

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İŞLENMİŞ DOĞAL VE YAPAY**  
**YAKUTLARDAKİ (KIRMIZI KORUNDUM)**  
**TANIMSAL ÖZELLİKLERİNİN**  
**İMMERSİYONOSKOP VE FT-IR**  
**KULLANILARAK GEMOLOJİK İNCELEMESİ**

**Resul ŞANAL**

**Ekim, 2015**  
**İZMİR**

**İŞLENMİŞ DOĞAL VE YAPAY  
YAKUTLARDAKİ (KIRMIZI KORUNDUM)  
TANIMSAL ÖZELLİKLERİNİN  
İMMERSİYONOSKOP VE FT-IR  
KULLANILARAK GEMOLOJİK İNCELEMESİ**

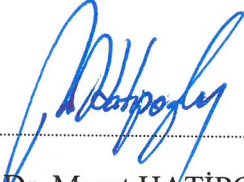
**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Yüksek Lisans Tezi  
Doğal Yapı Taşları ve Süs Taşları Anabilim Dalı**

**Resul ŞANAL**

**Ekim, 2015  
İZMİR**

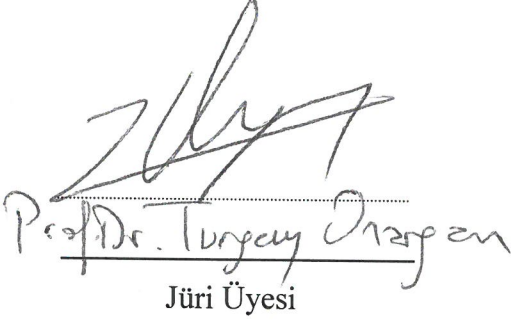
## YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

RESUL ŞANAL, tarafından DOÇ. DR. MURAT HATİPOĞLU yönetiminde hazırlanan “İŞLENMİŞ DOĞAL VE YAPAY YAKUTLARDAKİ ( KIRMIZI KORUNDUM) TANIMSAL ÖZELLİKLERİNİN İMMERSİYONOSKOP VE FT-IR KULLANILARAK GEMOLOJİK İNCELEMESİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

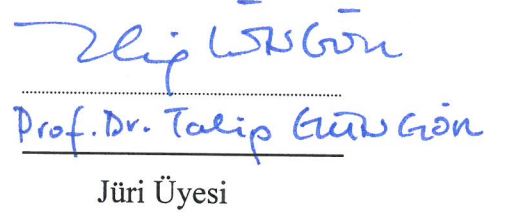


Doç. Dr. Murat HATİPOĞLU

Yönetici



Prof. Dr. Turgay Oran  
Jüri Üyesi



Prof. Dr. Talip Ersoy  
Jüri Üyesi



Prof. Dr. Ayşe OKUR

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

## TEŞEKKÜR

Ülkemizde taşa gönül vermiş herkesin tanışmak istediği; benimse 1997 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi İzmir Meslek Yüksekokulu Taş ve Metal İşlemciliği Bölümü' nü kazanmamla birlikte tanışma imkanı bulduğum ve her zaman sevgi ve saygı duyduğum değerli hocam ve danışmanım Doç. Dr. Murat HATİPOĞLU' na rehberliği, desteği ve sabrı için sonsuz teşekkürlerimi ifade etmek isterim.

Bu çalışmada kullanılan örneklerin ücretsiz tedariki ve desteği için Bayırcılar Kuyumculuğun sahibi Bülent BAYIRCILAR' a; Dokuz Eylül Gemoloji Laboratuvarında yapılan immersiyonoskop incelemeleri ve FT-IR spektrum ölçümlerini almamdaki yardımlarından dolayı Öğr. Gör. Yasemin YARDIMCI' ya; yüksek lisans eğitimim süresince evrak kayıt ve takip işlerinde yapmış olduğu yardımlardan dolayı öğrenci işleri sekreterimiz Nilgün GÜLERYÜZ' e teşekkür ederim.

Ayrıca bu yolda her zaman yanımda olan eşim Betül, yeni doğan kızlarım Elif ve Zeyneb, çalışmalarım sırasında gösterdikleri sabır, anlayış ve destekleri için ortaklarım Cafer MUĞLA, Güven Berk KARABİBER ve Özkan ŞANAL' a ve son olarak Erkan YOLDEMİR' e sonsuz sevgi ve teşekkürler.

Resul ŞANAL

**İŞLENMİŞ DOĞAL VE YAPAY YAKUTLARDAKİ  
(KIRMIZI KORUNDUM) TANIMSAL ÖZELLİKLERİNİN  
İMMERSİYONOSKOP VE FT-IR KULLANILARAK GEMOLOJİK  
İNCELEMESİ**

**ÖZ**

Yakut taşı, Türkiye'nin mücevher sektöründe en yaygın ticareti yapılan değerli taşlardan biridir. Asırlardan beri dünya mücevher sektöründe de yaygın olarak kullanılan korundum mineralinin bir türü olarak sınıflandırılan yakut taşı, doygun kırmızı rengi (güvercin kanı kırmızısı) ve camsı parlaklığıyla, özellikle kadınların ilgisini cezp etmektedir. Bununla beraber, doğadan çıkartılan her yakut kristali ideal renk ve parlaklıkta olmamaktadır. Bu da arz ve talep dengesinde önemli bir boşluk doğurmaktadır. Bu arzı karşılayabilmek için, madenden düşük kaliteli olarak üretilen yakut taşları, günümüzde laboratuarlarda renk ve dolgu tedavileriyle iyileştirilerek tüketicilere satılmaktadır. Bu durum global mücevher sektöründe çok yaygınlaştığı için, tüketiciyi koruma anlamında kesilmiş ve parlatılmış ideal yakut taşlarının, tahrip etmeksizin tedavili olup olmadığını gemolojik olarak ayırt etmek, sektörel açıdan büyük önem taşımaktadır. Bu sebeple araştırmamızda çok sayıda işlenmiş halde doğal oluşumlu ideal renk ve parlaklıktaki yakut taşları ile doğal oluşumlu ancak renk ve doygunluk tedavisi görmüş yakut taşları incelenmiştir. İlâveten, referans amacıyla da bir adet işlenmiş sentetik yapıda yaklaşık ideal renk ve parlaklıktaki yakut taşı kullanılmıştır. Seçilen tüm örneklerin öncelikle mineralojik tanımlamaları bilimsel metotlar kullanılarak yapılmıştır. Takibinde, örnekler, polariskop içerisine hazırlanmış kırılma indisi belli bir sıvı içerisinde incelenerek makro mercekli makine ile resimleri alınmıştır. Sonrasında, örnekler mikroskop cihazları (immersiyonoskop ve gemoloji mikroskobu) ile spektroskop cihazı (Fourier Transform Infrared Spektroskopu (FT-IR)) kullanılarak renk ve doygunluk özelliklerini belirleyen veriler elde edilmiştir. Sonuç olarak, incelenen yakut taşlarının FT-IR grafiklerinde hem renk doygunlaştırmayı hem de parlaklık arttırmayı sağlayan kobalt ve berilyum difüzyonunu işaret eden özgün pikler saptanmıştır. Böylece ortaya çıkmıştır ki, immersiyonoskop ve FT-IR, mücevher

taşlarında renk doygunluğu ve parlaklık arttırımı tedavilerinin ifşasında iki önemli ayırtaç cihazlardır.

**Anahtar kelimeler:** Yakut taşı, kırmızı korundum, immersiyonoskop, gemoloji mikroskobu, ısıtma, kobalt ve berilyum difüzyon tedavisi, Fourier Transform Infrared Spektroskopu (FT-IR).



**GEMMOLOGICAL INVESTIGATION OF DIAGNOSIS FEATURES IN  
THE CUT NATURAL AND SYNTHETIC RUBIES (RED CORUNDUM)  
USING IMMERSIONSCOPE AND FT-IR**

**ABSTRACT**

Ruby stone is one of the most common tradable precious stones in jewellery sector in Turkey. Ruby stone, which is classified as one of the species of corundum mineral that has a widespread use in world jewellery sector for centuries, especially attract attention of women with its saturated red color (pigeon blood red) and with its vitreous lustre. However, each ruby crystal extracted from nature does not have an ideal color and brightness. This raises an important gap in the supply and demand balance. In order to meet this supply; low quality ruby stone produced from the mine are improved in laboratories with color and filling treatments and they are sold to consumers. As this situation becomes very widespread in the global jewellery industry; for the sake of consumer protection; it is of utmost importance for the sector to gemmologically distinguish cut and polished ruby stones and to understand whether they are treated or not without causing any damage. For this reason; many treated natural ruby stones with ideal color and lustre and naturally formed ruby stones that had color and filling treatment were analyzed in our research. In addition to these, one treated ruby stone with synthetic structure and ideal color and lustre was used as reference. Firstly; mineralogical descriptions of all selected samples were made by using scientific methods. Subsequently, the samples were examined in a liquid with a certain refractive index which is prepared in polariscopes and the pictures of the samples were taken. Afterwards, the samples were analyzed with microscope devices (immersionscope and gemmological microscope) and Spectroscopy (Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)), and data defining the color and saturation characteristics was obtained. As a result; on the FT-IR chart review of ruby stone; some specific peaks, indicating the cobalt and beryllium diffusion that aims to improve color saturation and improve lustre, were identified. Thus it has been found that immersionscope and FT-IR are two

important discriminator devices in revealing the color saturation and luster improvement treatments applied to gemstones.

**Keywords:** Ruby stone, red corundum, immersionscope, gemmological microscope, heating, cobalt and beryllium diffusion treatment, Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR).



## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
TEZ SINAV SONUÇ FORMU .....	ii
TEŞEKKÜR.....	.iii
ÖZ .....	iv
ABSTRACT.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xii
<b>BÖLÜM BİR – GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1 Yakutun Mineralojisi.....	1
1.2 Yakutlara Uygulanan Renk Muamelesi Teknikleri Sentetik Üretimi ve Tespiti.....	2
<b>BÖLÜM İKİ – MATERYALLER VE YÖNTEMLER.....</b>	<b>8</b>
2.1 Materyal.....	8
2.2 Yöntemler.....	9
<b>BÖLÜM ÜÇ – BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>10</b>
<b>BÖLÜM DÖRT – SONUÇLAR.....</b>	<b>33</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>34</b>

## ŞEKİLLER LİSTESİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 1.1 İç kırık sebebi ile yapılan yakut tedavisi.....	5
Şekil 1.2 Doğal ve işlenmiş yakut örnekleri.....	5
Şekil 1.3 Mikro resimleri.....	6
Şekil 1.4 Dolgulu yakutun x40 büyütmele mercekke çekilmiş yüzey fotoğrafı.....	6
Şekil 2.1 Metilen iyodür içerisinde koyulan yakut örneklerinin immersiyonoskop görüntüsü.....	9
Şekil 3.1 Duroc-Danner tarafından çekilen doğal yakutun FT-IR spektrumu .....	10
Şekil 3.2 96 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü.....	11
Şekil 3.3 96 nolu yakut taşı örneğinin Dokuz Eylül Gemoloji Laboratuvarında (DGL) çekilmiş FT-IR spektrumu.....	11
Şekil 3.4 44 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü .....	12
Şekil 3.5 44 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilmiş FT-IR spektrumu .....	12
Şekil 3.6 18 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü .....	13
Şekil 3.7 18 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilmiş FT-IR spektrumu .....	13
Şekil 3.8 54 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü .....	14
Şekil 3.9 54 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilmiş FT-IR spektrumu .....	14
Şekil 3.10 30 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü .....	15
Şekil 3.11 30 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilmiş FT-IR spektrumu .....	15
Şekil 3.12 55 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü .....	16
Şekil 3.13 55 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilmiş FT-IR spektrumu .....	16
Şekil 3.14 43 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü .....	17
Şekil 3.15 43 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilmiş FT-IR spektrumu .....	17

Şekil 3.16	77 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü .....	18
Şekil 3.17	77 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilmiş FT-IR spektrumu .....	18
Şekil 3.18	24 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü .....	19
Şekil 3.19	24 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilmiş FT-IR spektrumu .....	19
Şekil 3.20	49 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü .....	20
Şekil 3.21	49 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilmiş FT-IR spektrumu .....	20
Şekil 2.22	50 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü .....	21
Şekil 3.23	50 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilmiş FT-IR spektrumu .....	21
Şekil 3.24	75 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü .....	22
Şekil 3.25	75 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilmiş FT-IR spektrumu .....	22
Şekil 3.26	37 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü .....	23
Şekil 3.27	37 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilmiş FT-IR spektrumu .....	23
Şekil 3.28	81 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü .....	24
Şekil 3.29	81 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilmiş FT-IR spektrumu .....	24
Şekil 3.30	70 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü .....	25
Şekil 3.31	70 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilmiş FT-IR spektrumu .....	25
Şekil 3.32	69 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü .....	26
Şekil 3.33	69 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilmiş FT-IR spektrumu .....	26
Şekil 3.34	79 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü .....	27
Şekil 3.35	79 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilmiş FT-IR spektrumu .....	27
Şekil 3.36	85 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü .....	28

Şekil 3.37	85 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilmiş FT-IR spektrumu .....	28
Şekil 3.38	82 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü .....	29
Şekil 3.39	82 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilmiş FT-IR spektrumu .....	29
Şekil 3.40	62 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü .....	30
Şekil 3.41	62 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilmiş FT-IR spektrumu .....	30
Şekil 3.42	Sentetik yakutun örneğin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü .....	31
Şekil 3.43	Sentetik yakuta ait DGL' de çekilmiş FT-IR spektrumu .....	31
Şekil 3.44	Polariskop ve refraktometre kombine cihazı .....	32
Şekil 3.45	İmmersiyonoskop cihazı .....	32
Şekil 3.46	FT-IR cihazı .....	32

## TABLULAR LİSTESİ

	<b>Sayfa</b>
Tablo 1.1 Yakutun terminolojik özellikleri .....	1
Tablo 1.2 Yakutun fiziksel özellikleri .....	2
Tablo 1.3 Yakutun tedavi aşamaları .....	4
Tablo 2.1 Araştırmada kullanılan yakutların özellikleri.....	8



# BÖLÜM BİR

## GİRİŞ

### 1.1 Yakutun Mineralojisi

Yakut bir korundum türü olduğundan kimyasal bileşiminde ana elementler olarak ( $Al^{+3}$ ) alüminyum ve ( $O^{-2}$ ) oksijen bulunur. Yakuta rengini veren kafeste alüminyum atomuyla yer değiştiren krom ( $Cr^{+3}$ ) elementi ve bazılarında ise ilaveten demir ( $Fe^{+3+2}$ ) ve vanadyum ( $V^{+2}$ ) elementidir (Hatipoğlu, 2013).

Yakutun terminolojik ve fiziksel özellikleri Tablo 1.1 ve Tablo 1.2 de verilmiştir.

Tablo 1.1 Yakutun Terminolojik Özellikleri (Hatipoğlu, 2013)

Mineralin İngilizce İsmi	Corundum
Mineralin Türkçe Söylenişi	Korundum
Mineralin Kimyasal Formülü (Uluslararası İsmi)	$Al_2O_3$
Mineralin Kimyasal Sınıfı	Oksit
Süstaşının Türkçe İsmi	Yakut
Süstaşının İngilizce İsmi	Ruby
Süstaşının İngilizce İsminin Kökeni	İsmi optik fiziksel özellik olan renginden alır. Latince “rubrum” veya “rubeus” kırmızı renk anlamına gelir.
Süstaşının Sınıfsal Dizini	Yakut – Korundum – Oksit – Mineral Kökenli – Süstaşı

Tablo 1.2 Yakutun Fiziksel Özellikleri (Hatipoğlu, 2013)

Sertlik	9
Kırılma İndisi	1,76 – 1,77
Özgül Ağırlık	3,94 – 4,05
Kristal Sistemi	Hekzagonal
Dispersiyon (Dağılma) Değeri (B-G)	0,018
Saydamlık	Opak ve yarı saydam
Optik Karakter-Optik İşaret	Anizotrop. Tek optik eksenli (Uniaxial), negatif (-).
Parlaklık	Yakut ham haldeyken kötü ve yağsı bir görünüme sahiptir. Ancak işlendikten sonra parlaklığı camsıdan elmassıya kadar değişir.
Ayrılma (Kırınım-Dilinim-Yarılma)	Yakutun dilinimi yoktur. Kırınım konkoidal ve kıymıksıdır. Yarılma yoktur.
İçerdiği Katı Sıvı ve Gaz Kapanımlar	Yakutta kapanımlara sıkça rastlanır. Katı kapanım olarak içinde spinele de rastlanır. Sentetiğinde gaz kapanımlar bulunabilir.
Isı ve Elektrik İletkenliği	Her ikisi içinde yalıtıcıdır.

## 1.2 Yakutlara Uygulanan Renk Muamelesi Teknikleri Sentetik Üretimi ve Tespiti

Ülkemiz kuyumculuk sektöründe en çok ticareti yapılan değerli taşlardan biri de korundumun kırmızı türü olan yakut taşıdır. Piyasaya sürülen arz talebi karşılayamadığından dolayı eski zamanlardan beri insanları bu taşın sentetik olarak üretimine yönlendirmiştir. İlk olarak 1904 yılında Fransız Auguste Victor Louis Verneuil, taşı oluşturan kimyasal bileşimdeki elementlerin doğal ortamda geçirdiği evreleri laboratuvar ortamında sağlayarak kendi ismini verdiği yöntemle üretmeyi

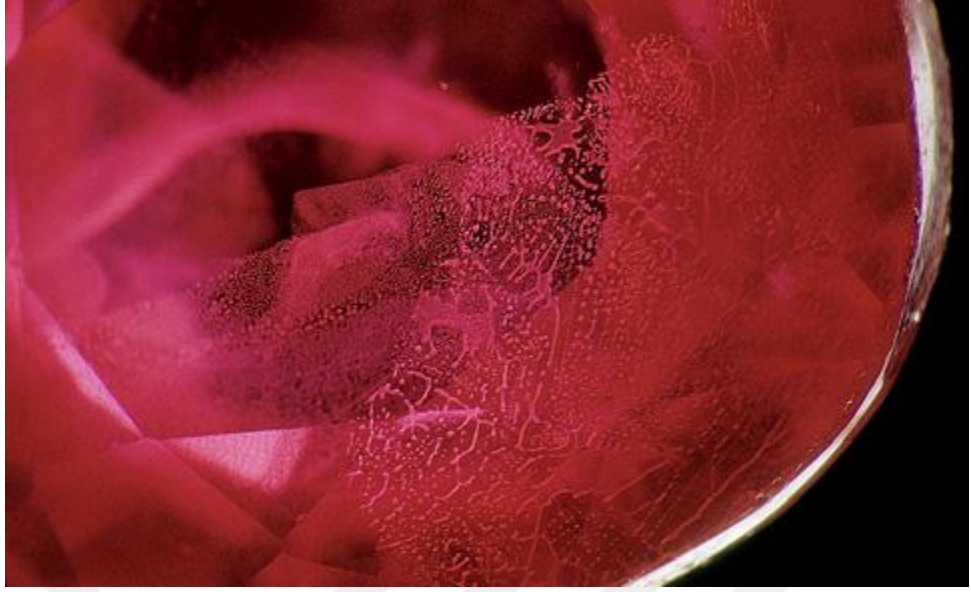
başarmıştır. Diğer bir taraftan da gelişen yöntemlerle birlikte doğadan toplanan görüntü kalitesi çok düşük olan doğal yakutlar üzerinde uygulanan bazı tedavi yöntemleriyle kullanılabilir hale getirilmeye başlandı. Geliştirilen bu yöntemler arzı arttırırken taşlar üzerinde yapılan işlemler çıplak gözle ayırt edilememesinden dolayı bazı sorunlar ortaya çıkarmıştır. Bunlardan en önemlileri tedavili ya da sentetik olarak üretilen taşların bilgilendirilmeden yapılan ticareti ve azalan malzeme kalitesine yüksek fiyat talep edilmesidir. Yakutlara farklı yöntemlerle renk tedavisi uygulanabilmektedir. Doğal veya sentetik olsun, belirli sıcaklıklarda optik efektler (asterizm gibi) oluşturulabilir, arttırılabilir veya renk kaldırılabilir hatta berraklığı iyileştirilebilir. Tablo 1.3 de belirttiğimiz farklı sıcaklıklarda dokuz ayrı işlemi yapmak mümkündür. Bu işlemlerden bazıları doğal oluşumlarına o kadar benzer ki uygulandıklarına dair hemen hemen hiç iz bırakmazlar. Yakut geliştirme işlemi düşük veya yüksek sıcaklıklarda ısıl işlem ile yakut içerisinde bulunan çatlakların genişletilerek bu boşluklara emdirilen cam katkı maddeleri ya da tozlarıyla yapılan bir çeşit tedavi türüdür. Bu katkı maddeleri ya da tozlar katılma sonrası, çatlak ve boşluklara ve aynı zamanda tedavi edilen taş yüzeyi üzerinde camsı bir madde oluşturmaktadır. Bu cam dolgu derecesini belirlemek, taş işleyicisi ve aynı zamanda ticaretini yapan için çok önemlidir. Cam dolgulu yakutun gemolojik tanımlanması mikroskopik gözlem ve yakut iç özelliğine dayanır. Yaygın olarak bilinmeyen FT-IR spektroskopisi ile taşta hiç bir zarar vermeden tüm numune hakkında bilgi verilebilmektedir.

Tablo 1.3’de belirtilen işlemlerden 1-4 arası tedaviler doğal taşlara uygulanır; 5 ve 6 numaralı tedaviler sentetik malzemelerde kullanılır; 7-9 arası yapılan tedaviler doğal süreçler için karşılık gelmez. Verilen sıcaklık sadece temsilcisi ve malzemenin niteliği ve kullanım süresini bağlıdır. Etkisi yüzeye yakın bir bölge ile sınırlı (Nassau, 1981).

Tablo 1.3 Yakutun tedavi aşamaları (Nassau, 1981).

Tedavi Grup	Sıcaklık	Sonuç
Sadece Isıtma	1. Orta sıcaklık (1300 °C )	Potansiyel Asterizm Geliştirir
	2. Yüksek sıcaklık (1600 °C ),hızlı soğutma	Asterizm ve ipeksiliği kaldırır
	3. İndirgeyici Isıtma (1600 °C )	Potansiyel mavi renk
	4. Oksidatif Isıtma (1600 °C )	Mavi renk azalır
	5. genişletilmiş Isıtma (1800 °C )	Verneuil şeritlenmeyi azaltır
Isıtma altında bilinmeyen	6. 1800 °C üzeri	Parmak izi görüntüsü oluşturur
İç malzeme eklenmesi 1800° C	7. TiO eklenmesi	Asterizm üretir
	8. TiO <sub>2</sub> ve/veya Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ekleyin.	Üreten mavi renk
	9. Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , NiO vb. eklenmesi	Diğer renkler üretir

Yakut ve Safir'in infrared spektrumları hemen hemen aynıdır. Renk farklılıkları kızıl ötesi spektroskopi ile tespit edilemez metal iyonlarının eser miktarlarının varlığı ile oluşturulur. Yakuttaki kırmızı renk krom ve demirden kaynaklanır (Lowry, 2014). Son zamanlarda, berilyum difüzyon işlemiyle büyük ölçüde taş renk tonları artırabilir. Bu yüksek sıcaklıkta tedavi işlemi korundum kristal içine berilyum atomu yayılır ve büyük ölçüde taş görünümünü iyileştirir. Ancak bazı zamanlarda ısıtma işlemi "sentetik yakut içinde bulunanlara benzer bir parmak izi" gibi bir sorun geride bırakır (Şekil 1.1). Birçok doğal yakut ve safirin spektrumunda suyun modu 3310 cm<sup>-1</sup> germe OH bandına tekabül eden bir pike sahiptir. FT-IR spektroskopisi berilyum atomu varlığını tespit etmese bile, yüksek tedavi sıcaklığı nedeniyle ortamdaki kaybolan su gözlemlenebilir (McClure, Kane ve Sturman, 2010).

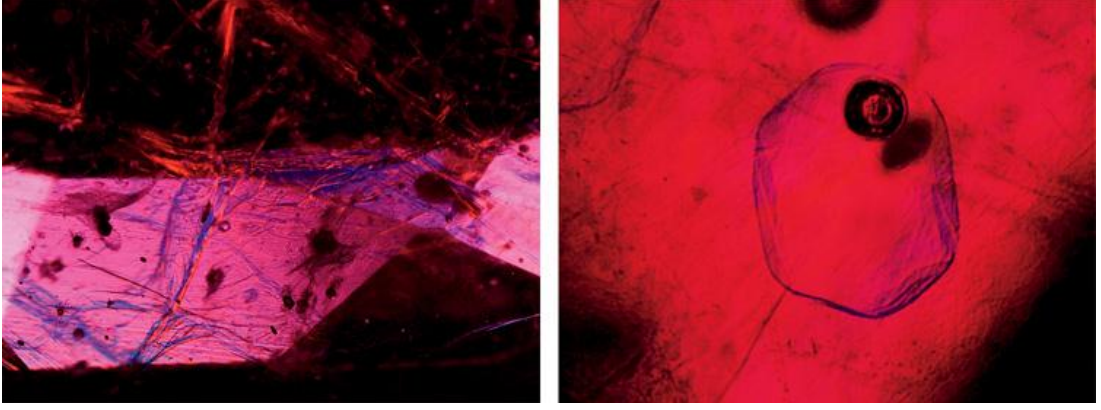


Şekil 1.1 İç kırık sebebi ile yapılan ısı tedavisi ( McClure, Kane ve Sturman, 2010).



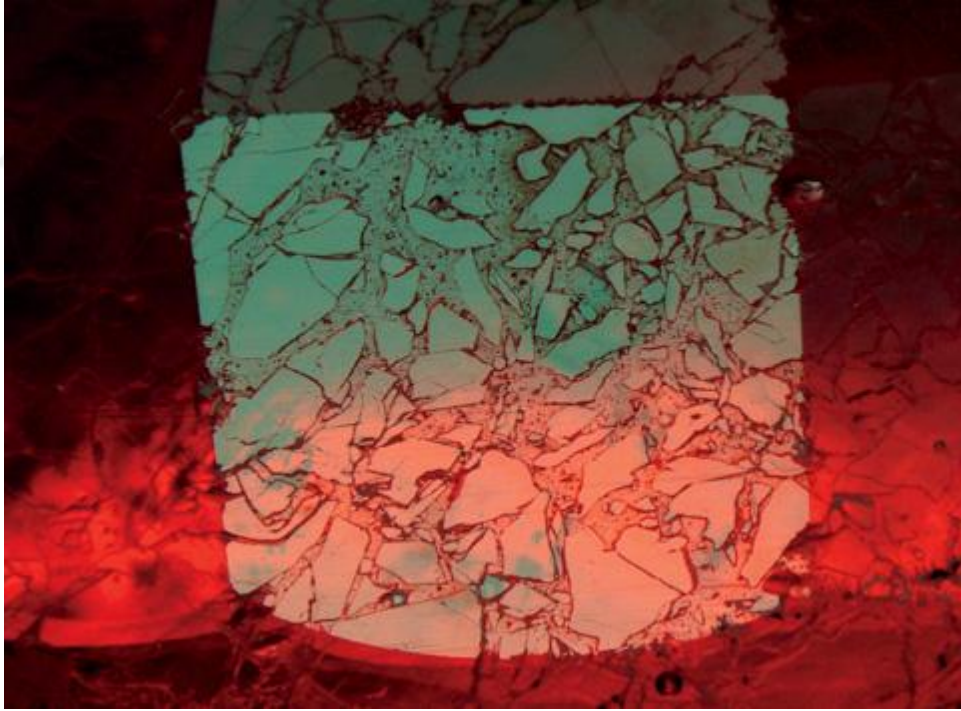
Şekil 1.2 Doğal ve işlenmiş yakut örnekleri ( McClure ve diğer., 2010).

Şekil 1.2 deki resimde soldaki doğal yakutlar Tablo 1.3 deki işlemlerden biriyle tedavi edilerek, sağdaki yakutlar gibi görünüm kazandırılabilir.



Şekil 1.3 Mikro resimler x40 (McClure ve diğer., 2010).

Şekil 1.3 teki soldaki resimde görülen mavi ve turuncu çizgisel renkler kırık ve çatlakların içerisine doldurulmuş camdan kaynaklanır. Sağdaki örnekteki hava kabarcığı ise oluşum sırasındaki gaz kapanımlarından kaynaklanır.



Şekil 1.4 Dolgulu yakutun x40 büyütmele mercekten çekilmiş yüzey fotoğrafı (McClure ve diğer., 2010).

Şekil 1.4 teki örnekte kayan levhalar gibi görünen yakut içerisindeki boşluklara yapılan cam dolguyu net bir şekilde göstermektedir. Bu taşın kimyasal analizi,

yüksek kurşun içerikli camla dolu olduğunu ortaya koydu (McClure ve diğer., 2010). Başlangıçta çok düşük kalitede olan opak saydam yakut bir asit banyosu içinde temizlenip ve düşük sıcaklıkta ısıtılmayla yüksek kurşun içerikli cam ile doldurularak saydam bir taşa dönüştürür. Bu işlem sektörel açıdan kullanılmayan bir yakutu kullanılabilir hale getirir. Ancak, yansıyan ışık kullanımıyla yüzey parlaklık farklılıklarının görünmesi çok yararlı değildir. Bu malzemenin kompozitle birlikte cam ile doldurulduğunu anlamının bir diğer yolu da hidroflorik asit içerisine atmaktır. Bu asit yakut parçacıklarını bir arada tutan camı ortadan kaldırır, ancak bu tür taşlar küçük parçalar halinde dağıldığı için taş zarar görür.

1970'lerin sonlarında ortaya çıkan difüzyon muamelesi tekniği ile renk oluşumuna sebep olan Be, Ti, Cr, Fe, Ni, Co ve Mg gibi geçiş elementlerinin yüksek sıcaklıklarda renksiz veya açık renkli korundum sınıfı taşlarda yüzeyin hemen altında çok ince bir renk katmanı oluşturacak şekilde emdirilmesiyle (Difüzyon) renklendirilmesi sağlanmaktadır. Bu da taşın yüzeyine yakın bölgelerde ve özellikle faset birleşim noktalarında ve kemer bölgesinde renk yoğunluğunun oluşmasının nedenidir (Emmeth ve diğer., 2002). Bu teknikle renklendirilen taşların yüzeylerinin hemen altında çok ince bir renk katmanı oluştuğu için tekrar kesildiğinde veya cila yapılması durumunda taş rengini kaybedebilmektedir. 1990'da yeni bir difüzyon tekniği geliştirildi. Normal halde yakut yoğun ve paketlenmiş  $Al_2O_3$  bileşiminde olup metamorfik kayalar içerisinde kristalleşmektedir. Bu teknik  $1800^{\circ}C$  gibi yüksek ısılarda ısı enerjisi transferi ile genişleyen korundum çatlaklarına daha önce taşın yüzeyine bulaştırılmış Be, Fe, Cr ve Co gibi renk ajanı olan metal iyonlarının yüzeyin hemen altına ve daha derinlere nüfus etmesine olanak sağlar. Bu taşlar cila ve kesim işleminde dahi renk değiştirmemektedir. Bu difüzyon ile çatlak dolgu işlemi sonucu açık renkli veya renksiz korundum minerali canlı koyu kırmızı yakuta dönüştürülebilmektedir. Berilyum ise taşta herhangi bir renklenmeye sebep olmazken renklerinin canlanmasına ve parlaklığın artmasına sebep olmaktadır (Emmeth ve diğer., 2003).

## BÖLÜM İKİ

### MATERYALLER VE YÖNTEMLER

#### 2.1 Materyaller

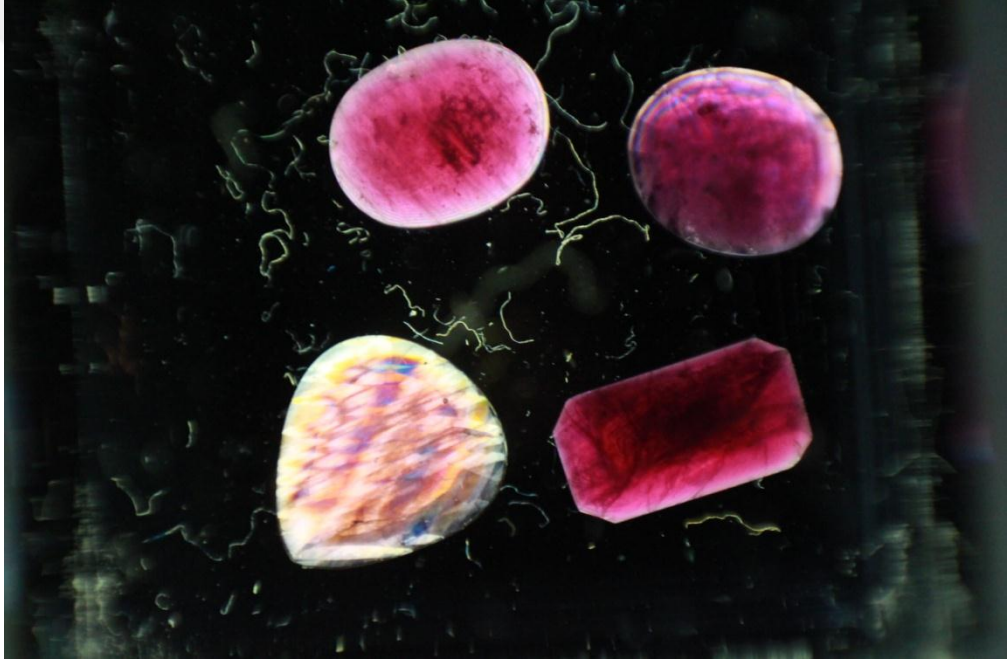
Sektörde bulunan işlenmiş mücevher taşları satıcılarından temin ettiğimiz yakutların fiziksel özelliklerini belirledikten sonra (Tablo 2.1) immersiyonoskop ile 1,57 kırılma indisine sahip metilen iyodit sıvısı içinde polariskop üzerinde ışık incelemeleri yapıldı, resimleri çekildi. Be, Co, Fe, Cr ya da cam dolgu tedavisi görmüş taşlar çekilen resimlerde görüldüğü gibi faset birleşim noktalarında difüzyona bağlı oluşmuş heterojen renk yoğunlukları, lekelenmeler belirgin bir şekilde görüldü. Çekilen FT-IR spektrumlarının incelenmesi Co ve Be difüzyonu, sıcaklık ile cam dolgu tedavisi görmüş taşlar çok kolay şekilde belirlenebildiği tespit edilmiştir.

Tablo 2.1 Araştırmada kullanılan yakutların özellikleri.

Örnek No	Şekil	Ölçü mm	Ağırlık ct.	Kırılma İndisi	Özgül Ağırlık
44	Damla	8,5x10	3,25	1,76-1,77	4,03
82	Oval	6x7,5	2,54	1,76-1,77	3,94
24	Oval	7x9	2,50	1,76-1,77	3,98
70	Oval	5x5,7	1,10	1,76-1,77	4
96	Oval	6,5x7,5	2,20	1,76-1,77	3,95
81	Yastık	6,5	1,80	1,76-1,77	3,97
85	Oval	1,18x5,9	0,9	1,76-1,77	3,97
79	Oval	6x7,5	2,10	1,76-1,77	3,98
50	Oval	5x7	1,15	1,76-1,77	3,96
18	Oval	7x9	2,40	1,76-1,77	3,98
55	Oval	5,5x6,5	0,9	1,76-1,77	3,99
62	Oval	5,6x6,8	1,25	1,76-1,77	3,99
77	Oval	6,7x8,2	2,10	1,76-1,77	3,98
69	Oval	5,6x7	1,25	1,76-1,77	4
54	Oval	7x9	2,15	1,76-1,77	3,98
75	Oval	6x6,2	1,85	1,76-1,77	3,97
49	Oval	6,5x8	2,18	1,76-1,77	3,96
37	Oval	5x6	1,15	1,76-1,77	3,98
30	Sekizgen	5,2x9,7	2,25	1,76-1,77	3,98

## 2.2 Yöntemler

İncelediğimiz yakut örneklerinde çatlaklara cam dolgu işlemlerini daha net görebilmek açısından immersiyonoskop ve polariskop üzerine kurduğum bir düzenek ile 1,57 kırılma indisine sahip metilen iyodür sıvısı içinde gemoloji mikroskobuyla incelenerek makro özellikli makineyle ayrı ayrı resimleri çekilip taş üzerinde yapılan tedavi izleri araştırılmıştır. Kullandığımız yakutların FT-IR spektroskopileri çekilerek elde edilen verilerdeki bandlar ayrıntılı incelendi.



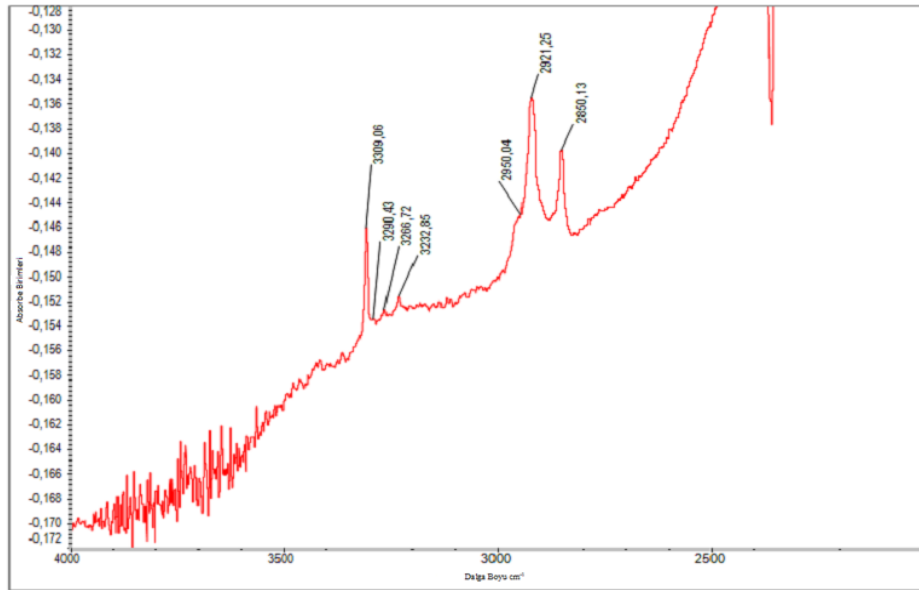
Şekil 2.1 Kırılma indisi 1,57 olan metilen iyodür sıvısı içindeki yakut taşlarının görünümü.

## BÖLÜM ÜÇ

### BULGULAR VE TARTIŞMA

Genellikle mücevher taşlarının test edilmesinde iki farklı FT-IR metodu uygulanmaktadır. Birincisi Transmission Scan; bu yöntemde ince bir kızılötesi ışını örnek içinden geçer ve örneğin küçük bir bölümünden bilgi verir. Diğer teknik ‘Diffuse Reflectance Fourier Transform Infrared Spectroscopy’ DRFTIS yönteminde yayılmış ışık ışını numunenin daha geniş bir bölgesine düştüğü için örneğin daha geniş alanından bilgi verir.

Yaptığımız araşsal çalışmada yakut mineralinin özelliklerini bilmek için yeterli olan  $2000\text{ cm}^{-1}$  ile  $4000\text{ cm}^{-1}$  dalga boyu aralığını incelendi. Analiz sonuçlarında  $2000\text{ cm}^{-1}$  -  $2500\text{ cm}^{-1}$ ,  $3000\text{ cm}^{-1}$  -  $3500\text{ cm}^{-1}$  ve  $3500\text{ cm}^{-1}$  -  $4000\text{ cm}^{-1}$  olarak üç bölgede dalgaların yoğunlukları saptandı. Birinci bölgedeki pikler zayıf ve orta, ikinci bölgedeki pikler genellikle güçlü, üçüncü bölgedeki pikler ise orta ve zaman zaman güçlü olarak sınıflandırabiliriz. Bu üç bölge dışında  $2500\text{ cm}^{-1}$  -  $3000\text{ cm}^{-1}$  bandında çoğunlukla güçlü görülen  $2920\text{ cm}^{-1}$  ve  $2851\text{ cm}^{-1}$  pikleri incelendiğinde bunların yakutla ilgili olmadığı, taşın yüzeyindeki parlatmadan kaynaklanan yağ, epoksi ya da kirlenmeden kaynaklandığı saptandı (Duroc Danner, 2002).

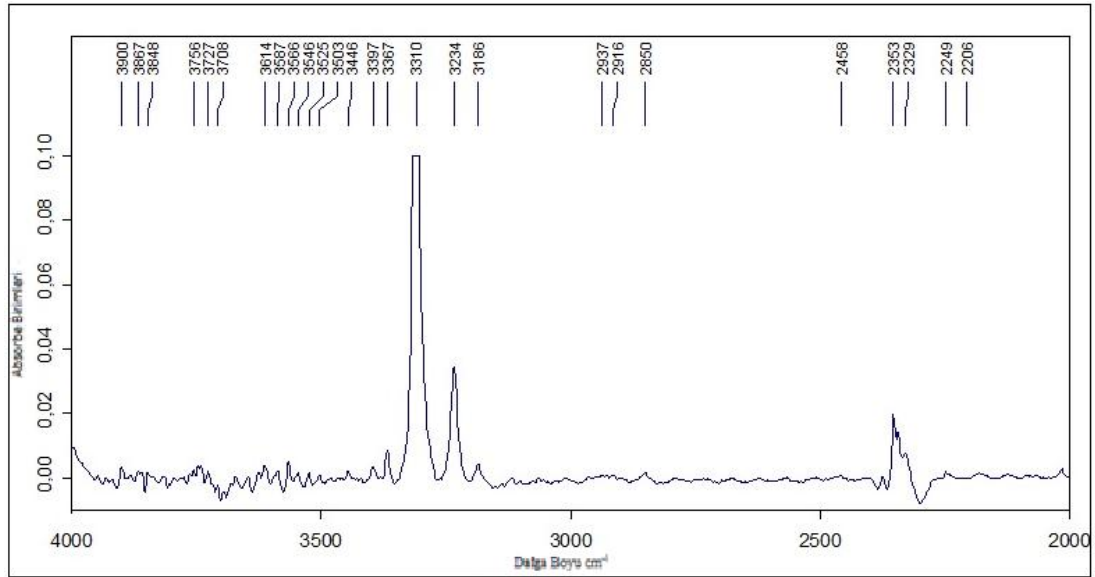


Şekil 3.1 Duroc-Danner (2002) tarafından çekilen doğal yakutun FT-IR spektrumu.

Jean Marie Duroc Danner' in 2002 yılında yaptığı çalışmada doğadan temin ettiği yakutun sadece paralel olan iki yüzeye yaptığı zımpara ve cila sonrası çekmiş olduğu üstteki FT-IR spektrumunda görülen  $3309\text{ cm}^{-1}$  piki hidroksil su varlığına karşılık gelir. Buradan yola çıkarak incelediğimiz yakutlarda bu pikin yokluğu taşın yüksek sıcaklık ile tedavi işlemine karşılık geldiğini belirtebiliriz. Ancak bu pikin güçlü olarak varlığı bize tedavi olmadığını göstermez. Yaptığımız çalışma ve araştırmalar sırasında immersiyonoskop resimleri sonucu saptanan difüzyon tedavisine rağmen bu pikin belirgin varlığı bizi tedavi aşamasında uygulanan sıvı enjekte işlemine yönlendirdi. Bu işlem sırasında bünyeye alınan su ( $\text{H}_2\text{O}$ ) düşük sıcaklık sonucu mineral tarafından emilerek hidroksil (OH) suya dönüştüğü bilinmektedir (Şekil 3.3).

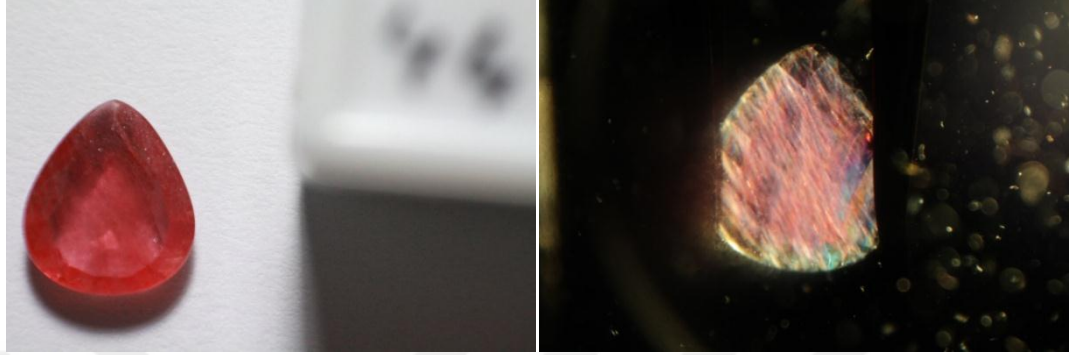


Şekil 3.2 96 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü.



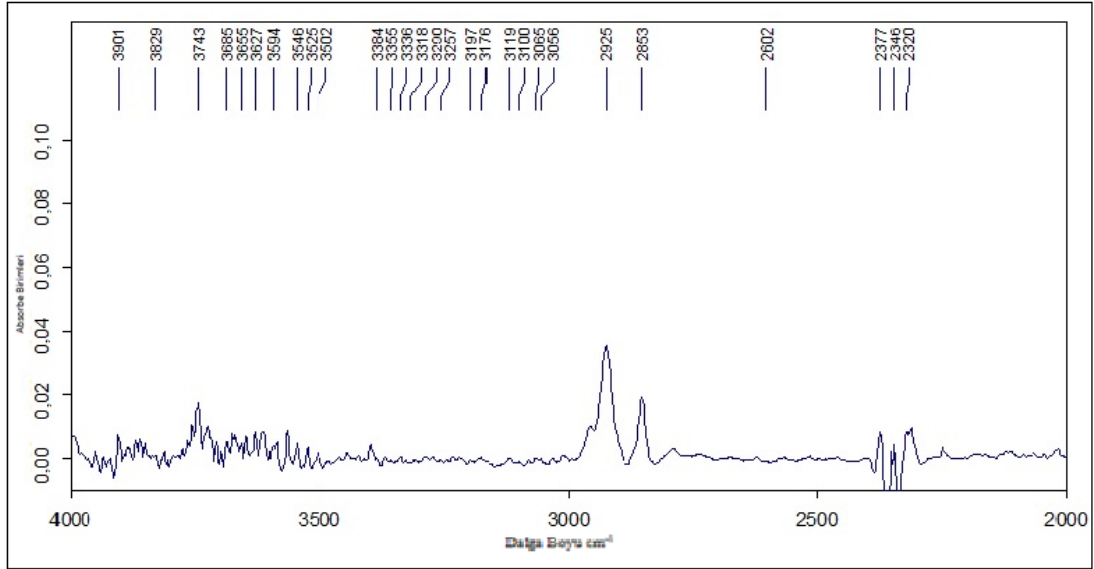
Şekil 3.3 96 nolu yakut taşı örneğinin DGL de çekilen FT-IR spektrumu.

96 numaralı yakuta ait Şekil 3.2 incelendiğinde opak bulanık iç görüntü taşı difüzyon tedavisi yapıldığını göstermektedir. Şekil 3.3'deki spektrumdaki OH'a karşılık gelen güçlü  $3310\text{ cm}^{-1}$  piki difüzyon işlemi sırasında düşük sıcaklık sonucu emilim gerçekleştiğini desteklemektedir.



Şekil 3.4 44 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü.

44 nolu örneğin metilen iyodür içerisindeki fotoğrafı incelendiğinde mavi ve yeşile çalan çizgisel renkler taşın içerisindeki çatlaklara cam dolum işleminin yapıldığını göstermektedir (Şekil 3.4).



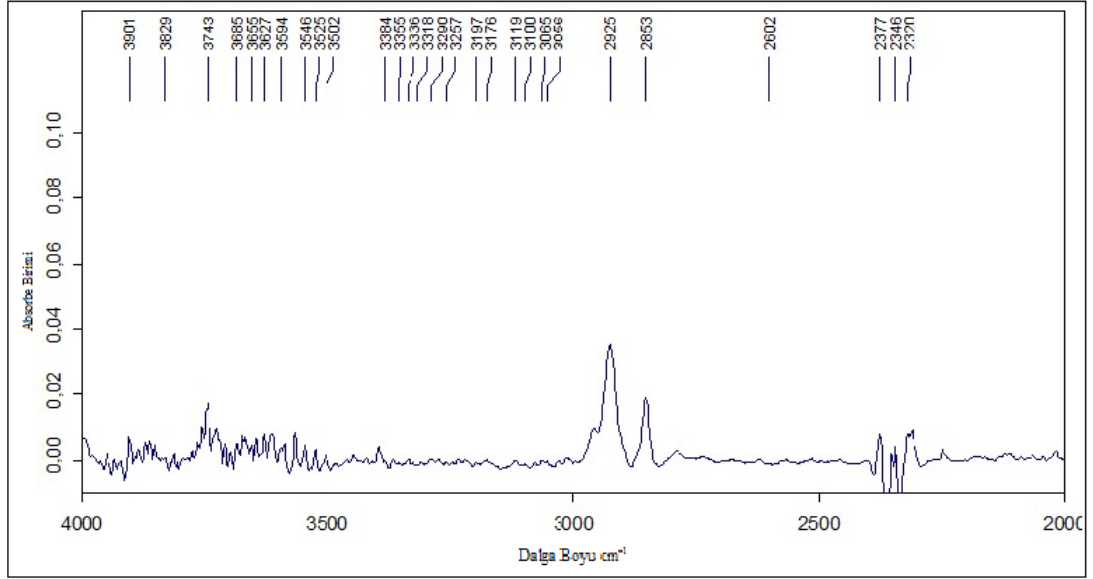
Şekil 3.5 44 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilen FT-IR spektrumu.

Aynı örneğin FT-IR cihazı ile çekilen Şekil 3.5'teki spektrumu incelendiğinde OH'a karşılık gelen  $3310\text{ cm}^{-1}$  pikinin bulunmaması taşın yüksek sıcaklığa maruz kaldığının göstergesidir.



Şekil 3.6 18 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü.

Şekil 3.6'daki örneğin içerisinde bulunan noktasal mavilikler cam dolgu tedavisinin, kenar kısımlarındaki renk açılmaları yüksek sıcaklığa maruz kaldığının göstergesidir.



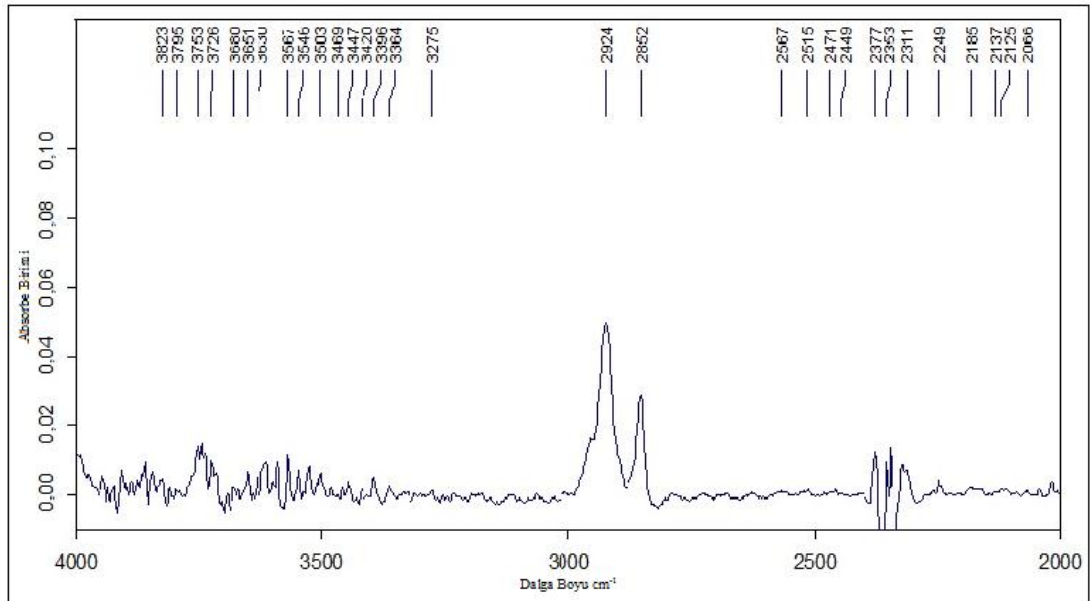
Şekil 3.7 18 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilen FT-IR spektrumu.

Aynı örneğin FT-IR cihazı ile çekilen Şekil 3,7'deki spektrumu incelendiğinde  $2249 \text{ cm}^{-1} - 3503 \text{ cm}^{-1}$  pikinin varlığı silisyum ve soda - kireç camının varlığını gösterir.  $3310 \text{ cm}^{-1}$ 'de bulunması gereken hidroksil su pikinin bulunmaması taşın yüksek sıcaklığa maruz kaldığının göstergesidir.

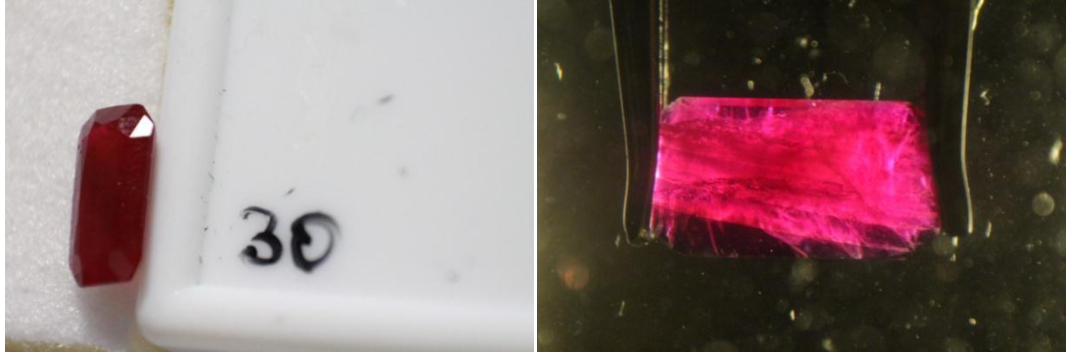


Şekil 3.8 54 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü.

54 numaralı örneğin FT-IR cihazı ile çekilen Şekil 3.9'daki FT-IR spektrumu incelendiğinde hidroksil suya karşılık gelen  $3310\text{ cm}^{-1}$  pikinin bulunmaması taşın yüksek sıcaklığa maruz kaldığının göstergesidir. Örneğin Şekil 3.8'deki resmini incelediğimizde yüzeyindeki lekeler kobalt difüzyonu sonucu oluşan lekelenmeler olduğunu görmekteyiz.

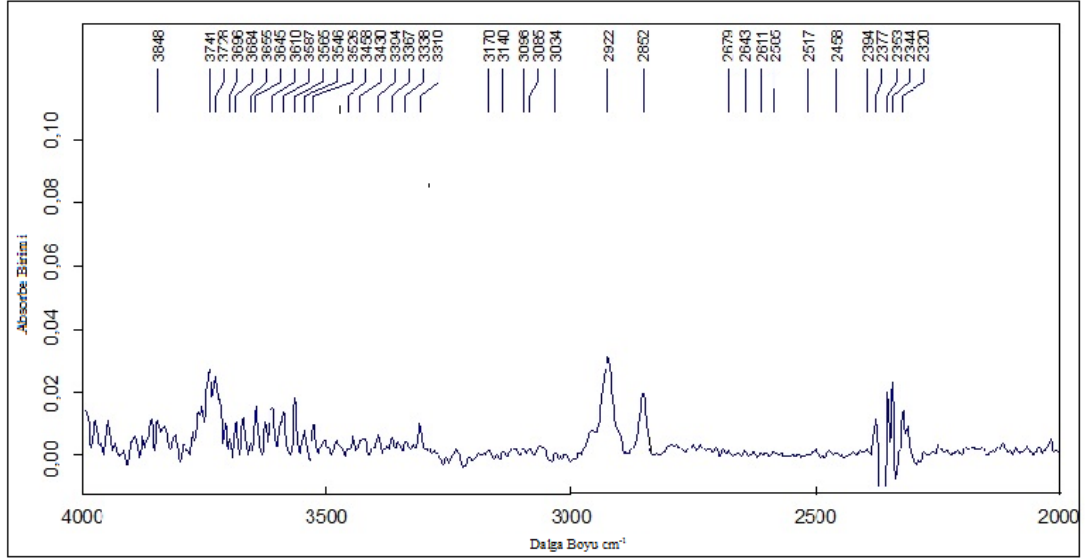


Şekil 3.9 54 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilen FT-IR spektrumu.



Şekil 3.10 30 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü.

30 numaralı örneğin Şekil 3.10'daki faset ve iç kısımlarındaki çatlaklı görünümdeki renk yoğunluğu taşa tedavi yapıldığının göstergesidir.

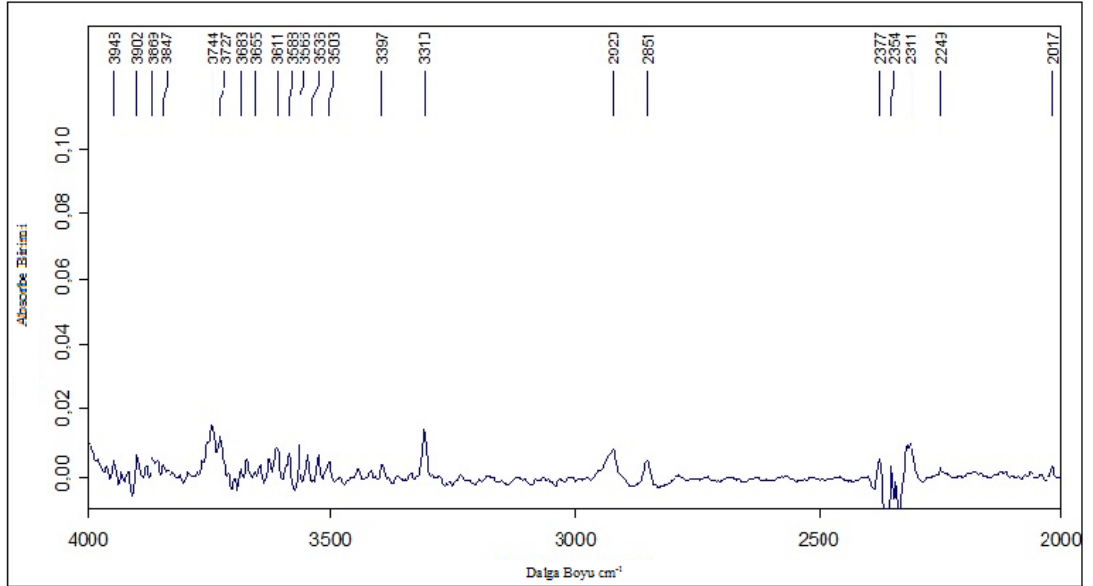


Şekil 3.11 30 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilen FT-IR spektrumu.

Örneğin spektrumu incelendiğinde  $3310 \text{ cm}^{-1}$  pikinin varlığı düşük bir sıcaklığa maruz kaldığının göstergesidir (Şekil 3.11).



Şekil 3.12 55 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü.



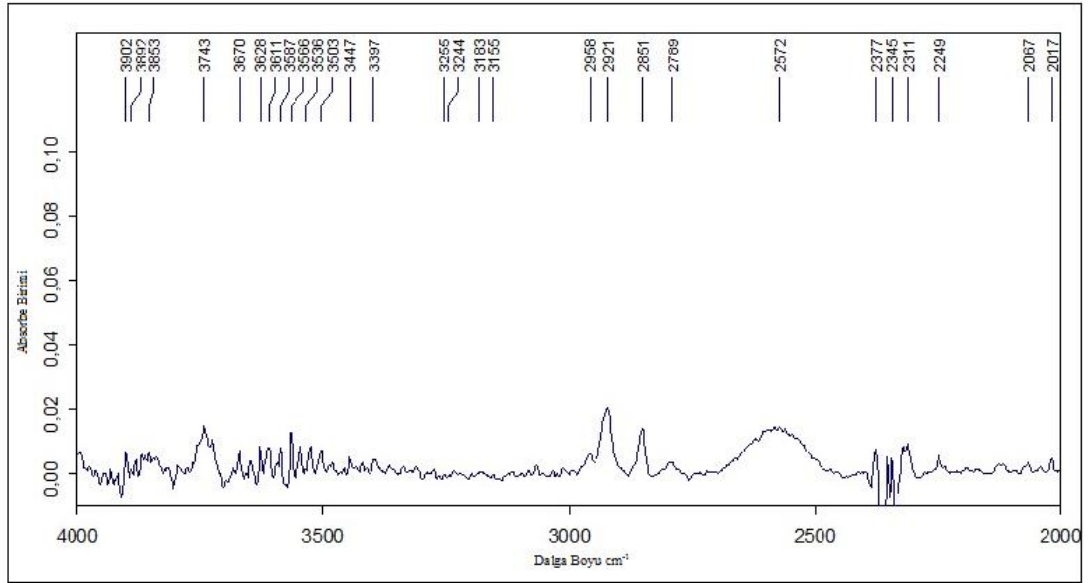
Şekil 3.13 55 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilen FT-IR spektrumu.

55 numaralı örneğin verilerini incelediğimizde içinde bulunan çatlaktaki koyu görüntü boşluğun dolgu malzemesiyle doldurulduğunu göstermektedir (Şekil 3.14). Şekil 3.13'teki spektrum incelendiğinde  $3310\text{ cm}^{-1}$  bandının varlığı bu işlemin düşük sıcaklıkta tavlansak yapıldığının göstergesidir.

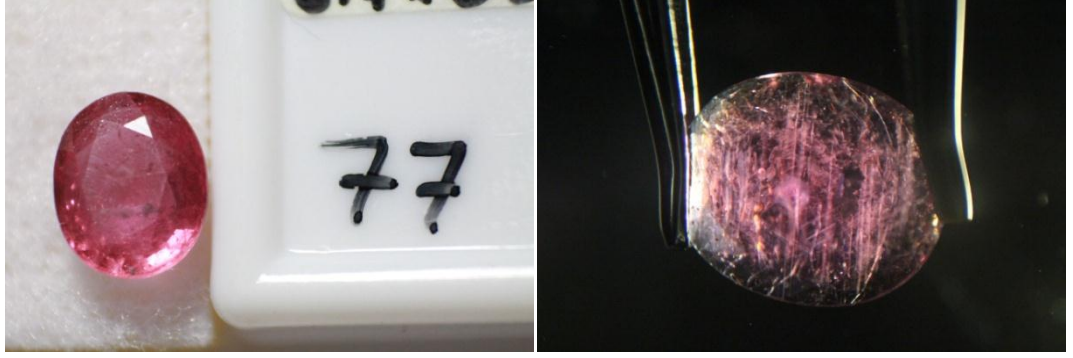


Şekil 3.14 43 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü.

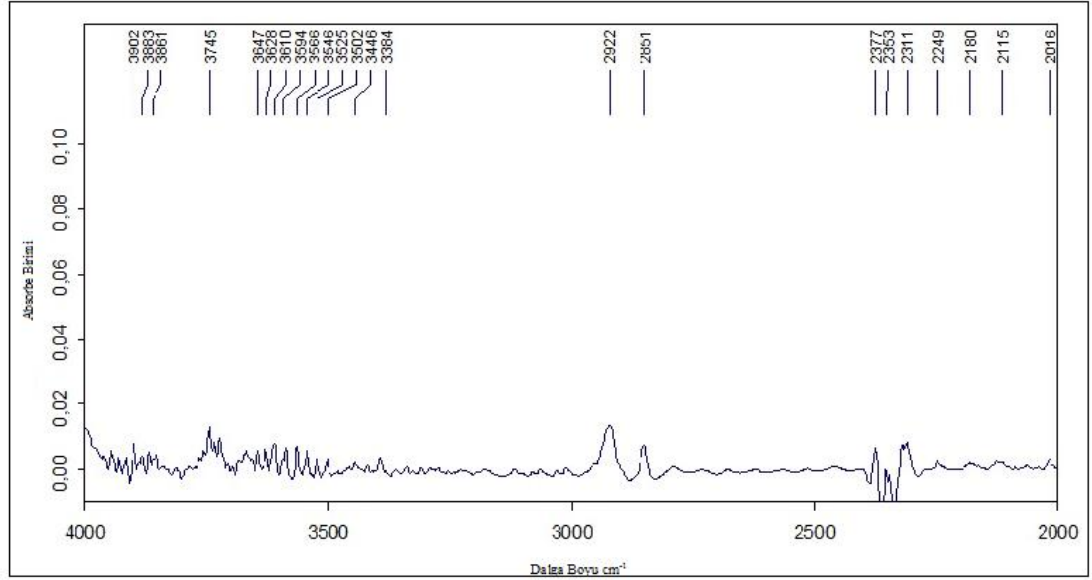
Şekil 3.15’deki 43 nolu örneğe ait spektrumda  $2570\text{ cm}^{-1}$  bölgesinde oluşan farklı bir band ile  $3000\text{ cm}^{-1} - 3350\text{ cm}^{-1}$  aralığında hiçbir emilim görülmemesi taşın yüksek bir sıcaklığa maruz kaldığını göstermektedir. Taşa ait resim incelendiğinde opak, heterojen ve lekeli renklenme Co difüzyonunu işaret eder (Şekil 3.14).



Şekil 3.15 43 nolu yakut taşı örneğinin DGL’ de çekilen FT-IR spektrumu.



Şekil 3.16 77 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü.

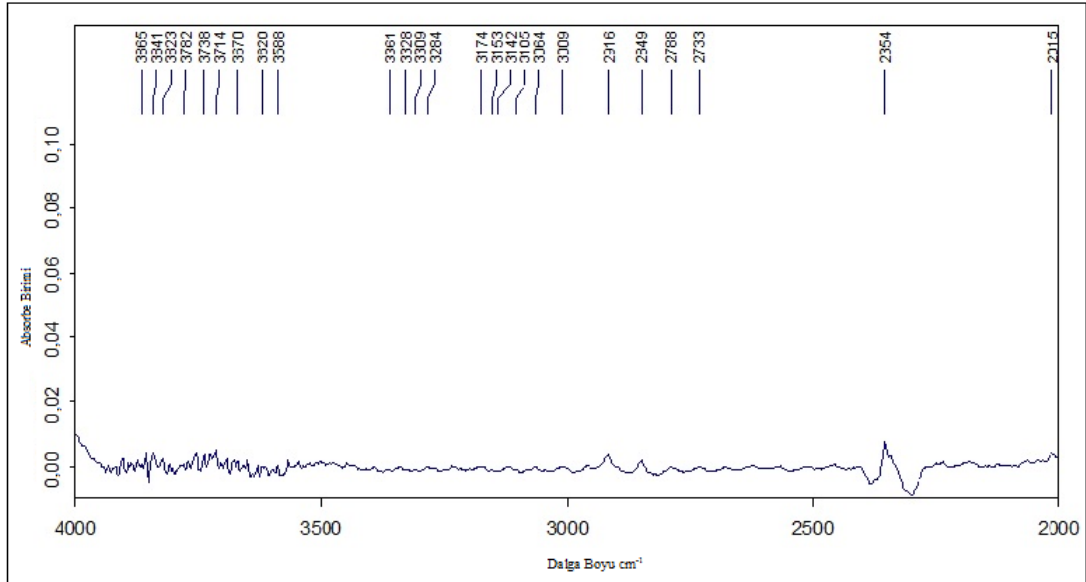


Şekil 3.17 77 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilen FT-IR spektrumu.

77 numaralı örneğe ait spektrumda  $2377\text{ cm}^{-1}$  ve  $2353\text{ cm}^{-1}$  pikleri atmosferik koşullardan dolayı oluşan pikler olup, OH bölgesi olan  $3000\text{ cm}^{-1}$  -  $3350\text{ cm}^{-1}$  bölgesinde emilim olmaması bu taşın yüksek sıcaklık muamelesi gördüğünü gösteriyor (Şekil 3.17).

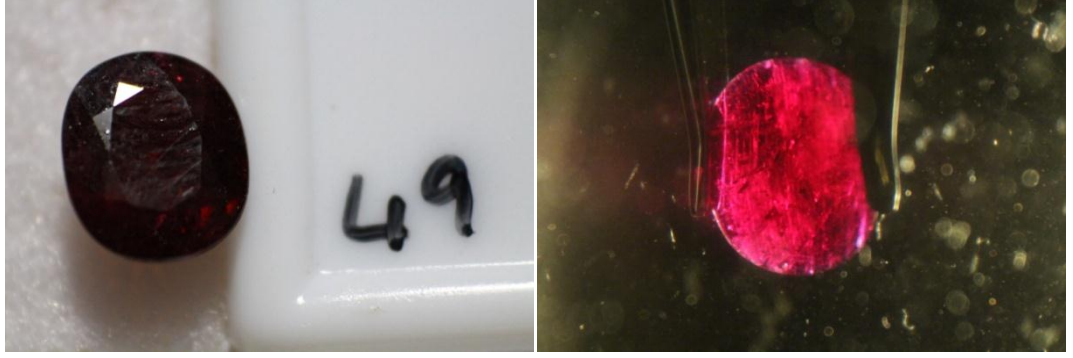


Şekil 3.18 24 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü.

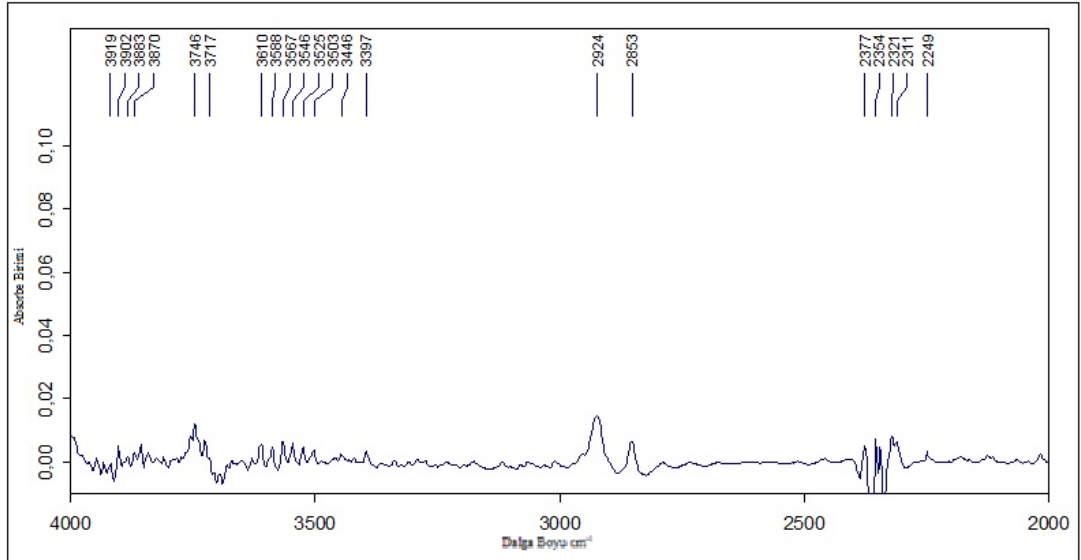


Şekil 3.19 24 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilen FT-IR spektrumu.

24 numaralı örneğe ait Şekil 3.18'i incelediğimizde örneğin içerisindeki mavilikler ve bunun taşın çoğunda görünmesi yüksek sıcaklıkta yoğun bir cam dolgusu olduğunu göstermektedir. İç kısımdaki opak beyaz görüntüde aynı zamanda berilyum difüzyonunu işaret eder. Aynı zamanda Şekil 3.19'daki spektrumda görülen diğer örneklerden çok farklı olan veriler bu işlemlerin varlığını desteklemektedir.



Şekil 3.20 49 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü.

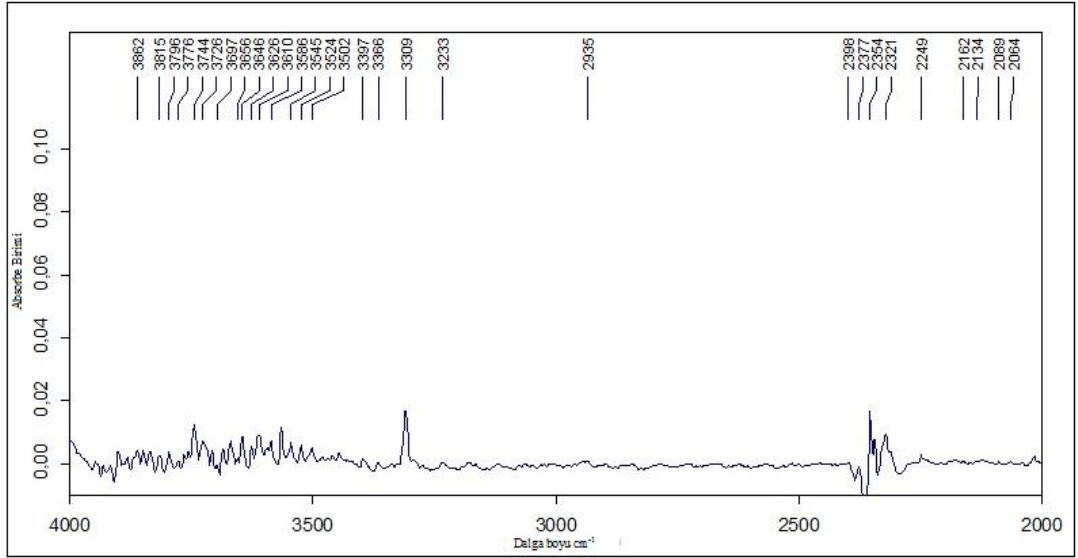


Şekil 3.21 49 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilen FT-IR spektrumu.

İncelediğimiz 49 nolu örneğin Şekil 3.20'deki görüntüsündeki temizlik doğal bir yapıyı göstermektedir. Ancak Şekil 3.21'deki spektrumda  $3309 \text{ cm}^{-1}$  pikinin bulunmaması bize sadece sıcaklık tedavisinin varlığını gösterir.

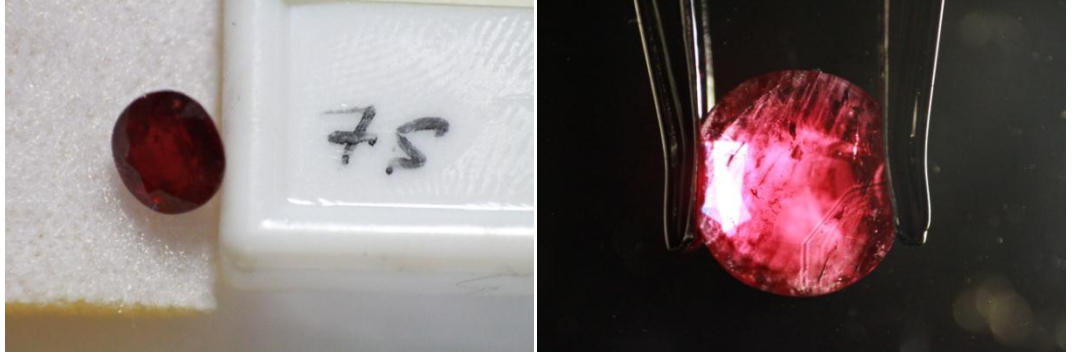


Şekil 3.22 50 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü.



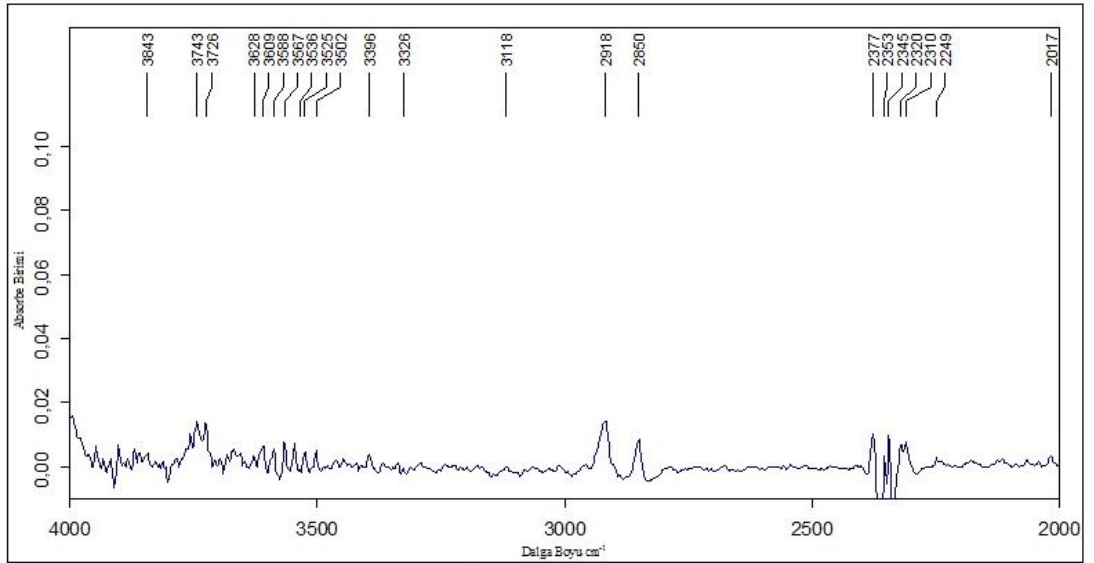
Şekil 3.23 50 nolu yakut taşı örneğinin DGL’ de çekilen FT-IR spektrumu.

50 nolu örneğin Şekil 3.23’teki spektrum incelendiğinde  $3309\text{ cm}^{-1}$  ve  $3233\text{ cm}^{-1}$  piklerinin varlığı ve aynı zamanda taşın Şekil 3.22’deki temiz görüntü tedavisiz olduğunu gösterir.

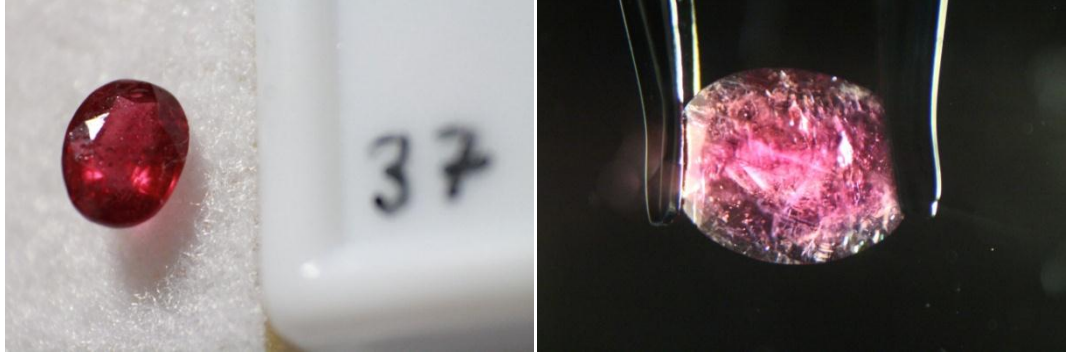


Şekil 3.24 75 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü.

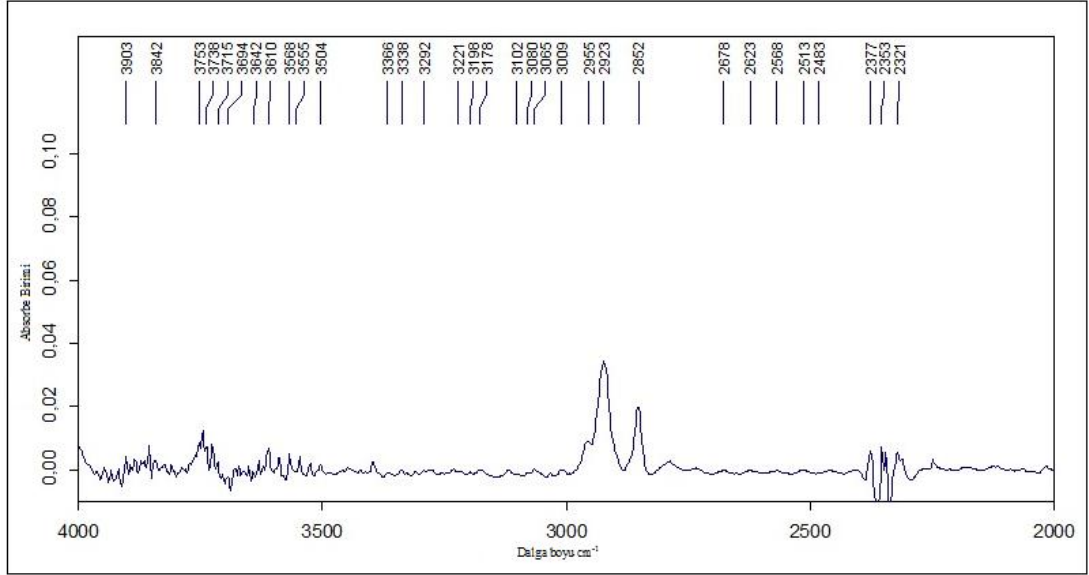
Metilen iyodür sıvısı içinde gözlemlenen 75 numaralı yakutun içerisindeki beyaz renk ve alt sınırlarında oluşan harenme difüzyon muamelesi gördüğünün bir kanıtıdır (Şekil 3.24). Şekil 3.25'deki spektrumdaki  $3700\text{ cm}^{-1}$  - $3750\text{ cm}^{-1}$  bandında görülen hareketlenmeyle  $3309\text{ cm}^{-1}$  pikinin yokluğu difüzyon ile ilgili emilimleri göstererek Şekil 3.24' ü desteklemektedir.



Şekil 3.25 75 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilen FT-IR spektrumu.



Şekil 3.26 37 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü.

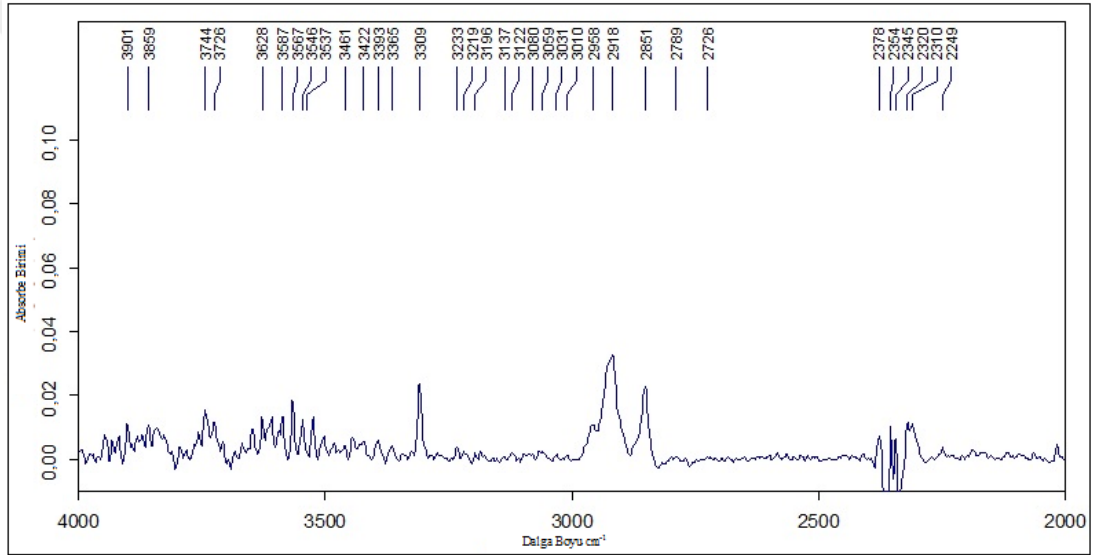


Şekil 3.27 37 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilen FT-IR spektrumu

37 numaralı yakut örneğine ait Şekil 3.26'yı incelediğimizde taşın ortasında yer alan sola yatık v şeklindeki uçuk mavi renklenme çatlağın cam dolgu yapıldığını göstermekte olup örneğe ait Şekil 3.27'deki spektrumda 3309  $\text{cm}^{-1}$  pikinin yokluğu bize yüksek bir sıcaklığa maruz kaldığını desteklemektedir.

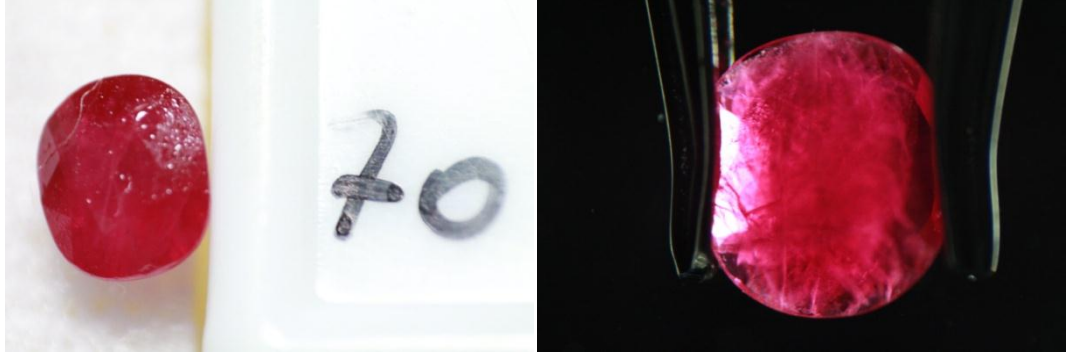


Şekil 3.28 81 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü.

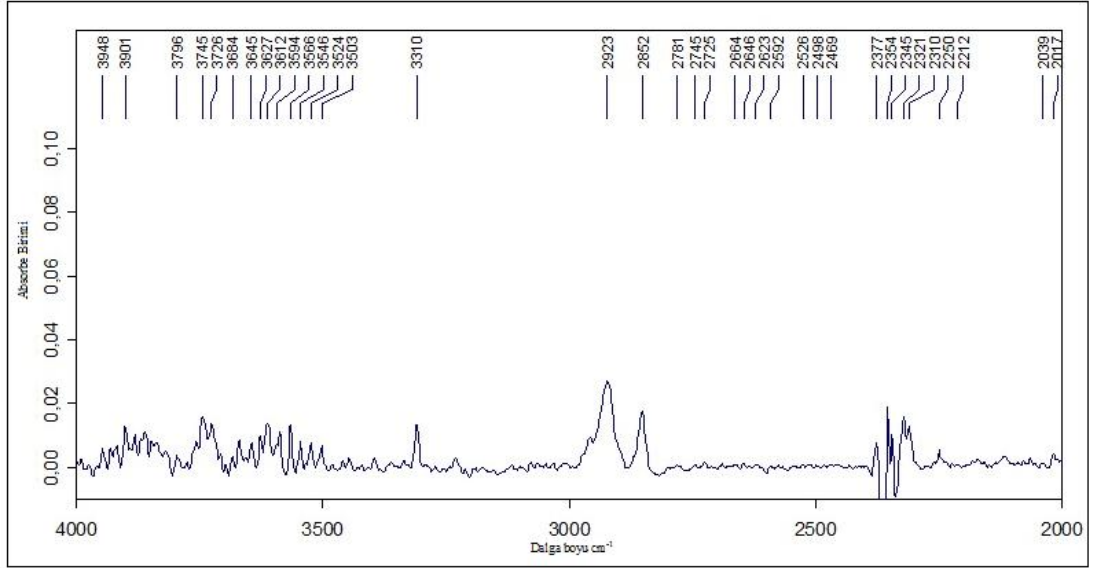


Şekil 3.29 81 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilen FT-IR spektrumu.

81 numaralı örneğin FT-IR spektrumu incelendiğinde karşımıza işlem görmemiş bir yakut çıkmaktadır. Ancak Şekil 3.28'deki immersiyonoskop görüntüsü incelendiğinde taşın orta bölümünde yoğunlaşmış heterojen görüntü Co difüzyonunu göstermektedir.

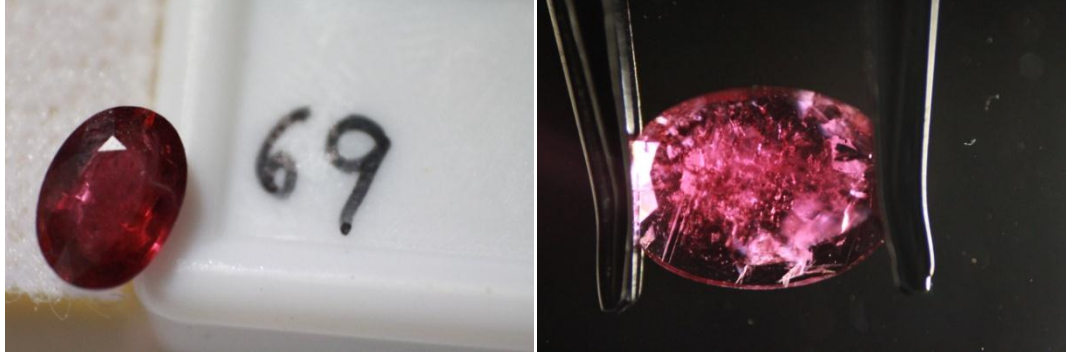


Şekil 3.30 70 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü.

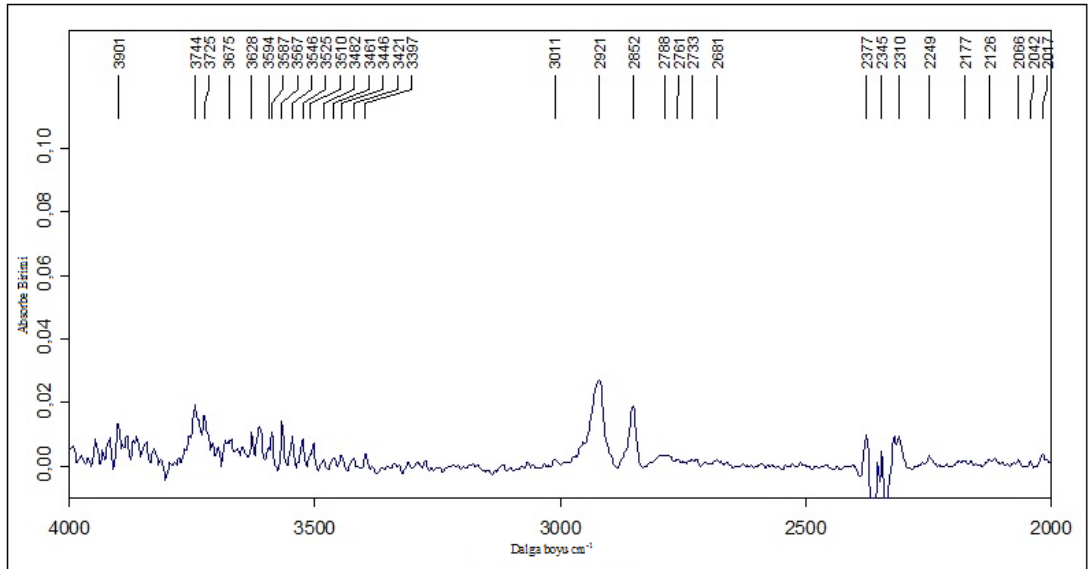


Şekil 3.31 70 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilen FT-IR spektrumu.

Şekil 3.30'daki netlik ve Şekil 3.31'deki FT-IR spektrumundaki pikler incelendiğinde 70 numaralı örneğin tedavi görmemiş bir yakut olduğunu görmekteyiz.

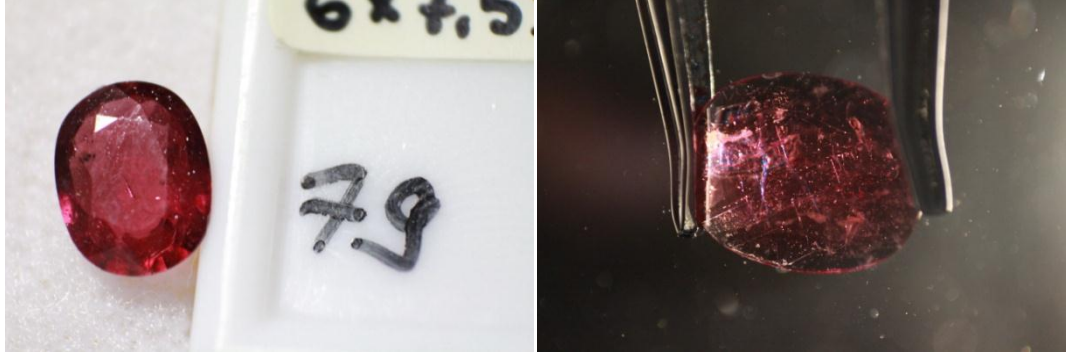


Şekil 3.32 69 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü.

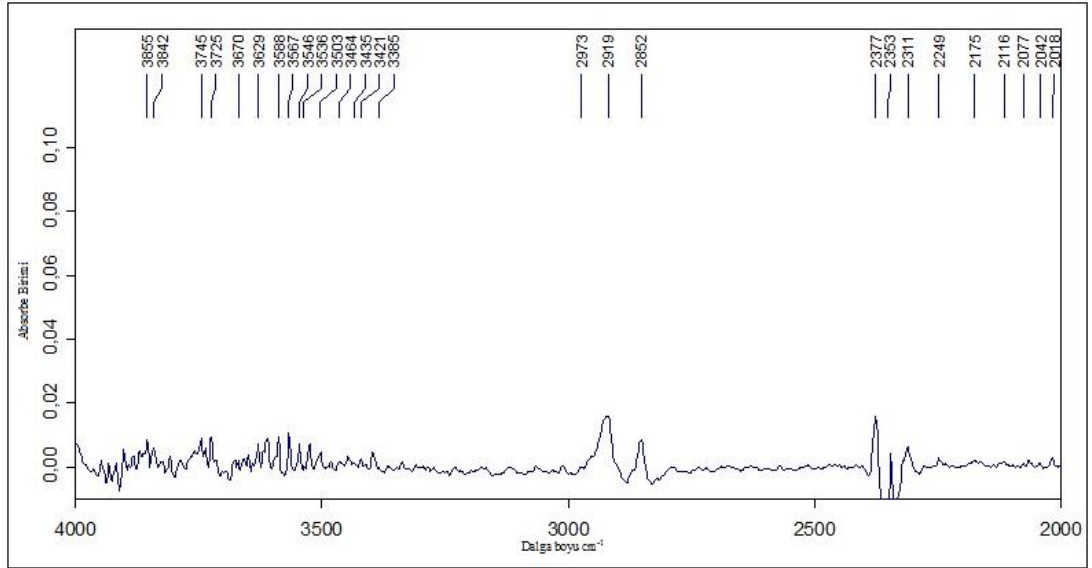


Şekil 3.33 69 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilen FT-IR spektrumu.

69 numaralı örnekte  $3000\text{ cm}^{-1}$  ve  $3350\text{ cm}^{-1}$  bandında OH emilim piklerinin yokluğu bize sıcaklık tedavisinin varlığını gösteriyor (Şekil 3.33). Şekil 3.32'deki immersiyonoskop görüntüsünde sol altta bulunan bulanık beyaz lekelenme tedavi varlığını desteklemektedir.

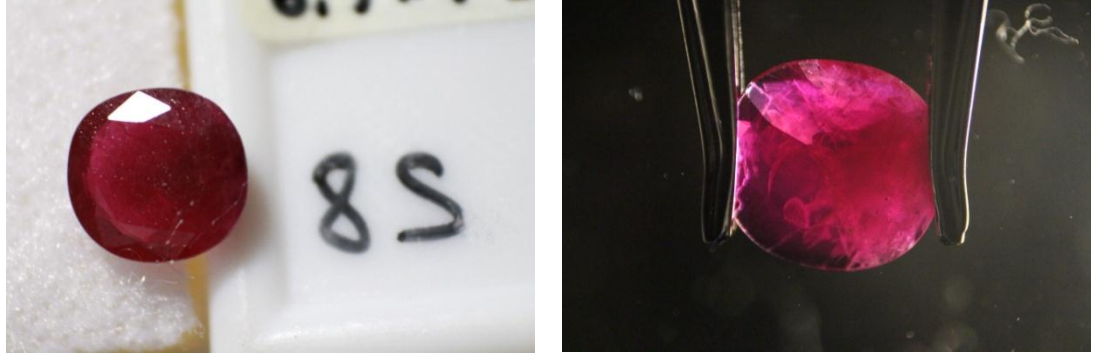


Şekil 3.34 79 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü.

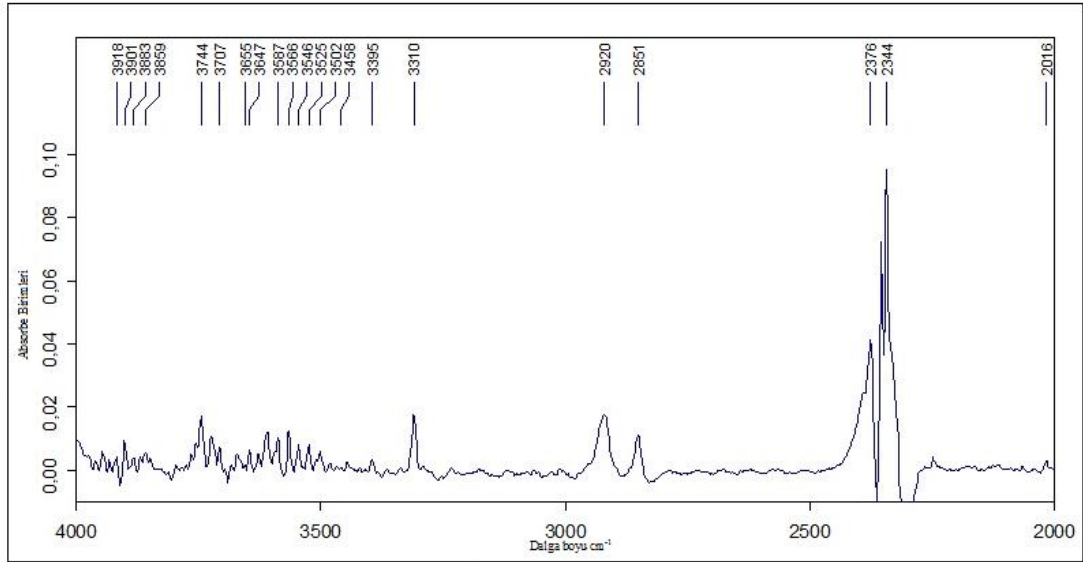


Şekil 3.35 79 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilen FT-IR spektrumu.

79 nolu örnek incelendiğinde immersiyonoskop görüntüsündeki mavi renkler cam dolgu tedavisini (Şekil 3.34); FT-IR spektrumundaki  $3310\text{ cm}^{-1}$  pikinin yokluğu bu tedavinin varlığını desteklemektedir (Şekil 3.35).

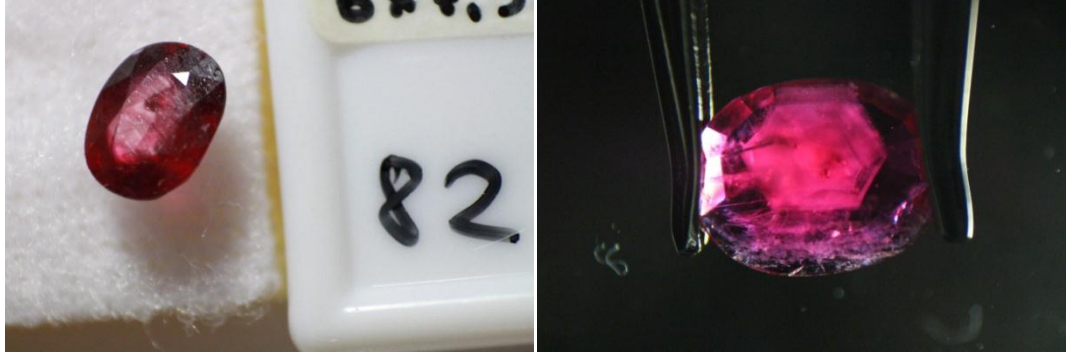


Şekil 3.36 85 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü.

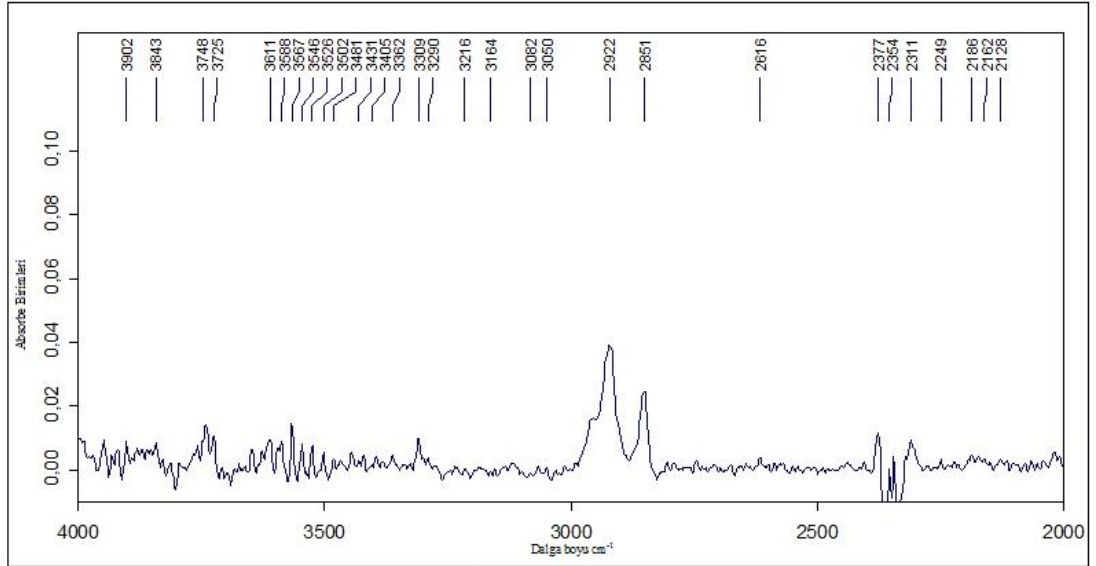


Şekil 3.37 85 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilen FT-IR spektrumu.

Şekil 3.36'daki 85 numaralı örneğin immersiyonoskop görüntüsü incelendiğinde dumanlı bir görüntü gözlenmiştir. Aynı örneğin Şekil 3.37'deki FT-IR spektrumundaki baskın gözlenen Co ile ilişkili  $2379\text{ cm}^{-1}$ ,  $2341\text{ cm}^{-1}$  ve  $2445\text{ cm}^{-1}$  pikleri difüzyon muamelesi olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.38 82 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü.

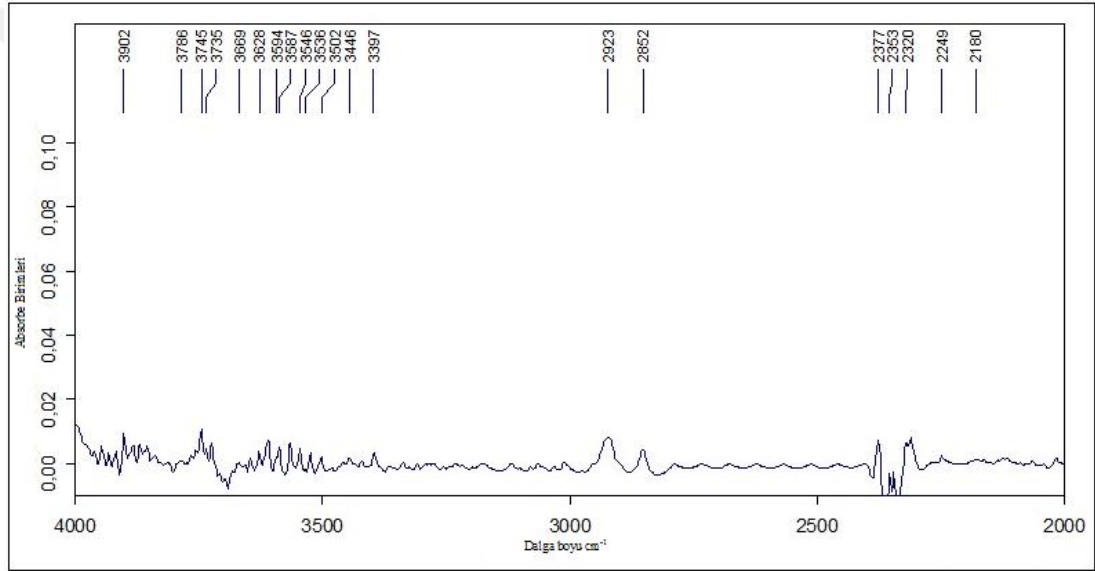


Şekil 3.39 82 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilen FT-IR spektrumu.

82 nolu örneğin Şekil 3.39'daki verileri incelendiğinde  $3310 \text{ cm}^{-1}$  pikinin düşük varlığı ve incelenen Şekil 3.38'deki resim temizliği düşük sıcaklığa maruz kaldığını göstermektedir.

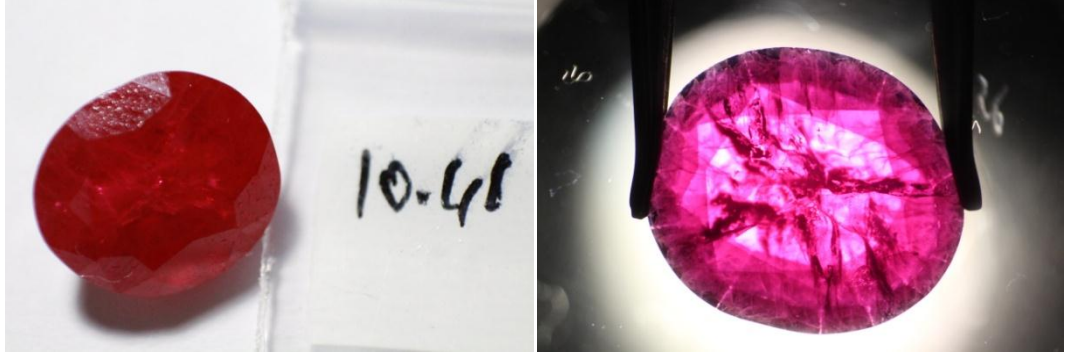


Şekil 3.40 62 nolu yakut taşı örneğinin doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü.

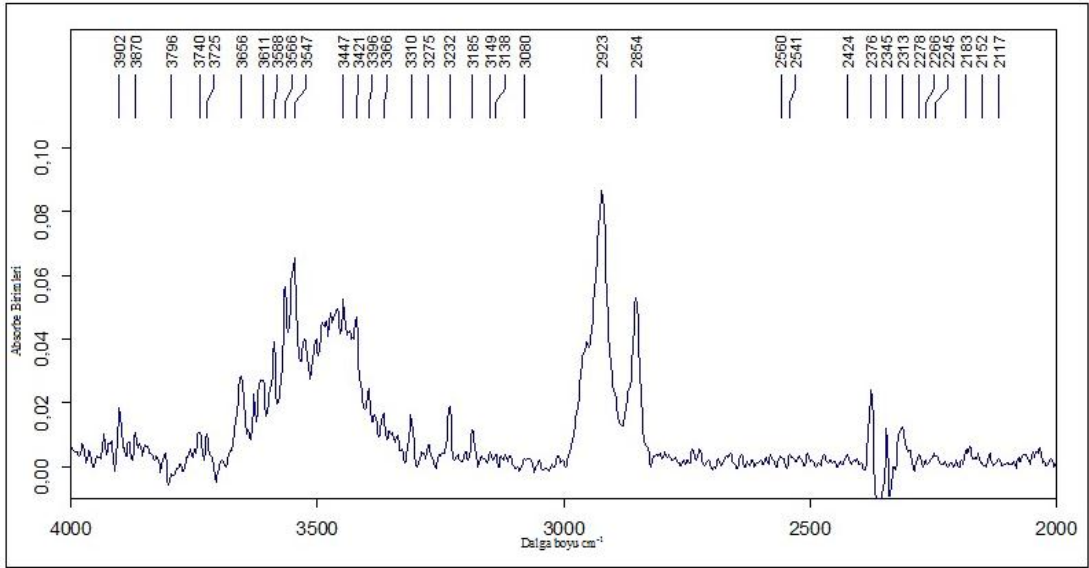


Şekil 3.41 62 nolu yakut taşı örneğinin DGL' de çekilen FT-IR spektrumu.

62 numaralı örneğe ait Şekil 3.40'daki veriler incelendiğinde kenar kısımdaki koyu mavi çizgisel renk cam dolgu tedavisini; FT-IR spektrumuda bu işlemin varlığını desteklemektedir (Şekil 3.41).



Şekil 3.42 Sentetik yakutun doğal ortamda ve 1,57 kırılma indisine sahip sıvı içindeki görüntüsü.



Şekil 3.43 Sentetik yakut örneğinin DGL' de çekilen FT-IR spektrumu.



Şekil 3.44 Polariskop ve refraktometre kombine cihazı.



Şekil 3.45 İmmersiyonoskop cihazı.



Şekil 3.46 FT-IR cihazı.

Dokuz Eylül Gemoloji Laboratuvarı'nda yakut taşı örneklerinin incelenmesinde kullanılan cihazların resimleri Şekil 3.44, 3.45 ve 3.46'da verilmiştir

## BÖLÜM DÖRT

### SONUÇLAR

Bu çalışmada amaç yakutlara yapılan tedavi işlemlerini örneğe zarar vermeden tespit edebilecek bir yöntem geliştirmektir. Çünkü işlenmiş taşların tedavi görüp görmediklerini ispatlamak için dolgu camını ve kompozit reçineyi eritebilen hidroflorik asit içerisine atılıyordu. Böylelikle taşın dolgu tedavisi görüp görmediği ispatlanıyordu. Ancak bu işlem sonucunda taş tedavili ise dolgu malzemesi çözüldüğü için taşlar kum gibi dağılarak kullanılamaz hale geliyordu. Yaptığımız çalışmada taşa zarar vermeden doğal yakutla sentetik olarak üretilmiş veya tedavi görmüş yakutları inceleyerek tedavinin varlığının anlaşılmasının mümkün olup olmadığını ispatlamaktı. Seçilen örnekler kırılma indisi 1,57 olan metilen iyodür sıvısı içerisinde gemoloji mikroskobu ve immersiyonoskop kullanarak incelendi. Makro özellikli makine ile görüntüler fotoğraflandı. Örneklerin içyapılarında bulunan çatlaklara yapılmış olan cam dolgulu bölümler mavi ve yeşil renklerde görüldüğü saptandı. Berilyum difüzyonu yapılmış taşlarda görüntü yoğun opak ve beyazlık; kobalt difüzyonu yapılmış taşlarda ise yüzey kısımda sivilcelenme şeklinde heterojen renklemeler saptandı. Sentetik taşlarda ise etsi bir görüntü olduğu tespit edildi. Ayrıca FT-IR spektroskopi cihazı kullanılarak numunelerin spektrumları çekildi. Mineralin içerisinde bulunması gereken OH (hidroksil su)'ya karşılık gelen  $3310\text{ cm}^{-1}$  pikinin var olup olmadığı incelendi. Bu pikin yokluğu bize taşın yüksek sıcaklığa maruz kaldığını; bazı numunelerde de bu pikin varlığının normalden fazla olması düşük sıcaklıkta difüzyon tedavisi yapıldığını gösterdi. Böylelikle FT-IR cihazı ve immersiyonoskop kullanarak bu taşlara zarar vermeden üzerinde yapılan tüm tedavi işlemleri kolay bir şekilde görülebileceği tespit edildi.

## KAYNAKLAR

Duroc-Danner, J.M., (2002). *A study of Colombian corundum Geneva Switzerland* .  
19 Eylül 2015, [http://www.gemnantes.fr/documents/pdf/DUGs/Duroc-Danner\\_DUG.pdf](http://www.gemnantes.fr/documents/pdf/DUGs/Duroc-Danner_DUG.pdf)

Emmeth, J. L., Scarrett, K., McClure, S. F., Moses, T., Douthit, T. R., Huges, R., ve diğeri., (2003). Beryllium diffusion of ruby and sapphire. *Gems & Gemology*, 39 (2), 84-133.

Hatipoğlu, M. (2011). *Renkli kıymetli taşlar*. İzmir: Zeus Kitabevi.

Kane, R.E. (1985). A preliminary report on the new Lechleitner synthetic ruby and synthetic blue sapphire. *Gems & Gemology*, 21 (1), 35–39.

Lowry, S. (2002). *Analysis of rubies and sapphires by FT-IR spectroscopy*. 15 Mart 2015, <http://www.thermoscientific.com/content/dam/tfs/ATG/CAD/CAD%20Documents/Application%20&%20Technical%20Notes/Molecular%20Spectroscopy/FTIR/FTIR%20Spectrometers/D10280~.pdf>

McClure, S.F., Kane, R.E. ve Sturman, N. (2010). Gemstone enhancement and its detection in the 2000s. *Gems & Gemology*, 46 (3), 218-230.

Nassau, K. (1981). Heat treatment ruby and sapphire technical aspect. *Gems & Gemology*, 17 (3), 121-131.