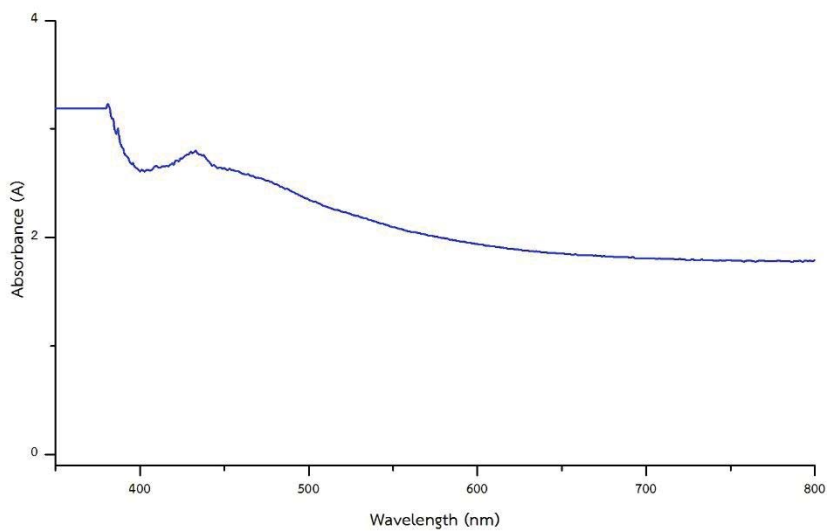
Andradite: 11.83

Almandine: 0.00

Pyrope: 4.75

Spessartine: 0.31

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GH 07

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Hessonite

Shape: Oval

Weight: 2.14 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: yellowish Orange

R.I. 1.741

Dimension: 7.10 x 8.98 x 4.28 mm.

S.G. 3.63

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Semi-Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 97.23 a*= 13.01 b*= 55.54

% End Member

Uvarovite: 0.03

Grossular: 86.60

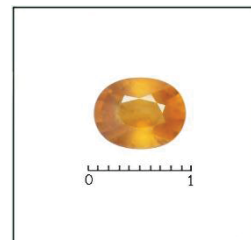
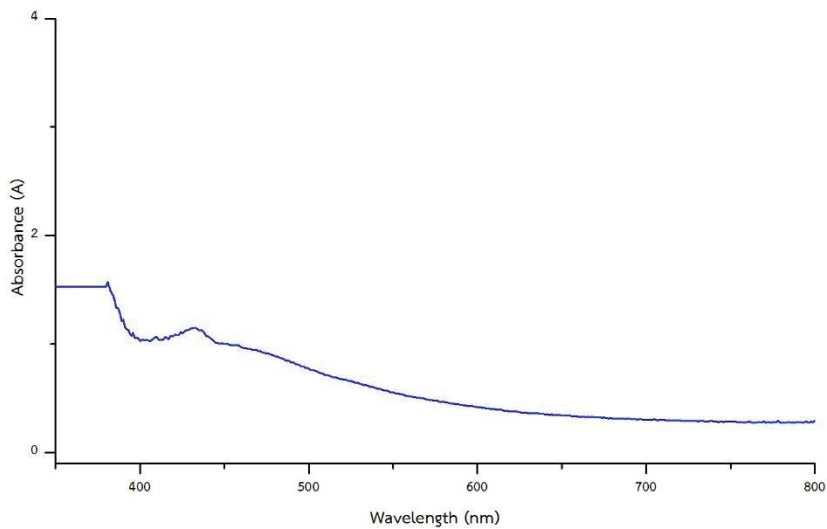
Andradite: 9.73

Almandine: 0.00

Pyrope: 3.13

Spessartine: 0.51

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GH 08

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Hessonite

Shape: Oval

Weight: 0.54 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: yellowish Orange

R.I. 1.741

Dimension: 4.79 x 5.83 x 2.28 mm.

S.G. 3.64

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 97.63 a*= 7.73 b*= 35.63

% End Member

Uvarovite: 0.06

Grossular: 94.63

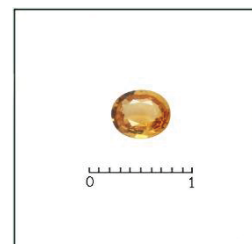
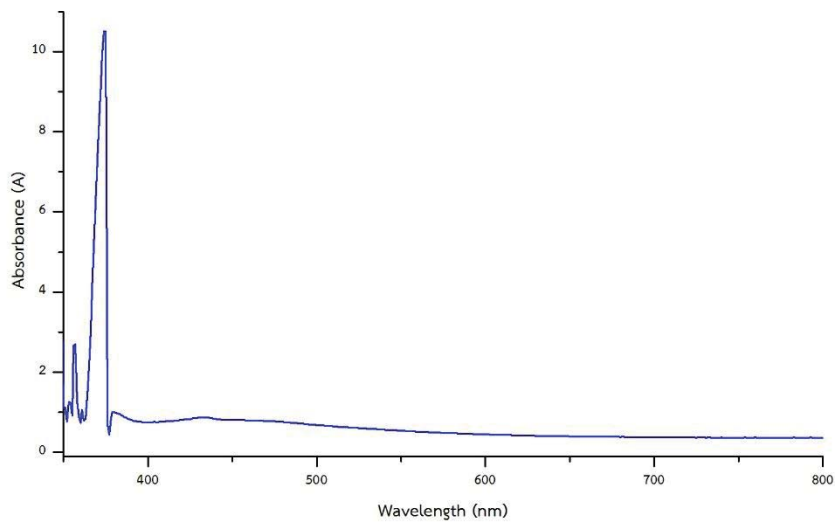
Andradite: 0.00

Almandine: 0.00

Pyrope: 5.17

Spessartine: 0.14

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GH 09

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Hessonite

Shape: Round Weight: 0.48 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Orange R.I. 1.741

Dimension: 4.54 x 4.53 x 3.06 mm. S.G. 3.69

Optic Character: Anomalous Double Refraction

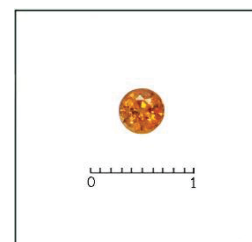
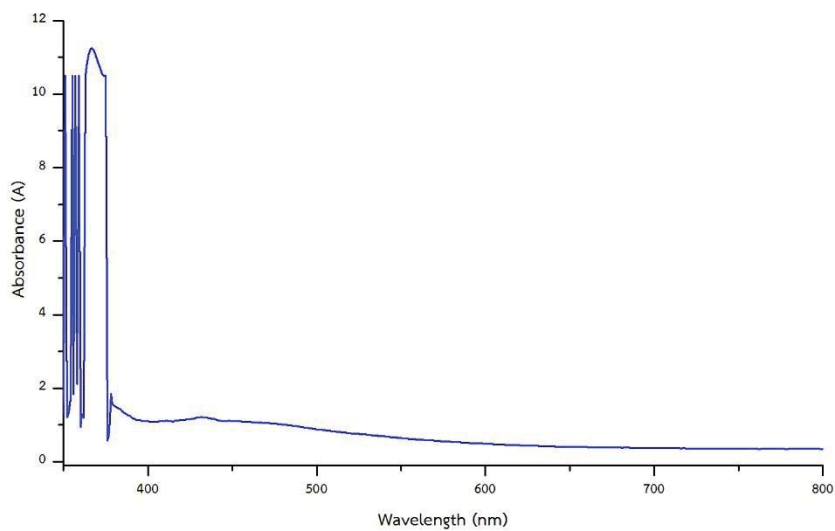
Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 90.26 a*= 15.58 b*= 53.73

% End Member

Uvarovite: 0.05 Grossular: 95.96 Andradite: 0.00
Almandine: 0.00 Pyrope: 3.59 Spessartine: 0.40

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GH 10

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Hessonite

Shape: Rectangular

Weight: 0.68 carat

Cutting: Step Cut

Color: yellowish Orange

R.I. 1.742

Dimension: 4.09 x 6.22 x 2.61 mm.

S.G. 3.59

Optic Character: Single Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 84.37 a*= 15.72 b*= 54.83

% End Member

Uvarovite: 0.09

Grossular: 87.76

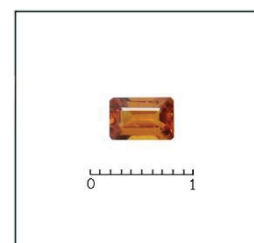
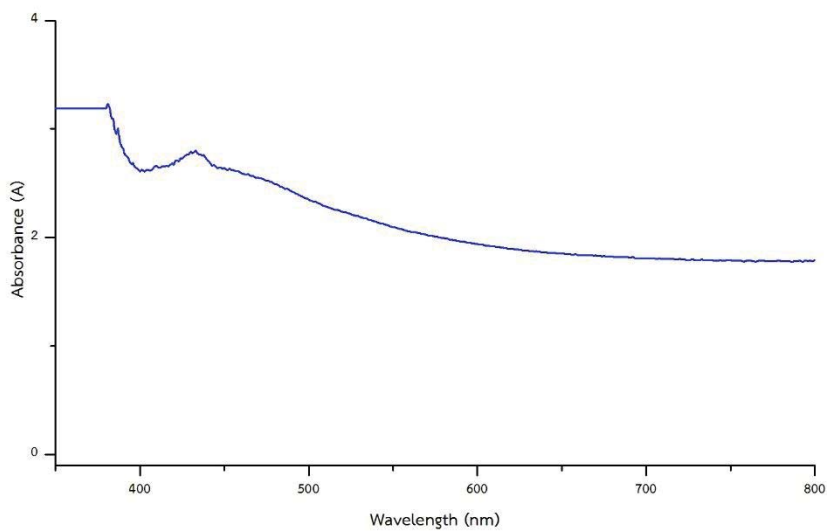
Andradite: 8.96

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.90

Spessartine: 0.29

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GH 11

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Hessonite

Shape: Rectangular

Weight: 0.65 carat

Cutting: Step Cut

Color: yellowish Orange

R.I. 1.742

Dimension: 4.06 x 6.13 x 2.52 mm.

S.G. 3.65

Optic Character: Single Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 75.77 a*= 13.58 b*= 43.54

% End Member

Uvarovite: 0.04

Grossular: 88.54

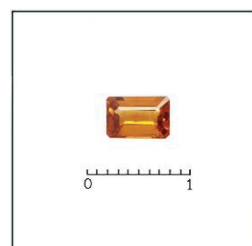
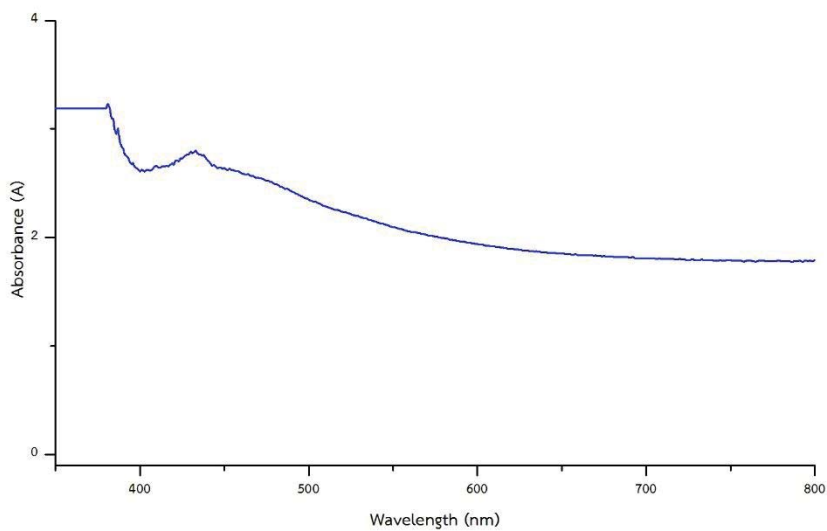
Andradite: 8.74

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.38

Spessartine: 0.30

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GH 12

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Hessonite

Shape: Rectangular

Weight: 0.65 carat

Cutting: Step Cut

Color: yellowish Orange

R.I. 1.742

Dimension: 4.07 x 6.10 x 2.51 mm.

S.G. 3.66

Optic Character: Single Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 77.52 a*= 18.78 b*= 58.19

% End Member

Uvarovite: 0.00

Grossular: 84.59

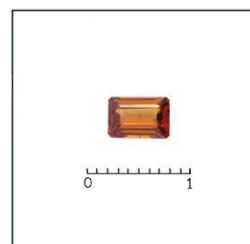
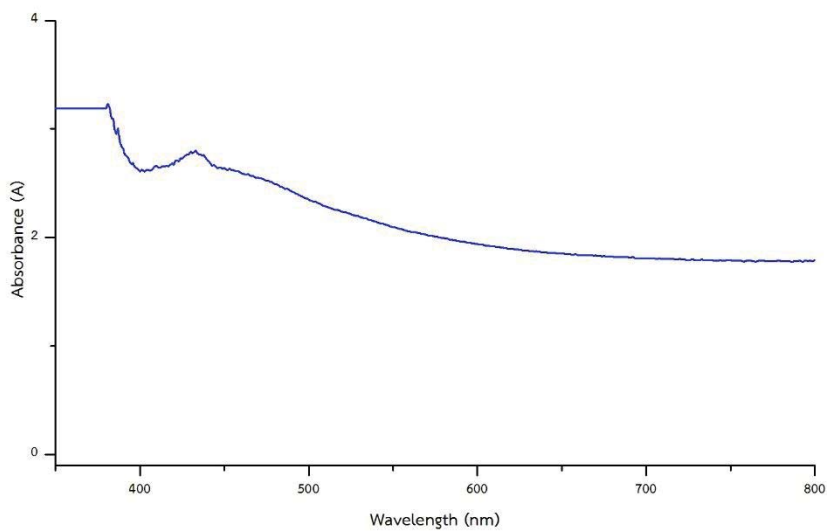
Andradite: 10.32

Almandine: 0.00

Pyrope: 4.78

Spessartine: 0.31

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GH 13

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Hessonite

Shape: Rectangular

Weight: 0.77 carat

Cutting: Step Cut

Color: yellowish Orange

R.I. 1.742

Dimension: 4.13 x 6.25 x 2.92 mm.

S.G. 3.69

Optic Character: Single Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 78.87 a*= 20.46 b*= 58.13

% End Member

Uvarovite: 0.05

Grossular: 88.13

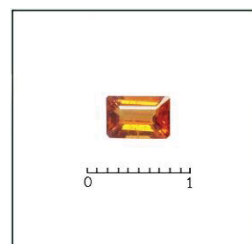
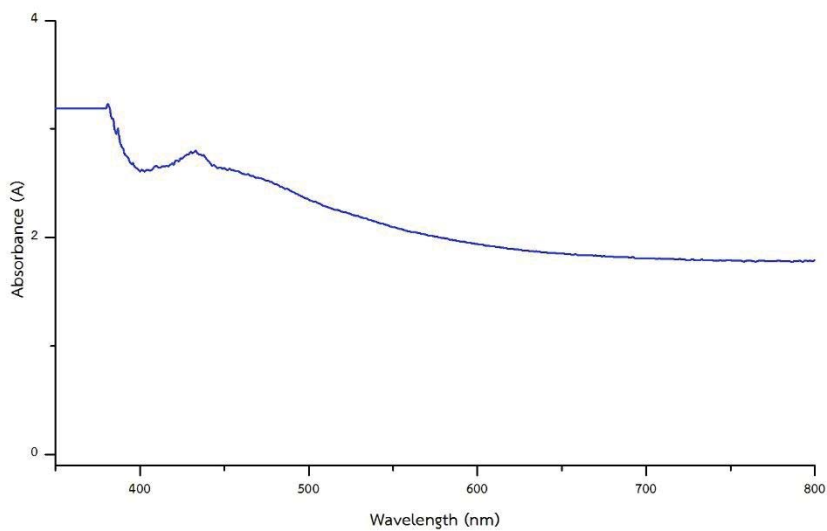
Andradite: 8.76

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.78

Spessartine: 0.28

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GH 14

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Hessonite

Shape: Oval

Weight: 0.91 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: yellowish Orange

R.I. 1.742

Dimension: 4.92 x 5.86 x 3.87 mm.

S.G. 3.70

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 105.32 a*= 11.86 b*= 48.80

% End Member

Uvarovite: 0.07

Grossular: 94.17

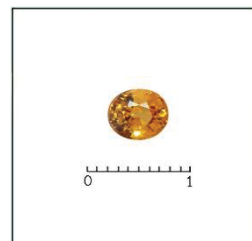
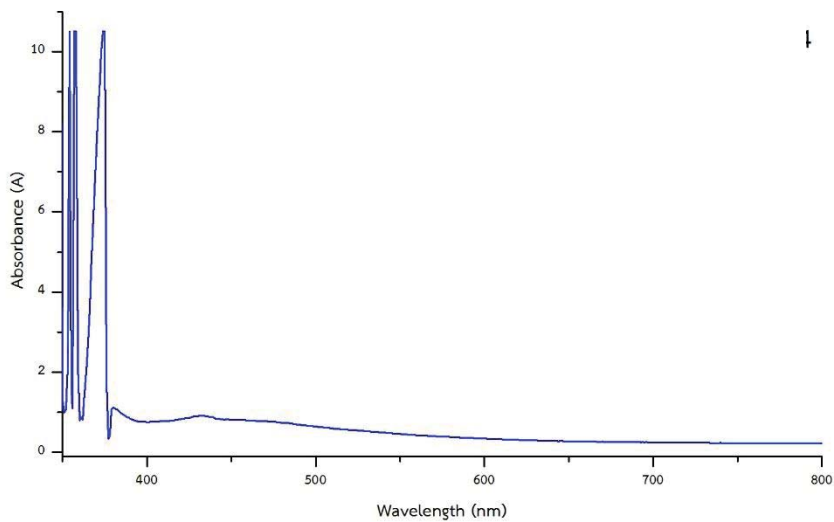
Andradite: 0.00

Almandine: 0.00

Pyrope: 5.63

Spessartine: 0.14

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GH 15

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Hessonite

Shape: Oval

Weight: 0.70 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: yellowish Orange

R.I. 1.742

Dimension: 4.91 x 5.83 x 2.80 mm.

S.G. 3.71

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 92.59 a*= 16.30 b*= 55.40

% End Member

Uvarovite: 0.04

Grossular: 86.45

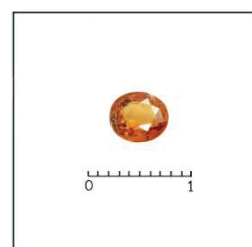
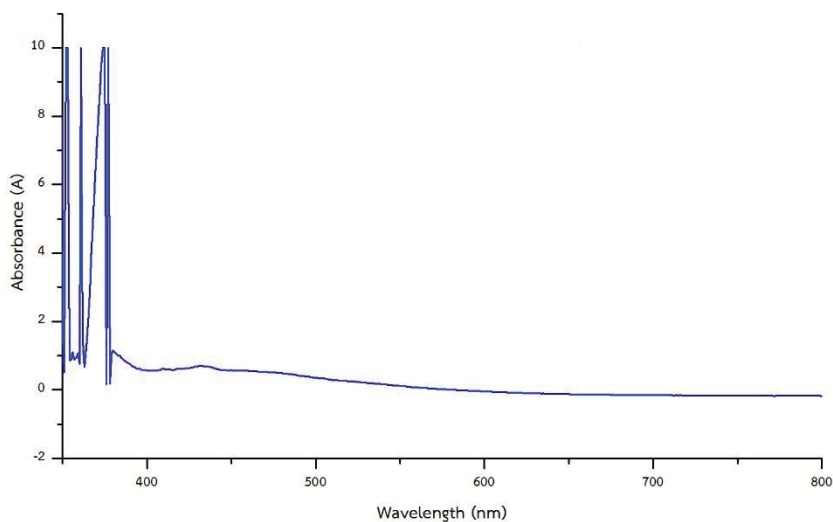
Andradite: 9.90

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.83

Spessartine: 0.78

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GH 16

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Hessonite

Shape: Oval

Weight: 0.41 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Orange

R.I. 1.742

Dimension: 4.11 x 4.99 x 2.42 mm.

S.G. 3.77

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 82.27 a*= 16.23 b*= 52.59

% End Member

Uvarovite: 0.05

Grossular: 96.67

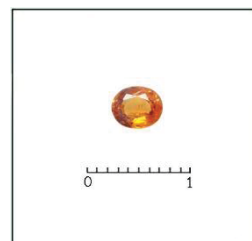
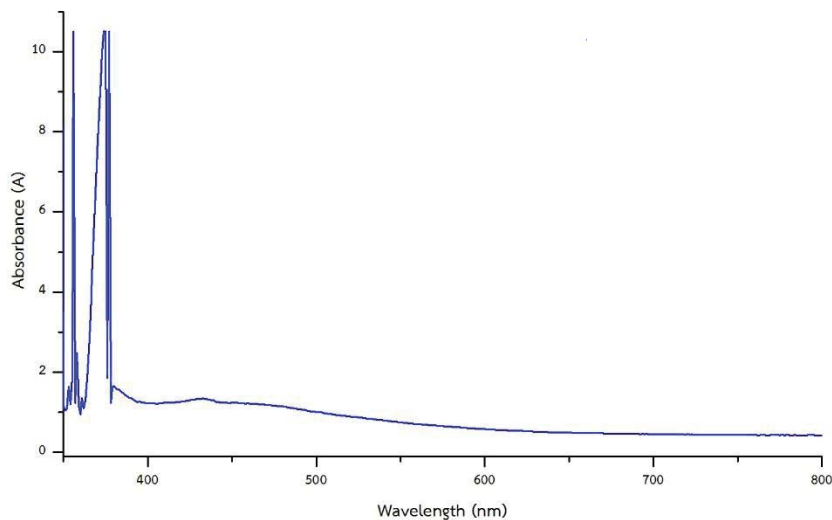
Andradite: 0.00

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.94

Spessartine: 0.34

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GH 17

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Hessonite

Shape: Rectangular

Weight: 0.96 carat

Cutting: Step Cut

Color: yellowish Orange

R.I. 1.744

Dimension: 5.14 x 7.08 x 2.85 mm.

S.G. 3.68

Optic Character: Single Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 84.82 a*= 16.59 b*= 52.21

% End Member

Uvarovite: 0.04

Grossular: 87.13

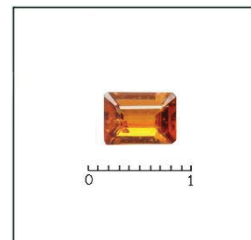
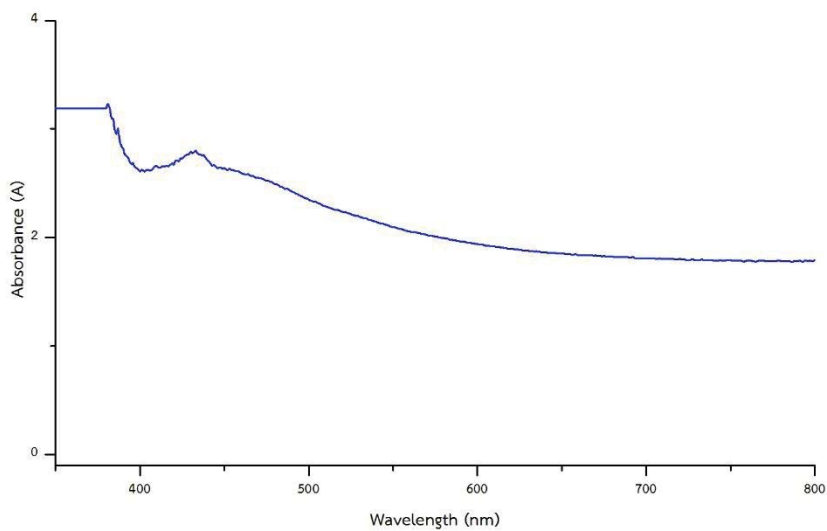
Andradite: 9.61

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.91

Spessartine: 0.30

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GH 18

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Hessonite

Shape: Rectangular

Weight: 0.75 carat

Cutting: Step Cut

Color: yellowish Orange

R.I. 1.745

Dimension: 4.11 x 6.07 x 2.91 mm.

S.G. 3.58

Optic Character: Single Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 83.00 a*= 17.39 b*= 56.88

% End Member

Uvarovite: 0.09

Grossular: 85.78

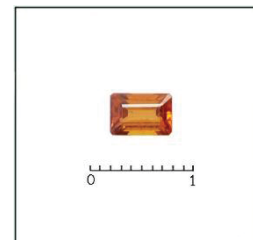
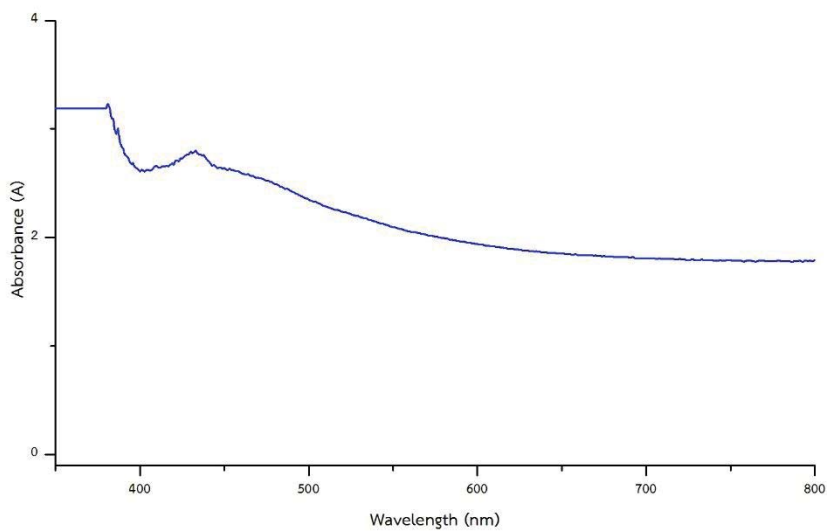
Andradite: 10.03

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.28

Spessartine: 1.82

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GH 19

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Hessonite

Shape: Round Weight: 1.96 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: yellowish Orange R.I. 1.745

Dimension: 7.32 x 7.36 x 4.92 mm. S.G. 3.61

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

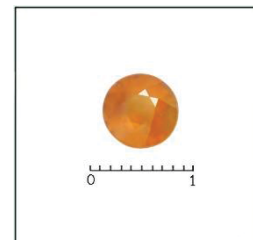
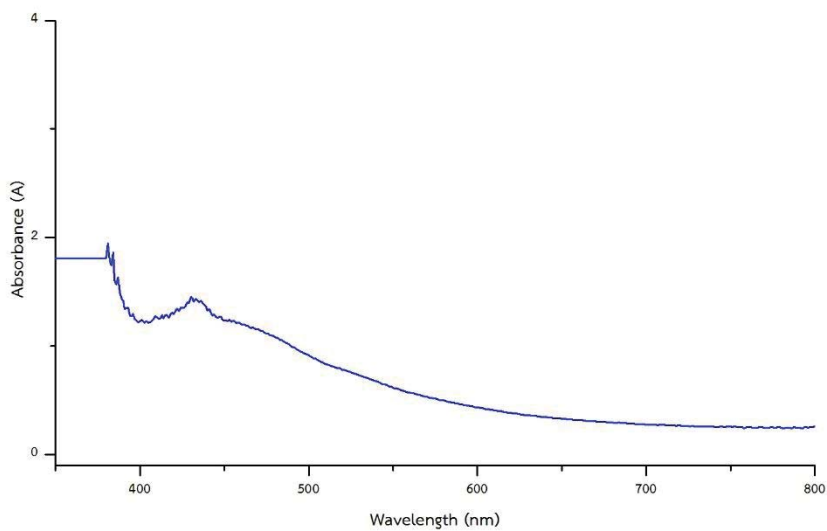
CIE color L* a* b* : L* = 93.00 a*= 20.02 b*= 69.61

% End Member

Uvarovite: 0.09 Grossular: 86.05 Andradite: 10.61

Almandine: 0.00 Pyrope: 2.94 Spessartine: 0.32

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GH 20

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Hessonite

Shape: Oval

Weight: 2.97 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Orange

R.I. 1.745

Dimension: 7.94 x 10.10 x 4.49 mm.

S.G. 3.62

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Semi-Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 94.04 a*= 15.95 b*= 62.03

% End Member

Uvarovite: 0.08

Grossular: 86.62

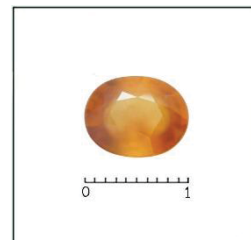
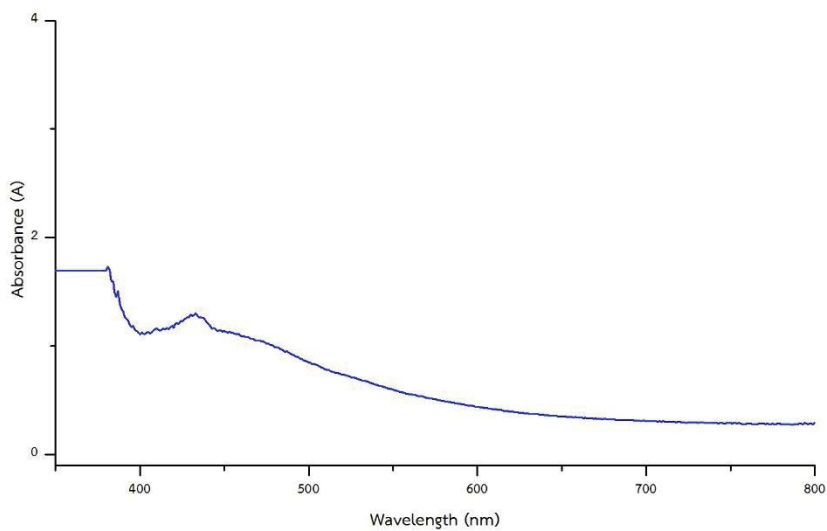
Andradite: 9.61

Almandine: 0.00

Pyrope: 3.29

Spessartine: 0.41

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GH 21

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Hessonite

Shape: Oval

Weight: 0.92 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Yellow

R.I. 1.745

Dimension: 5.34 x 6.98 x 2.92 mm.

S.G. 3.63

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 96.79 a*= 8.83 b*= 38.73

% End Member

Uvarovite: 0.04

Grossular: 94.56

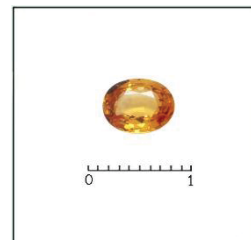
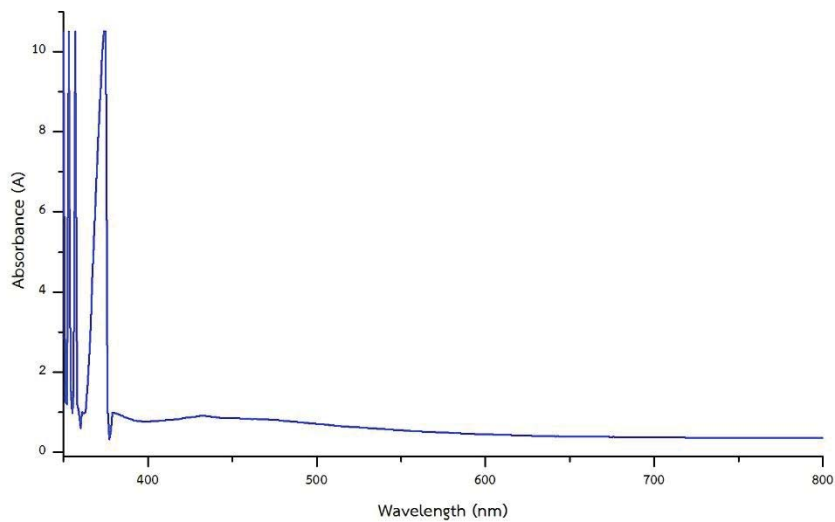
Andradite: 0.00

Almandine: 0.00

Pyrope: 5.30

Spessartine: 0.10

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GH 22

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Hessonite

Shape: Oval

Weight: 1.41 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Orange

R.I. 1.745

Dimension: 6.15 x 8.12 x 3.47 mm.

S.G. 3.64

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Semi-Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 88.00 a*= 17.64 b*= 61.08

% End Member

Uvarovite: 0.08

Grossular: 85.35

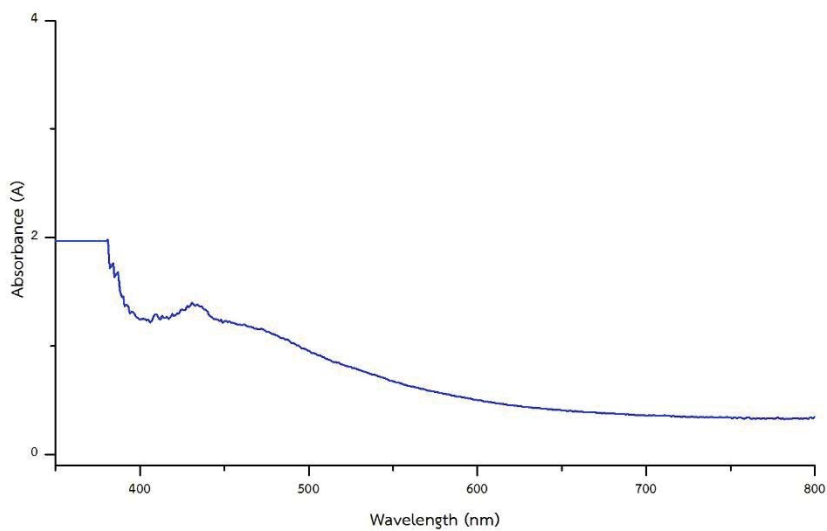
Andradite: 11.27

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.97

Spessartine: 0.32

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GH 23

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Hessonite

Shape: Round Weight: 1.70 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: yellowish Orange R.I. 1.745

Dimension: 6.94 x 6.97 x 4.61 mm. S.G. 3.64

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

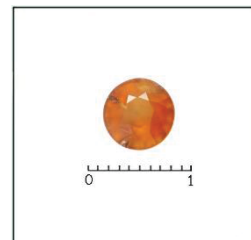
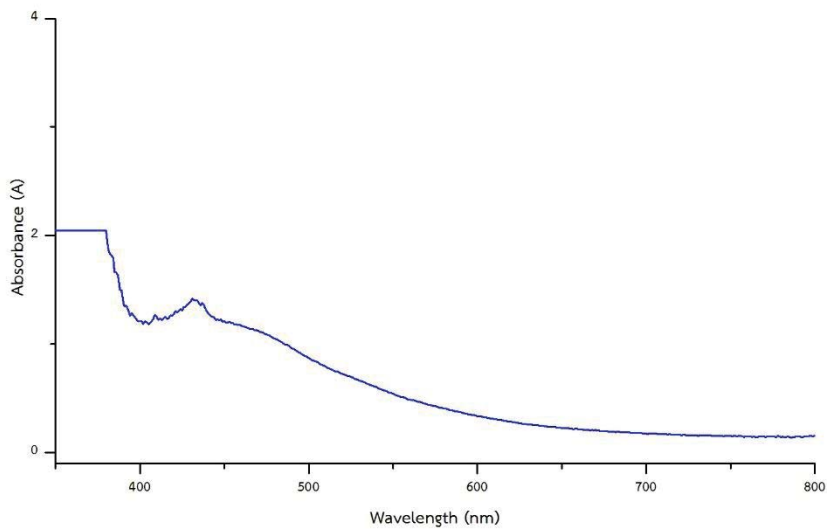
CIE color L* a* b* : L* = 100.23 a*= 24.71 b*= 78.70

% End Member

Uvarovite: 0.08 Grossular: 81.89 Andradite: 12.57

Almandine: 0.00 Pyrope: 5.00 Spessartine: 0.46

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GH 24

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Hessonite

Shape: Rectangular

Weight: 0.56 carat

Cutting: Step Cut

Color: yellowish Orange

R.I. 1.745

Dimension: 4.02 x 6.03 x 2.28 mm.

S.G. 3.67

Optic Character: Single Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 89.63 a*= 10.16 b*= 39.37

% End Member

Uvarovite: 0.04

Grossular: 89.35

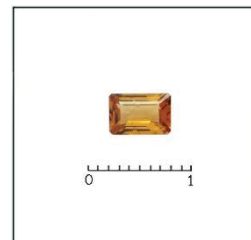
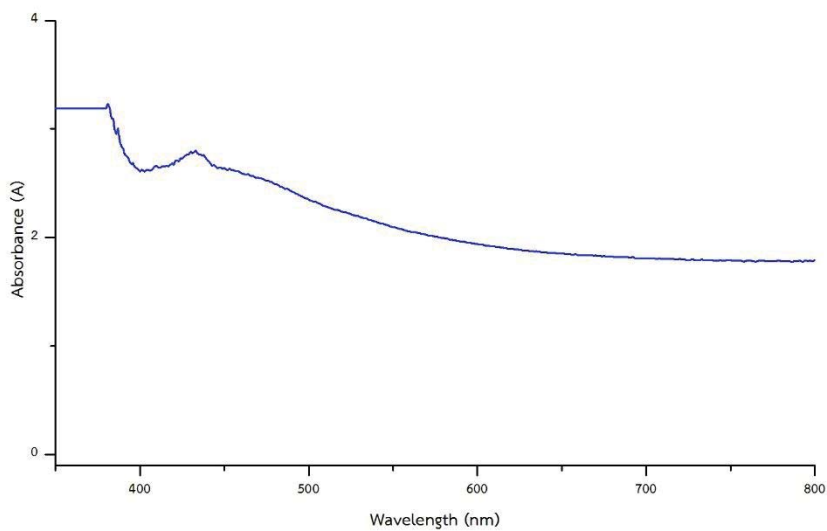
Andradite: 8.10

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.20

Spessartine: 0.31

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GH 25

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Hessonite

Shape: Rectangular

Weight: 0.52 carat

Cutting: Step Cut

Color: yellowish Orange

R.I. 1.748

Dimension: 3.96 x 5.77 x 2.26 mm.

S.G. 3.59

Optic Character: Single Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 74.10 a*= 18.10 b*= 55.01

% End Member

Uvarovite: 0.07

Grossular: 84.97

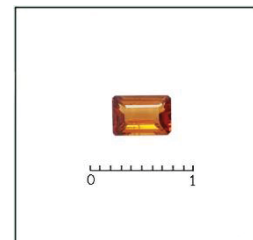
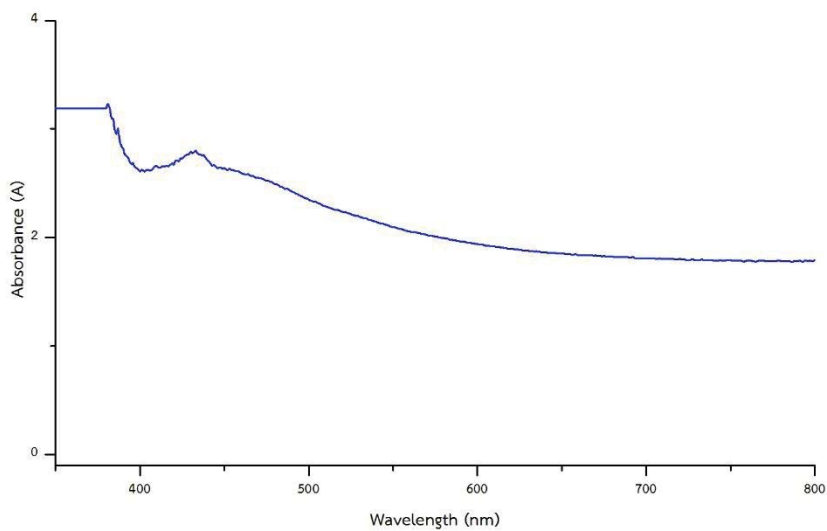
Andradite: 9.91

Almandine: 0.00

Pyrope: 4.77

Spessartine: 0.27

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GH 26

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Hessonite

Shape: Oval

Weight: 2.44 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: yellowish Orange

R.I. 1.748

Dimension: 7.45 x 9.11 x 4.46 mm.

S.G. 3.62

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 88.41 a*= 18.60 b*= 67.94

% End Member

Uvarovite: 0.06

Grossular: 84.90

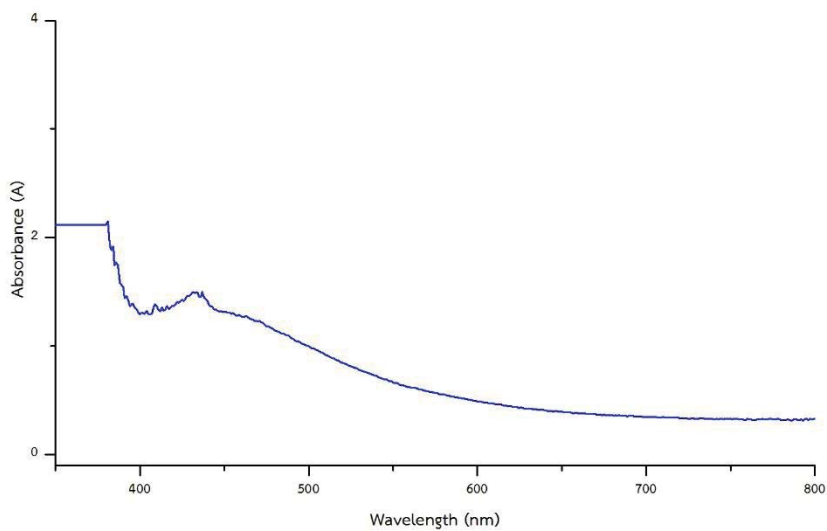
Andradite: 11.03

Almandine: 0.00

Pyrope: 3.66

Spessartine: 0.36

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GH 27

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Hessonite

Shape: Oval

Weight: 0.41 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Orange

R.I. 1.748

Dimension: 4.13 x 4.95 x 2.32 mm.

S.G. 3.77

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 73.21 a*= 27.14 b*= 66.27

% End Member

Uvarovite: 0.18

Grossular: 89.10

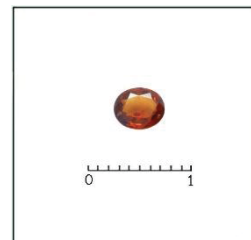
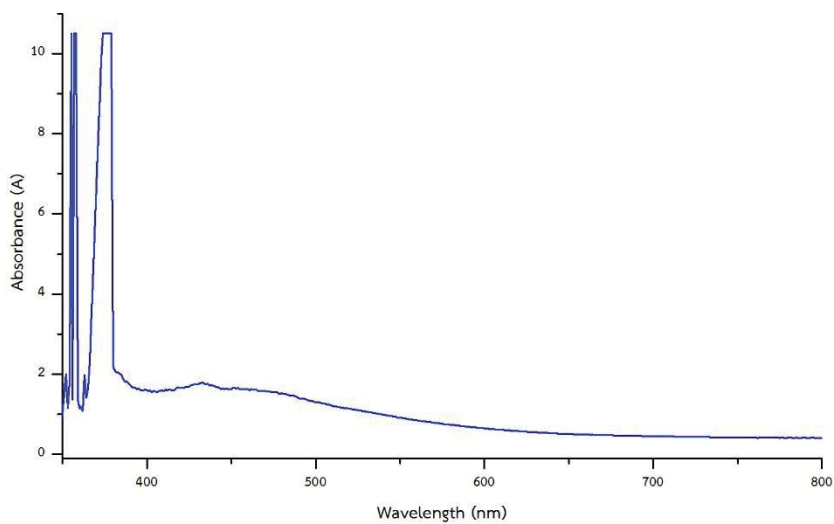
Andradite: 7.74

Almandine: 0.00

Pyrope: 2.67

Spessartine: 0.32

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GH 28

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Hessonite

Shape: Round Weight: 1.90 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Orange R.I. 1.750

Dimension: 7.17 x 7.29 x 4.84 mm. S.G. 3.65

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Semi-Transparent

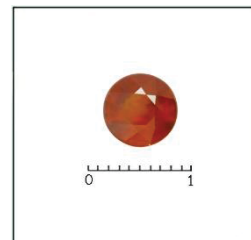
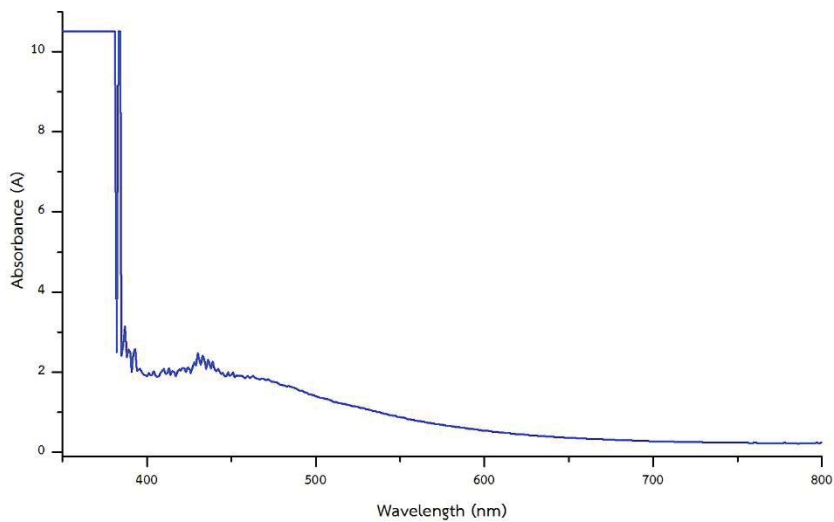
CIE color L* a* b* : L* = 78.12 a*= 38.16 b*= 89.72

% End Member

Uvarovite: 0.03 Grossular: 81.06 Andradite: 14.98

Almandine: 0.00 Pyrope: 3.43 Spessartine: 0.49

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GH 29

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Hessonite

Shape: Oval Weight: 3.15 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Dark Orange R.I. 1.752

Dimension: 7.92 x 10.13 x 5.04 mm. S.G. 3.64

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Semi-Transparent

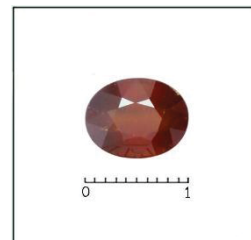
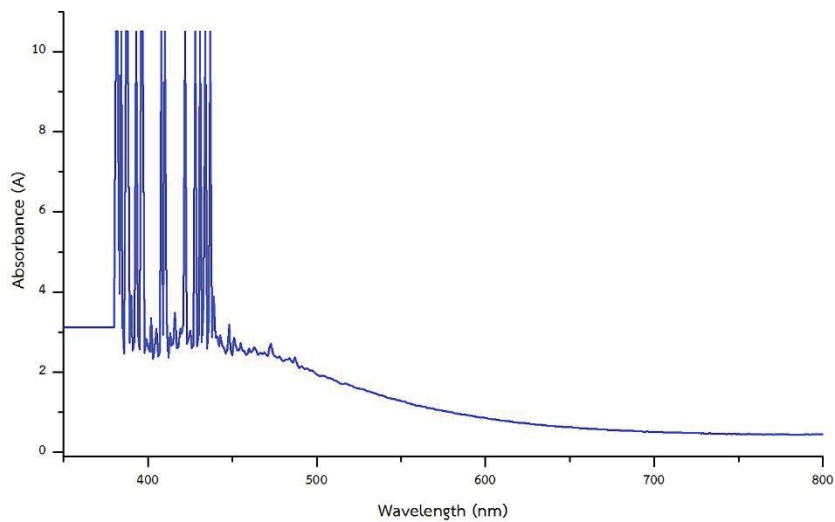
CIE color L* a* b* : L* = 56.21 a*= 38.50 b*= 78.86

% End Member

Uvarovite: 0.05 Grossular: 81.00 Andradite: 15.91

Almandine: 0.00 Pyrope: 2.65 Spessartine: 0.40

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GT 01

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Tsaveorite

Shape: Trillion Weight: 0.94 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Green R.I. 1.734

Dimension: 5.56 x 7.15 x 3.24 mm. S.G. 3.57

Optic Character: Anomalous Double Refraction

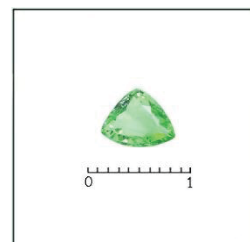
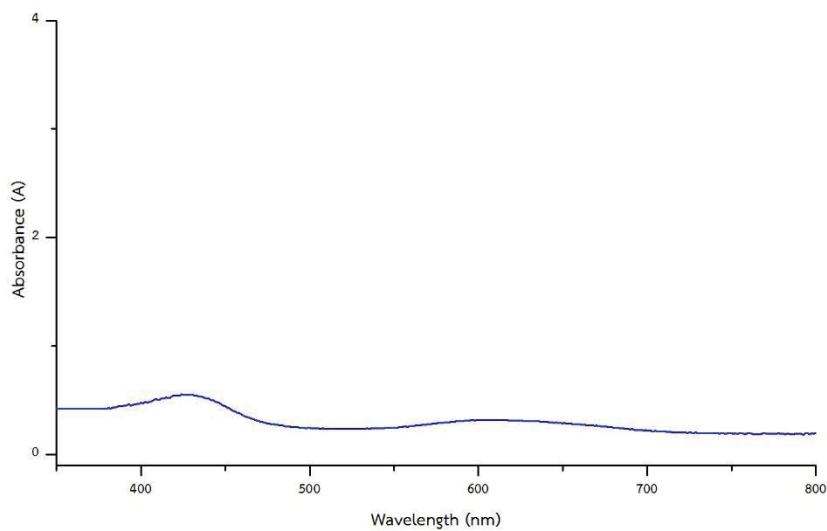
Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 123.02 a*= -20.36 b*= 22.08

% End Member

Uvarovite: 0.09 Grossular: 93.91 Andradite: 0.00
Almandine: 0.00 Pyrope: 5.10 Spessartine: 0.90

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GT 02

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Tsaveorite

Shape: Round Weight: 0.25 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Green R.I. 1.734

Dimension: 3.92 x 3.95 x 1.80 mm. S.G. 3.58

Optic Character: Anomalous Double Refraction

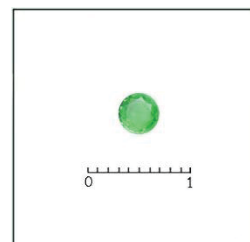
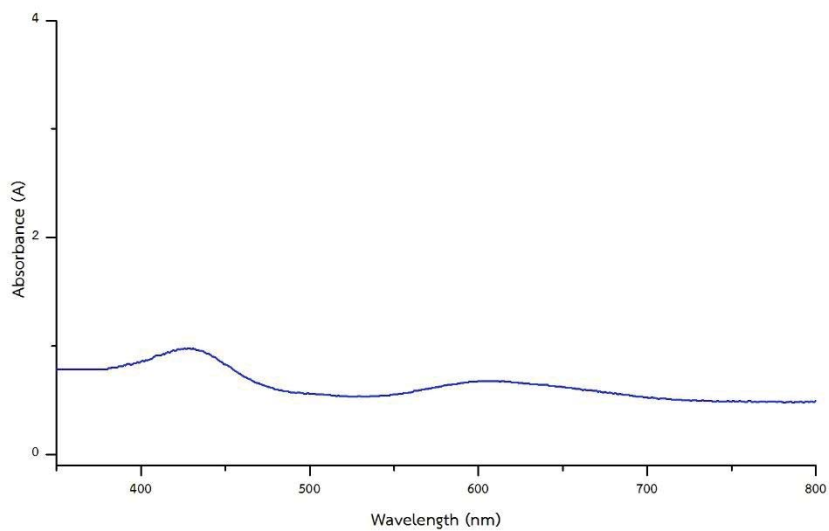
Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 92.68 a*= -22.32 b*= 23.06

% End Member

Uvarovite: 0.309 Grossular: 93.91 Andradite: 0.00
Almandine: 0.00 Pyrope: 7.30 Spessartine: 0.90

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GT 03

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Tsavebite

Shape: Oval

Weight: 0.28 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Green

R.I. 1.735

Dimension: 3.48 x 4.51 x 2.17 mm.

S.G. 3.64

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 65.82 a* = -28.69 b* = 29.09

% End Member

Uvarovite: 0.28

Grossular: 94.63

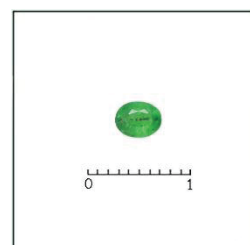
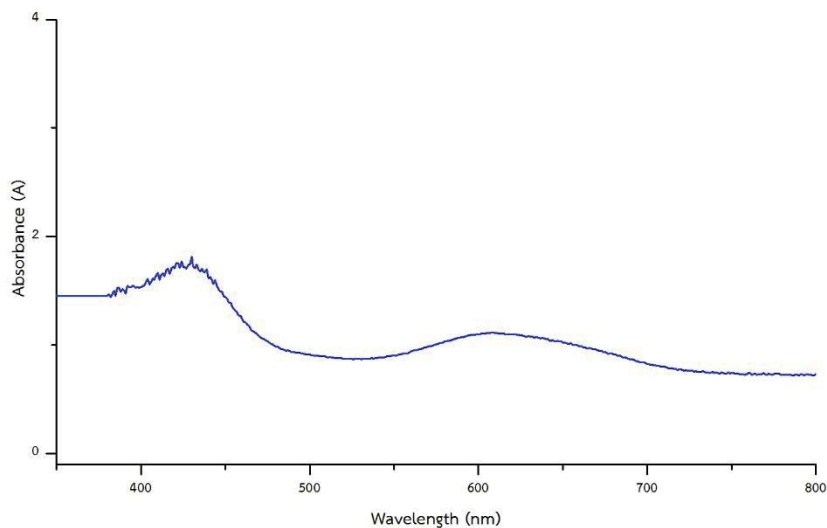
Andradite: 0.00

Almandine: 0.00

Pyrope: 4.37

Spessartine: 0.72

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GT 04

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Tsavebite

Shape: Oval

Weight: 0.38 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Green

R.I. 1.738

Dimension: 3.91 x 5.74 x 1.96 mm.

S.G. 3.58

Optic Character: Anormalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 97.86 a*= -25.17 b*= 27.02

% End Member

Uvarovite: 0.18

Grossular: 92.32

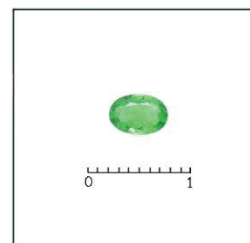
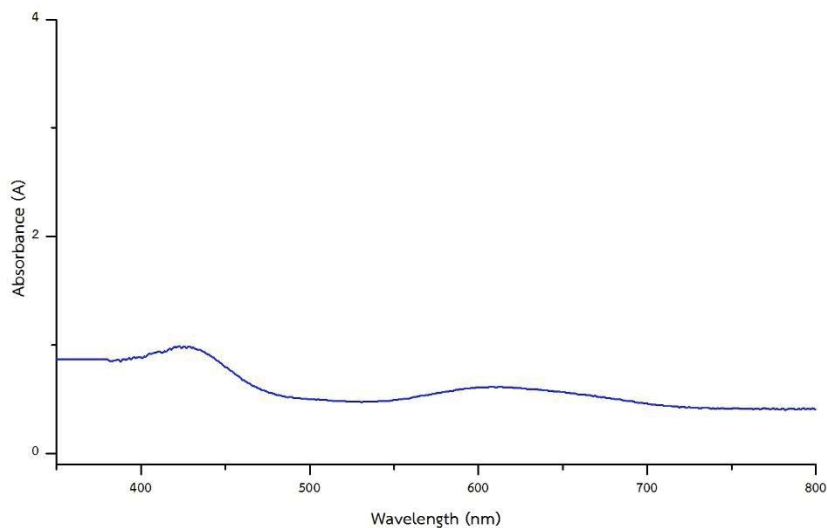
Andradite: 0.11

Almandine: 0.46

Pyrope: 4.86

Spessartine: 2.06

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GT 05

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Tsaveorite

Shape: Pear

Weight: 0.21 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Green

R.I. 1.738

Dimension: 3.50 x 4.20 x 2.20 mm.

S.G. 3.60

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 66.97 a* = -31.18 b* = 31.78

% End Member

Uvarovite: 0.44

Grossular: 90.89

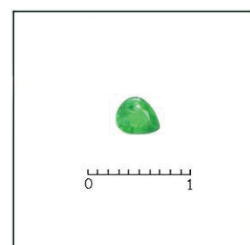
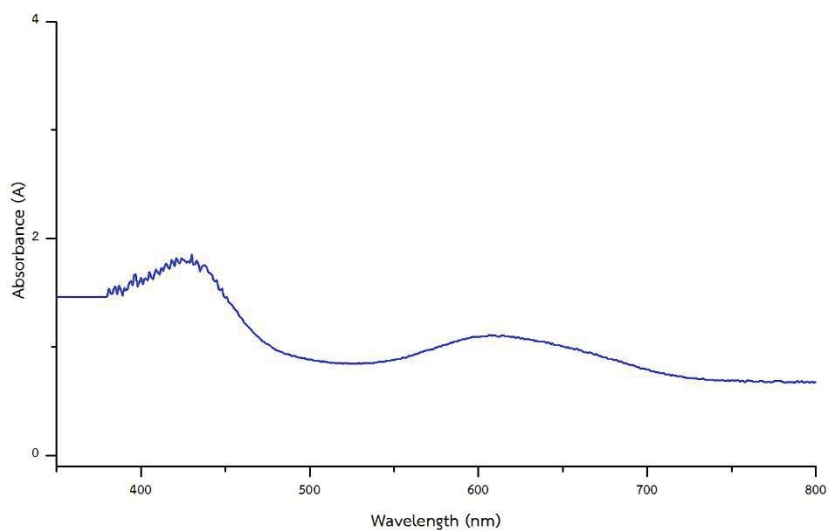
Andradite: 0.20

Almandine: 0.00

Pyrope: 7.43

Spessartine: 1.04

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GT 06

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Tsaveorite

Shape: Oval

Weight: 0.27 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Green

R.I. 1.738

Dimension: 3.50 x 4.20 x 2.20 mm.

S.G. 3.60

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 76.81 a* = -22.78 b* = 23.89

% End Member

Uvarovite: 0.29

Grossular: 91.72

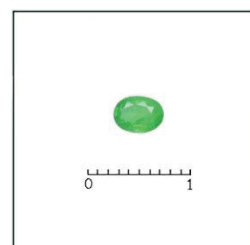
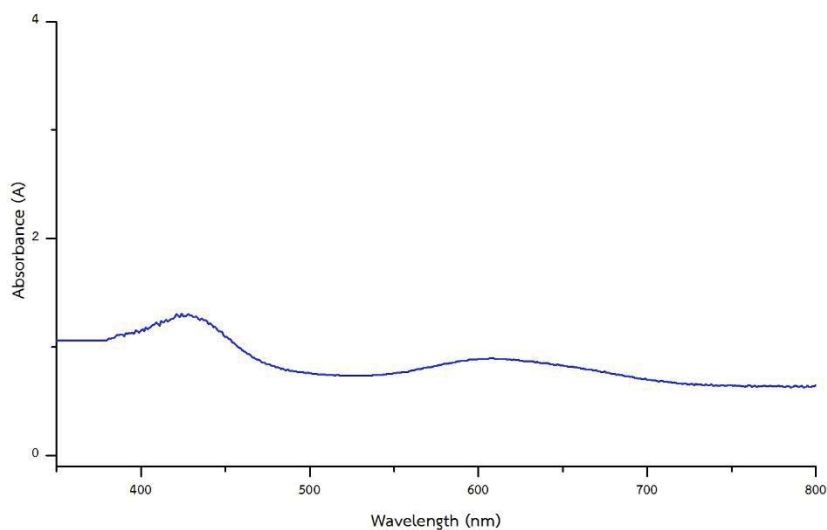
Andradite: 0.18

Almandine: 0.66

Pyrope: 6.04

Spessartine: 1.10

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GT 07

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Tsaveorite

Shape: Oval

Weight: 0.36 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Green

R.I. 1.738

Dimension: 4.27 x 5.39 x 1.69 mm.

S.G. 3.61

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 95.81 a* = -26.91 b* = 29.60

% End Member

Uvarovite: 0.21

Grossular: 93.84

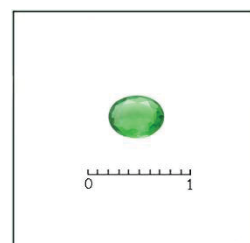
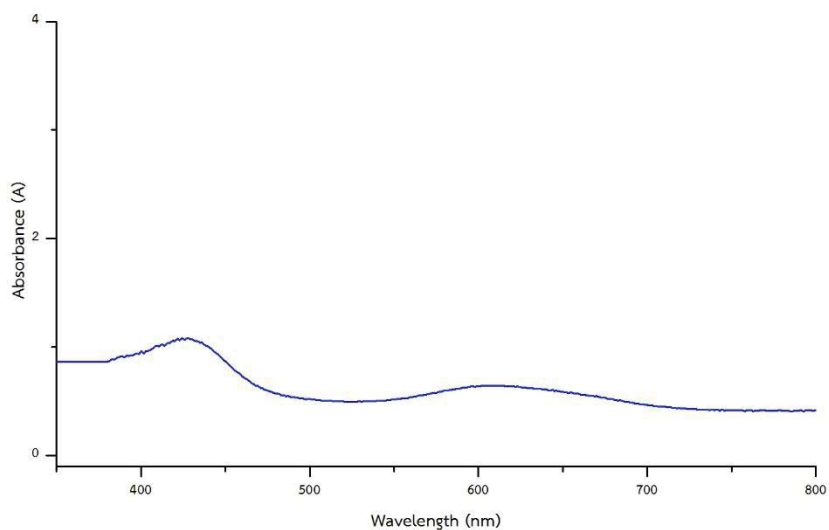
Andradite: 0.00

Almandine: 0.18

Pyrope: 4.20

Spessartine: 1.57

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GT 08

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Tsaveorite

Shape: Pear

Weight: 0.26 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Green

R.I. 1.738

Dimension: 3.43 x 4.50 x 2.51 mm.

S.G. 3.63

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 71.78 a* = -35.44 b* = 33.03

% End Member

Uvarovite: 0.37

Grossular: 94.08

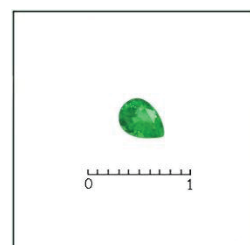
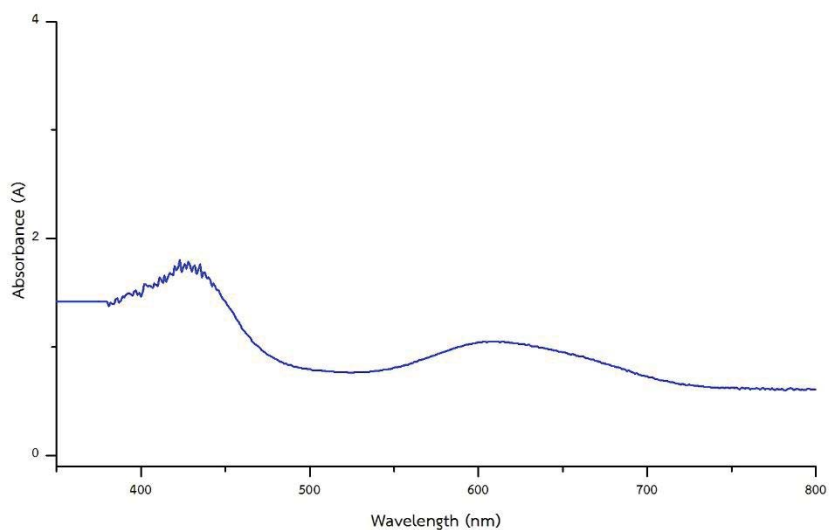
Andradite: 0.08

Almandine: 0.00

Pyrope: 4.89

Spessartine: 0.59

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GT 09

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Tsaveorite

Shape: Oval Weight: 0.35 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Green R.I. 1.738

Dimension: 3.58 x 5.08 x 2.22 mm. S.G. 3.66

Optic Character: Anomalous Double Refraction

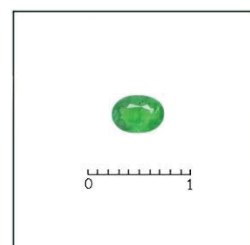
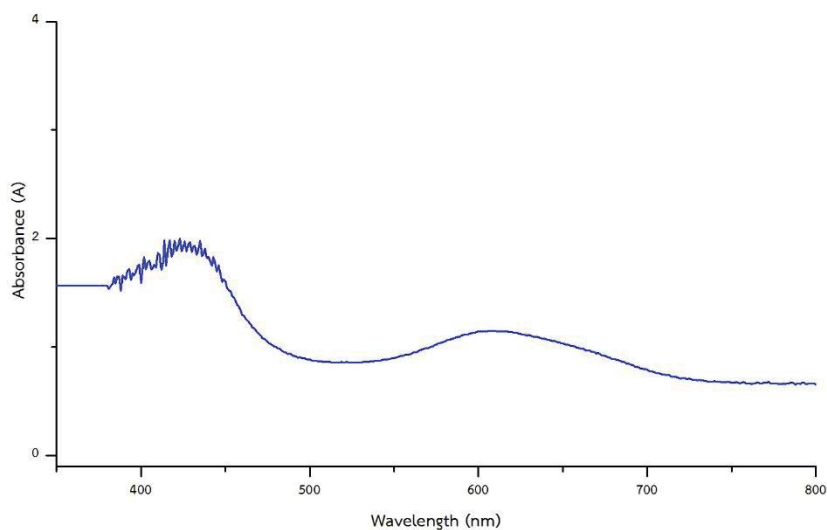
Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 65.74 a* = -34.02 b* = 33.66

% End Member

Uvarovite: 0.15 Grossular: 92.47 Andradite: 0.14
Almandine: 0.00 Pyrope: 4.67 Spessartine: 2.08

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GT 10

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Tsaveorite

Shape: Pear

Weight: 0.42 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Green

R.I. 1.739

Dimension: 4.13 x 6.58 x 2.03 mm.

S.G. 3.62

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 69.14 a* = -37.95 b* = 34.94

% End Member

Uvarovite: 0.44

Grossular: 92.27

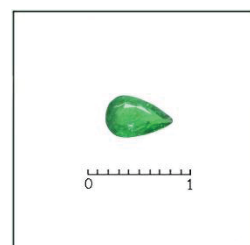
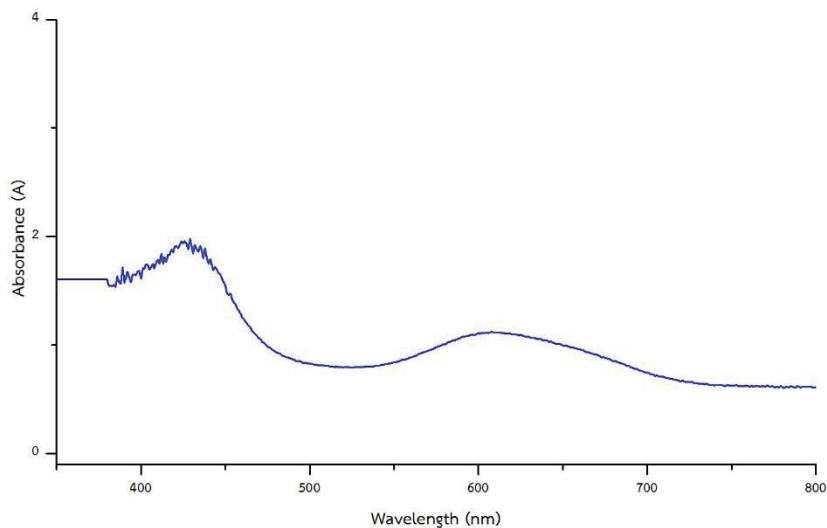
Andradite: 0.26

Almandine: 0.00

Pyrope: 5.93

Spessartine: 1.10

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GT 11

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Tsavebite

Shape: Oval

Weight: 0.25 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Green

R.I. 1.739

Dimension: 3.27 x 4.60 x 2.03 mm.

S.G. 3.69

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 62.49 a*= -36.19 b*= 32.95

% End Member

Uvarovite: 0.52

Grossular: 93.58

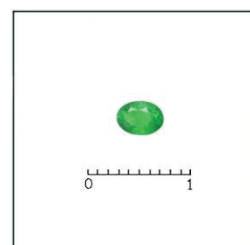
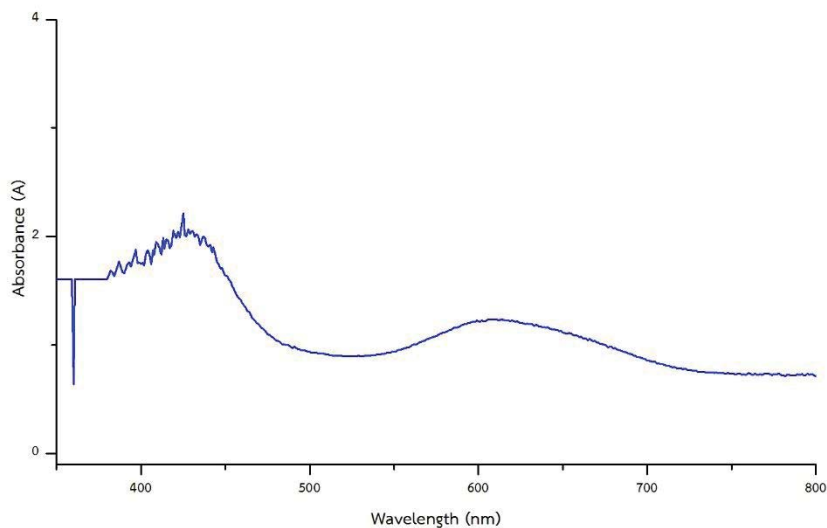
Andradite: 0.13

Almandine: 0.00

Pyrope: 5.17

Spessartine: 0.61

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GT 12

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Tsaveorite

Shape: Oval

Weight: 0.34 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Green

R.I. 1.740

Dimension: 3.55 x 4.98 x 2.36 mm.

S.G. 3.62

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 68.16 a* = -27.52 b* = 30.13

% End Member

Uvarovite: 1.00

Grossular: 87.59

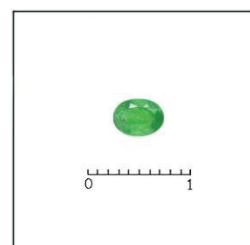
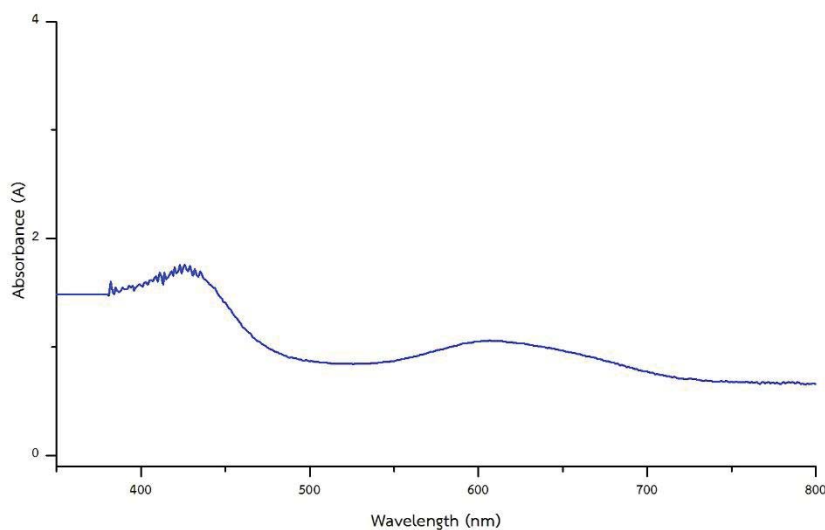
Andradite: 0.36

Almandine: 0.00

Pyrope: 8.61

Spessartine: 2.44

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GT 13

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Tsavebite

Shape: Round Weight: 0.49 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Green R.I. 1.740

Dimension: 4.62 x 4.63 x 2.95 mm. S.G. 3.62

Optic Character: Anomalous Double Refraction

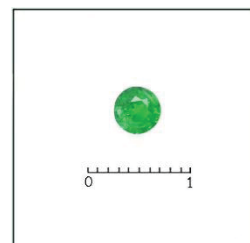
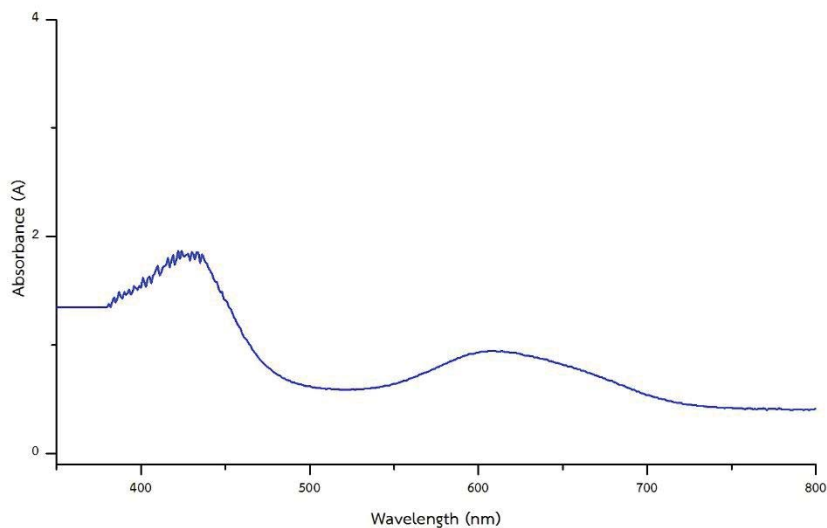
Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 82.51 a*= -44.14 b*= 46.52

% End Member

Uvarovite: 0.36 Grossular: 94.86 Andradite: 0.16
Almandine: 0.00 Pyrope: 4.04 Spessartine: 0.58

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GT 14

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Tsaveorite

Shape: Pear

Weight: 0.35 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Green

R.I. 1.740

Dimension: 4.49 x 4.84 x 2.23 mm.

S.G. 3.68

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 62.47 a* = -35.17 b* = 35.44

% End Member

Uvarovite: 0.22

Grossular: 92.47

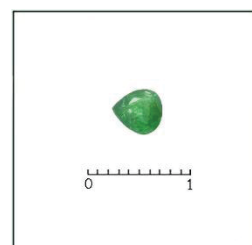
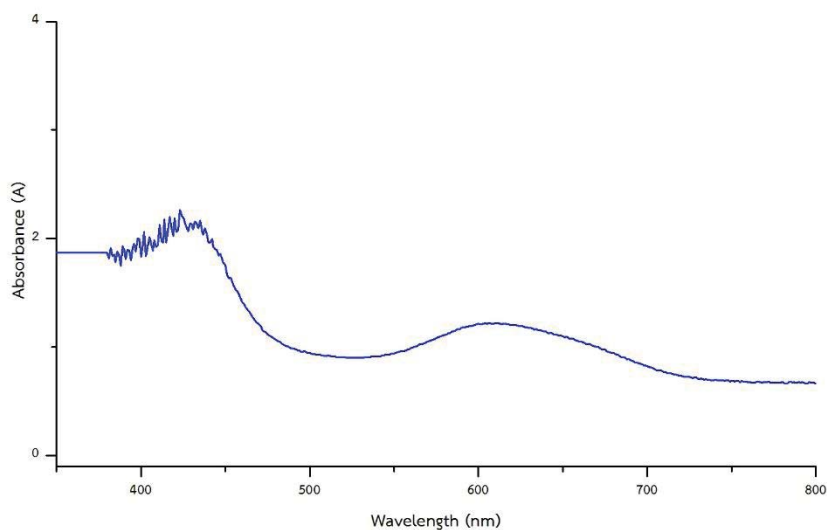
Andradite: 0.14

Almandine: 0.00

Pyrope: 5.69

Spessartine: 1.49

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GT 15

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Tsavebite

Shape: Pear

Weight: 0.30 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Green

R.I. 1.741

Dimension: 3.94 x 5.55 x 2.06 mm.

S.G. 3.64

Optic Character: Anormalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 58.88 a*= -30.34 b*= 31.58

% End Member

Uvarovite: 0.43

Grossular: 93.09

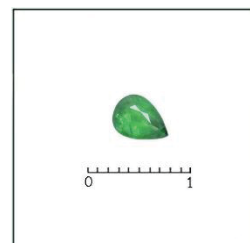
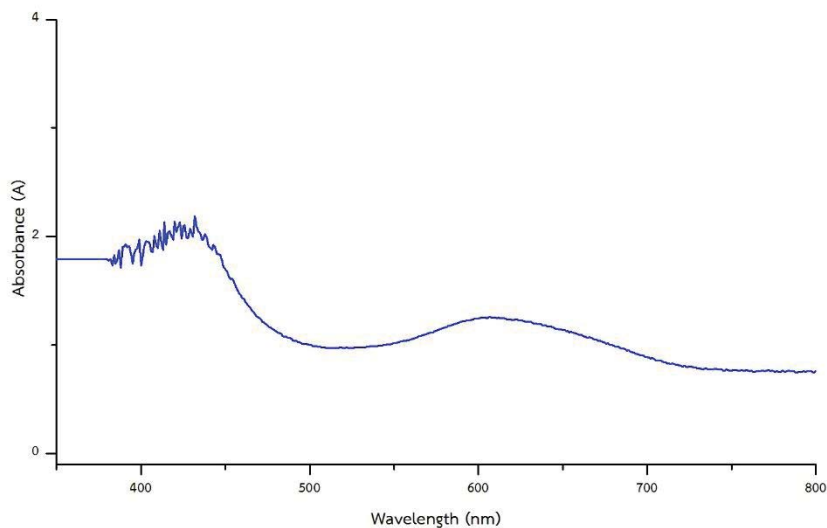
Andradite: 0.00

Almandine: 0.00

Pyrope: 4.24

Spessartine: 2.23

UV/Vis/NIR absorption spectrum



Sample: GT 16

Identification: Natural Grossularite Garnet

Tradename: Tsaveorite

Shape: Round Weight: 0.30 carat

Cutting: Mixed Cut

Color: Green R.I. 1.742

Dimension: 3.65 x 3.65 x 2.50 mm. S.G. 3.57

Optic Character: Anomalous Double Refraction

Transparency: Transparent

CIE color L* a* b* : L* = 66.79 a*= -55.01 b*= 46.39

% End Member

Uvarovite: 0.39 Grossular: 92.05 Andradite: 0.25
Almandine: 0.00 Pyrope: 5.50 Spessartine: 2.07

UV/Vis/NIR absorption spectrum

