

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAZI GIDALARDAKİ MİKROPLASTİK KİRLİLİĞİNİN TESPİTİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sema Zülal BALCI

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Meral YURTSEVER

Ağustos 2020

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Sema Zülal BALCI

10.08.2020

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitiminin boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardım ve desteklerini esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Doç. Dr. Meral YURTSEVER'e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında bana yol gösteren ve her konuda destek olan aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Laboratuvar çalışmalarımda bana yardımcı olan sevgili arkadaşlarım Tarık Can KARAPIÇAK, Ahsen ÖZER, Burak İLERİ ve Furkan BAŐARGAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma, 118Y515 numaralı proje ile TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir. Çalışmanın gerçekleşmesine katkı sağlayan TÜBİTAK'a şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
TABLolar LİSTESİ	vi
ÖZET	Vii
SUMMARY	Viii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
KAYNAK ARAŞTIRMASI	6
2.1. Su Ürünleri ve Bazı Gıdalarda Mikroplastikler.....	6
2.2. Mikroplastiklerin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri	9
BÖLÜM 3.	
MATERYAL VE YÖNTEM	14
3.1. Materyal	14
3.1.1. Malzeme temini.....	14
3.1.2. Kullanılan alet ve ekipman	14
3.1.3. Kullanılan kimyasal çözeltiler.....	14
3.2. Yöntem	15
3.2.1. Tuz analizi.....	15
3.2.2. Şeker analizi.....	15

3.2.3. Poşet çay analizi.....	15
3.2.4. Ortamdan kaynaklanabilecek kontaminasyonu önleme.....	17
3.2.5. Mikroskop incelemeleri.....	18
3.2.6. ATR-FT-IR analizi.....	20

BÖLÜM 4.

ARAŞTIRMA BULGULARI	22
4.1. Mikroskop İnceleme Sonuçları	22
4.2. ATR-FT-IR Sonuçları	27

BÖLÜM 5.

TARTIŞMA VE SONUÇ	28
KAYNAKLAR	31
EKLER	40
ÖZGEÇMİŞ	87

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ATR FTIR	: Attenuated total reflection/ fourier dönüşümlü infrared spektrofotometre
BPA	: Bisfenol-A
DDT	: Dikloro difenil trikloroethan
HOC	: Hidrofobik organik kirleticiler
KOK	: Kalıcı organik kirleticiler
MP	: Mikroplastik
PA	: Poliamid
PAH	: Polisiklik aromatik hidrokarbonlar
PBDE	: Polibromlu difenil eter
PCB	: Poliklorlu bifeniller
PE	: Polietilen
PET	: Polietilen tereftalat
PP	: Polipropilen
PS	: Polistiren
PVC	: Polivinil klorür
SB	: Antimon

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Marketlerde poşet çay reyonu.....	16
Şekil 3.2. İncelenen poşet çaylar (demlik ve bardak poşeti) ve stick çay (c) türleri	16
Şekil 3.3. Mikroplastik incelemede ortamdan kirlilik bulaşmasını önleme tedbiri.....	17
Şekil 3.4. Tuz numunelerinde mikroplastikler	18
Şekil 3.5. Şeker numunelerinde mikroplastikler.....	19
Şekil 3.6. Çay numunelerinde mikroplastikler.....	20
Şekil 3.7. ATR-FT-IR cihazı (Bruker – Lumos).....	21
Şekil 4.1. Tuz numunelerine ait boy dağılımı.....	24
Şekil 4.2. Şeker numunelerine ait boy dağılımı	24
Şekil 4.3. Çay numunelerine ait boy dağılımı.....	24
Şekil 4.4. Tuz numunelerinde renklerine göre mikroplastik lifler.....	25
Şekil 4.5. Şeker numunelerinde renklerine göre mikroplastik lifler.....	25

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 4.1. Tuz numunelerine ait sonuçlar.....	22
Tablo 4.2. Şeker numunelerine ait sonuçlar	22
Tablo 4.3. Çay numunelerine ait sonuçlar	23



ÖZET

Anahtar kelimeler: Mikroplastik; kirlilik; gıda; sentetik mikrolif; çay; şeker; tuz

Mikroplastikler (MP), öncelikli kirleticiler kapsamında ele alınan çevresel kirleticilerdir. Günümüzde böyle bir kirleticinin, çok fazla tüketilen gıdalarda bulunması ihtimali endişe vericidir.

Bu çalışmanın temel amacı ülkemizde marketlerde satılan farklı marka tuz, şeker ve poşet çay örneklerinde bulunan mikroplastik kirliliğinin tespit edilmesidir. Bu amaçla, marketlerden alınan farklı 5 marka tuz, 5 marka şeker ve 15 marka poşet çay numuneleri incelenmiştir. Öncelikle filtrasyon, organiklerin oksidasyonu, yüzdürme gibi ön ayırma işlemleriyle muamele edilen numuneler bir ışık mikroskobu altında incelenmiştir. İncelenen numuneler renklerine, şekillerine ve boyutlarına göre kategorize edilerek sayılmıştır. Daha sonra bulunan mikroplastiklerin polimer tipini tespit etmek amacıyla ATR-FT-IR (Zayıflatılmış Toplam Yansımali- Fourier Dönüşümlü Infrared Spektrofotometre) analizleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda; tuz ve şeker numunelerinde en fazla lacivert tonlarında liflere rastlanmıştır. ATR-FTIR sonuçlarına göre ise, tuz ve şeker numunelerinde polietilen tereftalat (PET), polipropilen (PP) ve polyamid (PA) tipindeki polimerler çoğunluktadır.

Ürün üretim teknolojileri ve tüketim tercihleri çevrede oluşması muhtemel atık cinsini ve miktarını da belirleyici bir rol oynamaktadır. Marketlerdeki dökme ve sallama (poşet) çayların reyonuna bakıldığında sallama çayların neredeyse dökme çaylardan daha fazla yer kapladığı görülmektedir. Bu da insanımızın poşet çayları da büyük oranda tükettiğinin bir göstergesidir. Bu çalışmada, farklı poşet çay dokuları ATR-FT-IR ile analiz edilmiştir. Ağırlıklı olarak selüloz yapısındaki örgüsüz dokular kullanılsa da bu malzemelerin içerisinde destek materyali olarak polyester gibi bazı plastik polimerlerin kullanıldığı anlaşılmıştır.

DETERMINATION OF MICROPLASTIC IN SOME FOODS

SUMMARY

Keywords; Microplastic; pollution; food; synthetic microfibre; tea; sugar; salt

Microplastics (MP) are environmental pollutants that are considered as priority pollutants. Nowadays, the possibility that such a pollutant is found in foods consumed too much is worrying.

The main purpose of this study is to determine the microplastic pollution of different brands of salt, sugar and tea bags sold in markets in our country. For this purpose, samples of 5 different brands of salt, 5 brands of sugar and 15 brands of tea from the markets were examined. Primarily, samples treated with pre-separation processes such as filtration, oxidation of organics, flotation were examined under a light microscope. At the end of the investigations, they were counted and categorized according to their colors, shapes and sizes. Then, ATR-FT-IR analyzes were performed to determine the polymer type of the microplastics.

In the results of working; salt and sugar samples were mostly found in navy blue tones. According to FTIR results, polyethylene terephthalate, polypropylene and polyamide type polymers are the majority in salt and sugar samples. Product production technologies and consumption preferences also play a decisive role in the type and amount of waste likely to occur in the environment. When we look at the department of bulk and teabags in the markets, it is seen that teabags take up more space than the bulk teas. This is an indication that our people also consume tea bags. In this study, sachet tea tissue was analyzed by FT-IR. Although non-woven fabrics of predominantly cellulose structure are used, it has been found that certain plastic polymers are used as support materials in these materials.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Plastikler, petrol ve gazdan ekstrakte edilen monomerlerin polimerizasyonundan elde edilen sentetik organik polimerlerdir (Cole vd., 2011). Plastikler, polipropilene (PP), polietilene (PE), polistirene (PS), polivinilklorür (PVC), polietilene tereftalat (PET), poliamidler (PA) ve benzeri olmak üzere çok çeşitli polimer tiplerinden oluşur. Temel olarak petrol, doğal gaz veya kömür gibi fosil yakıtlardan üretilmiştir ve son ürünlerin farklı ihtiyaçlarını karşılamak üzere tasarlanmıştır. Çok yönlü kullanım potansiyeli taşımaları, uzun ömürleri ve düşük maliyetleri sayesinde plastikler; paketlenme, inşaat, nakliye, elektrikli ve elektronik cihazlar, tarım, spor, medikal uygulamalar ve benzeri gibi sayısız birçok stratejik sektörde önemli bir rol oynamıştır (Plastics Europe, 2017).

Plastiklerin yaygın olarak uygulanması, geçtiğimiz yıllarda sürekli bir büyümeye tanık olan ve 2016 yılında 335 milyon ton verime ulaşan dünya plastik üretiminin hızını arttırmaktadır (Plastics Europe, 2017). Plastiklerin çoğunluğu, kısa bir servis ömründen sonra yaklaşık saniyelerle bile ifade edilebilecek süreler içerisinde atığa dönüşebilen ambalajlar tipindedir (Dünya Ekonomik Forumu, 2016). Çok fazla plastik ürün kullanımı, plastik atıkların uygun olmayan şekilde bertarafı ve plastik malzemelerin doğada yüzyıllar boyu çözünmeyen inatçı doğası nedeniyle, plastik atıklar hem karasal hem de sucul ekosistemlerde kontrolsüz bir oranda birikmektedir (Barnes vd., 2009; Rillig, 2012). Dünya okyanuslarına her yıl en az 8 milyon ton plastik atığın bırakıldığı ve 2050 yılına kadar deniz plastiklerinin ağırlığının %20'yi geçeceği tahmin edilmektedir (Dünya Ekonomik Forumu, 2016). Plastiklerin aşırı birikiminin yanı sıra özellikle son on yılda yapılan araştırmalarda plastik parçalarının da (nano ve mikroplastikler) doğal ortamlarda arttığına anlaşılmıştır, bu kirlilik konusunda küresel kaygıları artırmaya yetmiştir (Cozar vd., 2014; Auta vd., 2017).

Plastiklerin güneş ışığı, hava, dalga etkisi, rüzgar veya canlılar tarafından fiziksel etkilere maruz kalarak parçalanmasıyla mikroplastikler oluşmaktadır (Barnes vd., 2009; Cole vd., 2011). Mikroplastikler, küresel çevre kirletici olarak kabul edilen 5 mm' den küçük plastik parçacıklardır. Çevrede bulunan mikroplastikler, daha büyük plastik parçaların parçalanmasından ya da çeşitli endüstrilerde ve tüketicilere sunulan ürünlerde kullanılan mikro boyutlu parçacıkların kullanılmasından kaynaklanmaktadır (Yurtsever, 2015). Başlarda mikroplastikleri tanımlamak için farklı farklı boyutlandırma kabulleri yapılmıştır. Örneğin; Graham ve arkadaşları (2009) boyutları <10 mm, Derraik (2002) 2-6 mm arasında, Ryan ve arkadaşları (2009) <2 mm, Browne ve arkadaşları (2010) <1 mm olan plastik parçacıklarını mikroplastik olarak kabul etmişlerdir (Cole vd., 2011).

Görüldüğü üzere başlarda bilim insanları arasında mikroplastikler için genel kabul görmüş bir boyutlandırma olmamasına rağmen (Hidalgo-Ruz vd., 2012), genel olarak Amerika Çevre Koruma Ajansının yapmış olduğu boyutlandırma tercih edilmektedir, buna göre; mikroplastikler <5 mm, mezoplastikler 5-20 mm ve makro plastikler >20 mm olarak ifade edilmektedir (USEPA, 2011). Çevrede büyük bir kirlilik oluşturduğu bilinen atık plastiklerin boyutları ve diğer özellikleri ile ilgili yayınlanan çalışmalarda birçok kavram karmaşasına rastlanabilmektedir. Bundan dolayı günümüzde, "mikroplastığın babası" olarak anılan deniz biyolojisi profesörü Richard Thompson' un da bulunduğu bir uzman grup tarafından, plastik çöp parçacıkları için boyut sınıflandırması yapılmıştır (Hartmann vd., 2019). Bu yeni sınıflandırmaya göre plastikler: küçükten büyüğe doğru;

- Nanoplastikler: 1nm-1000 nm,
- Mikroplastikler: 1 µm -1000 µm,
- Mezoplastikler: 1mm-10 mm,
- Makroplastikler: ≥1 cm plastik parçalarıdır.

Mikroplastikler kaynaklarına göre birincil ve ikincil mikroplastikler olarak ikiye ayrılır. Birincil mikroplastikler, küçük boyutlarda üretilen mikroplastiklerdir. İkincil mikroplastikler ise normal boyutta veya daha büyük boyutta olan mikroplastiklerin

parçalanması sonucu meydana gelen plastiklerdir. Bu parçalanma, ultraviyole ışınları etkisiyle, antropojenik veya doğal (su, hava, rüzgâr gibi) etkilerle olabilir (Yurtsever, 2015). Mikroplastiklerin kaynakları olarak; plastik fabrikalarının üretim peleti döküntü ve/veya atıkları (birincil), kozmetiklerdeki mikroboncuklar (birincil) (Yurtsever ve Yurtsever, 2019; Hidalgo-Ruz vd., 2012), sentetik tekstil ürünlerinden dökülen mikrolifler (De Falco vd., 2020), otomobil lastiklerinden aşınıp kopan parçacıklar (Ziajahromi vd., 2020) ve kısacası plastiklerin çevrede zamanla küçük parçacıklara dönüşmesi (ikincil mikroplastikler) sayılabilir (de Lucia vd., 2014; da Costa vd., 2016; Bråte vd., 2016). İkincil mikroplastik kaynakları, çeşitli fiziksel, biyolojik ve kimyasal süreçler nedeniyle denizde ve karada parçalanmış plastik artıklardan oluşmaktadır (Wu vd., 2017). Gündelik yaşamda yaygın kullanılan plastik ambalajları, kapları, torbaları, bantları ve kapakları açmak için yapılan makasla kesme, elle yırtma veya bıçakla kesme gibi basit işlemlerde bile yaklaşık 0.46-250 mikroplastik/cm üretebilmektedir (Sobhani vd., 2020).

Mikroplastikler, toksik etkilerinden, kalıcılıklarından yani doğada çok uzun yıllar yok olmamalarından ve her yerde bulunmalarından dolayı önemli bir çevre kirleticisi olarak kabul edilmektedir (Song vd., 2015). Mikroplastikler üzerine yapılan ilk çalışmalar su ekosistemlerinde yapılmıştır ve bu yüzden mikroplastikler önemli bir deniz kirleticisi olarak kabul edilmiştir. Fakat son yıllarda yapılan araştırmalar; mikroplastiklerin hava ve toprakta da yoğun olarak bulunduğu göstermiştir (Steinmetz vd., 2016; Dehghani vd., 2017; Bläsing ve Amelung, 2018).

Ekosistem üzerindeki çeşitli olumsuz etkisi bilinen ve hatta insan sağlığı üzerinde de potansiyel riskleri olabilecek mikroplastiklere (Waring vd., 2018) ve nanoplastiklere (Lehner vd., 2019), günümüzde insanlar tarafından tüketilen gıda (Karami vd., 2017; Yurtsever, 2018a; Barboza vd., 2018; Liebezeit ve Liebezeit, 2013; Liebezeit ve Liebezeit, 2014) ve içeceklerde (Kosuth vd., 2018) de sıklıkla rastlanmaya başlamıştır (Yurtsever, 2018b). Plastiklerin mukavemet gibi özelliklerini artırmak veya farklı özellikte ürün elde etmek için plastiklere; Bisfenol A (BPA), kurşun, bakır, kadmiyum gibi ağır metaller veya plastiklerin esnekliklerini artırmak için katılan ftalatlar gibi canlılara zararlı katkı maddeleri kullanılmaktadır. Ayrıca

mikroplastikler DDT, PBDE (Polibromlu difenil eter), PAH, PCB (poliklorlu bifeniller) gibi kalıcı organik kirleticileri ve toksik pestisitleri adsorplayarak yüzeyinde taşıyabilmektedir. Mikron boyutundaki bu plastikler adsorpladıkları organik kirleticilerin besin zinciri yoluyla taşınımına neden olmaktadır (Koelmans vd., 2016; Aslan, 2018).

Mikroplastikler su ortamına girdiklerinde besin zinciri yoluyla taşınımı gerçekleştirebilmektedir (Waring vd., 2018). Zooplanktondan balinalara kadar denizlerde yaşayan her boyutta tür, mikroplastikleri yutabilir. Mikroplastikler, sucul canlıların sindirim sistemlerini bloke ederek organik bileşiklerin canlıların vücuduna girmesine sebep olabilir. Ayrıca plastiklerde bulunan Bisfenol A gibi zehirli kimyasallar, balıkların üreme sistemlerinde endokrin bozucu etki gösterebilir ve üremelerine engel olarak canlılara hem fiziksel hem de kimyasal zarar verebilir. Bu tür potansiyellerinden dolayı plastikler, büyük bir çevresel sorun yaratmaktadır (Ziajahromi, 2017). Balıkların bünyesine giren bu maddeler besin zincirinde yukarıya doğru tırmanarak insan bedenine kadar ulaşabilir. Balık, midye, karides gibi sucul ürün tüketen kişilerde bu zehirli kimyasallara maruz kalma (desorpsiyon sonucu) durumu gerçekleşebilir (Koelmans vd., 2016; Campanale vd., 2020). Sonuç olarak mikroplastiklerin insanlar içinde tehlike oluşturacağı düşünülmektedir (Miranda vd., 2016).

Son yıllarda su kaynaklarında yapılan çalışmalar, su yüzeyinde ve su kolonu boyunca mikroplastiklere rastlandığı hatta su yollarıyla, rüzgarlarla ve diğer doğal ve antropojenik etkilerle sulara taşınan plastik parçacıklarının suların bentik bölgelerine doğru çökerek dip sedimentlerde artarak biriktiğini göstermektedir (Woodall vd., 2013; Yurtsever, 2018b). Örneğin; 1997'de deniz kaplumbağalarının %86'sında deniz memelilerinin %43 ünde deniz kuşlarının ise %44 ünde mikroplastik varlığı tespit edilmiş fakat 2015 yılında yapılan bir araştırmada ise deniz kaplumbağalarının %100' ünde deniz memelilerinin %66' ünde deniz kuşlarının ise %50' sinde mikroplastik varlığı tespit edilmiştir (Zhang vd., 2018).

Suda yaşıyan yenilebilir faunaların neden olduğu geniş mikroplastik madde alımı, gıda güvenliği ve insan sağlığı açısından potansiyel bir risk oluşturmaktadır (Van Cauwenberghe ve Janssen, 2014). Deniz ürünleri (örneğin, yaban hayatı türleri, algler, göl ve deniz tuzları) insanlar için temel bir besin kaynağıdır. Bu tür pek çok ürünün mikroplastiklerle kirlenmiş olduğu, insan sağlığı ve refahı üzerinde gıda olarak uzun süreli tüketiminden kaynaklanabilecek olası olumsuz etkilerinin olabileceği bildirilmektedir (Yang vd., 2015; Karami vd., 2017; Wright ve Kelly, 2017; Barboza vd., 2018). Çoğu çalışmada mikroplastiklerin, insanlar tarafından yiyecek olarak tüketilen, ticari olarak önemli deniz organizmaları tarafından yutulduğunu ve bu organizmalarda fiziksel ve kimyasal olumsuz etkilere neden olduğu ifade edilmektedir (Derraik, 2002; Eriksson ve Burton, 2003; Thompson vd., 2004; Ward ve Shumway, 2004; Browne vd., 2008; Murray ve Cowie, 2011; Foekema vd., 2013; Lima vd., 2015; Neves vd., 2015; Murphy vd., 2017; Pinheiro vd., 2017; Barboza vd., 2018, Pellini vd., 2018; Li vd., 2018).

Deniz ürünlerinin yanı sıra insanlar mikroplastiklere başka yollardan da maruz kalabilirler; örneğin musluk suyu, şişelenmiş sular, soda, bira (Kosuth vd., 2018; Liebezeit ve Liebezeit, 2014), bal, şeker (Liebezeit ve Liebezeit, 2013) gibi insan tüketiminde sıkça kullanılan gıdalardandır. Gıdaların mikroplastik kirliliği açısından incelenmesi, insan sağlığına olası etkilerinin ortaya çıkarılması konusunda eksiklik vardır ve bu araştırmaların yapılması oldukça önemlidir (Peixoto vd., 2019).

Bu çalışmanın temel amacı ülkemizde marketlerde satılan farklı marka sofraya tuzu, şeker ve poşet çaylardaki mikroplastik kirliliğinin incelenmesi, insanların bu besinlerle yutma yoluyla ne kadar mikroplastığa maruz kalabileceği konusunda çalışmaları derinleştirmek ve bu konuda yapılacak değerlendirmeler için deneysel veri oluşturmaktır. Günlük olarak sıklıkla kullandığımız ve gıda olarak tükettiğimiz ürünlerdeki mikroplastik içeriğini ortaya koyarak gıdalardaki mikroplastik kirliliği hakkında gözden kaçan konuların ortaya çıkarılması gerekmektedir.

BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Plastik tehlikelerle ilgili endişeler, doksanların sonlarında Pasifik Okyanusu'nun kuzeyinde yüksek miktarlardaki plastik çöplerin keşfedilmesiyle başlamış ve son zamanlarda, kanalizasyon, atıksu arıtma tesisleri (Murphy vd., 2017) ve nehir taşımacılığı yoluyla deniz ürünleri besin zincirinde sona erebilecek olan, yani insanların da temel beslenmede tükettiği su ürünlerinde rastlanan mikroplastikler konusunda büyük endişelere doğru evrilmiştir (Thompson, 2004; Roex vd., 2013). Bu konuda yapılan bilimsel araştırmalar artarak devam etmektedir. Bu bölümde su ürünlerinin yanı sıra diğer bazı yiyecekler ve içecekler üzerinde yapılan mikroplastik araştırmalarına ve mikroplastiklerin ve nanoplastiklerin insan sağlığı üzerine olabilecek olumsuz etkilerine örnekler verilmiştir.

2.1. Su Ürünleri ve Bazı Gıdalarda Mikroplastikler

Roex ve arkadaşları (2013), Hollanda'da Çevre Çalışmaları Enstitüsü ile yapılan bir çalışmada, hem insanların hem de hayvanların vücut dokularına ve / veya sıvılarına mikroplastikleri alıp, olumsuz sağlık etkilerine (parçacık toksisitesi) neden olabileceğini belirtmektedir. Deniz solucanı, midye, ıstakoz, kabuklular, balıklar, su kuşları ve foklar gibi deniz organizmalarında mikroplastiklerin zararları zaten bilinmektedir (Roex vd., 2013). Diğer bir çalışmada ise; Van Cauwenberghe ve Janssen'e (2014) göre, tipik bir Avrupa kabuklu deniz hayvanı tüketicisinin yılda 11.000'e kadar plastik parçacık alması beklenmektedir. Bu parçacıklar, alınan yiyeceklerin ağırlığına katkıda bulunur, ancak besin değerlerine sahip değildir (Van Cauwenberghe ve Janssen, 2014). Üstelik, mikroplastikler genellikle diğer tehlikeli kimyasalları (Bakir vd., 2016; Koelmans vd., 2016; Karami vd., 2017) ve mikroorganizmaları (Foulon vd., 2016; Karami vd., 2017) içerir; bulaşmış türleri tüketen insanlar üzerinde toksik ve diğer olumsuz etkilere neden olur. Bu nedenle,

insan gıdalarında mikroplastiklerin varlığı da bir gıda güvenliği sorunudur (Karami vd., 2017; Wright ve Kelly, 2017; Barboza vd., 2018; Peixoto vd., 2019).

Silva-Cavalcanti ve arkadaşları (2016) Güney Amerika'nın yarı kurak bölgelerinde yoğun olarak tüketilen ortak bir tatlı su balığı olan yayın balığı (*Hoplosternum littorale*) örneklerinin % 83'ünün sindirim sistemlerinde mikroplastiklerin bulunduğunu bildirmiştir (Silva-Cavalcanti vd., 2016). Mathalon ve Hill (2014), Halifax Limanı'ndaki (Nova Scotia) mavi midye (*Mytilus edulis*) üzerindeki çalışmada, kişi başına 178 mikrolif (mikrofiber) kadar MP konsantrasyonu kaydetmiştir (Mathalon ve Hill, 2014). Foekema ve arkadaşları (2013) bir araştırmada, plastik içeren balığın % 80'inden fazlasının yalnızca bir parçacık içerdiğini, mikroplastiklerin balıkların gastrointestinal kanallarında uzun süre kalmadığını ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, midyelerde mikroplastiklerin varlığı daha yüksektir ve midye başına 178 mikrofiber konsantrasyonu bildirilmiştir (Foekema vd., 2013).

Karides, yengeç, midye, balık gibi su canlılarında, tuz, bal, bira, musluk suyu, şişelenmiş sularda yapılan incelemeler; bu tip insan tüketiminde de bulunan maddelerin içerisinde bol miktarda mikroplastik bulunabildiğini göstermiştir (Yurtsever, 2018b; Kosuth vd., 2018; Cox vd., 2019). Henüz insan sağlığına ciddi bir etkisinin bulunup bulunmadığı tam olarak kanıtlanmamış olan mikroplastiklerin zararlarını anlamak amacıyla çeşitli çalışmalar sürdürülmektedir (Balcı ve Yurtsever, 2019). Zimmermann ve arkadaşlarının (2019) yaptığı yeni bir çalışmada günlük hayatta sıklıkla kullanılan ve gıda teması bulunan bazı plastik ürünlerin in vitro toksisitesi ve kimyasal bileşimi araştırılarak kıyaslanmıştır. Çalışmada Polivinil klorür (PVC) ve poliüretan (PUR) ekstreleri en yüksek toksisiteyi oluştururken, polietilen tereftalat (PET) ve yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) hiç veya düşük toksisiteye neden olduğu gösterilmiştir. Polilaktik asitten (PLA) yapılan tüm "biyoplastiklerde" yüksek bazal toksisite tespit edilmiştir. Düşük yoğunluklu polietilen (LDPE), polistiren (PS) ve polipropilen (PP) toksisiteyi değişen oranda tespit edilmiştir. Çalışma, tüketici plastiklerinin in vitro toksik olan ancak büyük ölçüde tanımlanamayan bileşikler içerdiğini göstermektedir. Bilinmeyen bileşiklerin

riski değerlendirilemediğinden, bu durum üreticiler, halk sağlığı otoriteleri ve araştırmacılar için problem oluşturmaktadır (Zimmermann vd., 2019).

Mikroplastik parçacıklar deniz ortamlarında olduğu kadar topraklarda, nehirlerde, göllerde ve hatta buzullarda da tespit edilmiştir (Obbard vd., 2014; Yonkos vd., 2014; Gall ve Thompson, 2015; Klein vd., 2015). Böylece, çevre üzerindeki yaygın ve artan tehditleri nedeniyle, insan sağlığına zararlı etki potansiyeli olan küresel bir endişe haline gelmiştir (Zhang vd., 2019).

Tuz, balık gibi birçok insan tüketim ürünü su kaynaklarından temin edilmektedir. Su kaynaklarında bulunan herhangi mikro veya makro kirlilik seviyeleri, bu ürünleri etkileyebilir ve mikroplastikler gibi kirletici parçacıklar insan organizmasına kadar taşınabilir. Son araştırmalar derin deniz organizmalarında plastik parçacık veya lif formundaki mikroplastiklerin bulunduğunu göstermektedir, bu da deniz ve okyanusların tepeden tabana kadar endişe verici bir şekilde insan atıklarına maruz kaldığını göstermektedir (Iniguez vd., 2017).

Elde edildiği kaynaklara göre, deniz tuzu, göl tuzu ve kaya tuzu gibi çeşitli sofraya tuzu türü vardır. Deniz tuzu ve göl tuzu buharlaşma ile elde edilir, kaya tuzu halit adı verilen bir mineral kaya madenciliğinden gelir ve nehir veya kuyu tuzu kıyı dışı bölgelerdeki kuyulardan elde edilir (Iniguez vd., 2017). Sonuç olarak, ticari deniz ve göl tuzları, kristalizasyon işlemleri sırasında / sonrasında da suda mevcut olan mikroplastiklerden içerebilir (Serrano vd., 2011; Yang vd., 2015; Yurtsever, 2018a). Dünya Sağlık Örgütü'ne (2012) göre bir yetişkinin maksimum tuz alımı günde 5 gramı geçmemelidir. Bu değer göz önüne alındığında, tuzun kökeni ve türüne bağlı olarak tipik bir tuz tüketicisi tarafından alınan yıllık mikroplastik parçacık sayısı önemli ölçüde değişebilir (Dünya Sağlık Örgütü, 2012).

Örneğin, Mathalon ve Hill'in (2014) çalışmasına dayanarak, insan kaynaklı yıllık ortalama tuz alımı yıllık 36135 partikül Hırvatistan'dan kaynaklanmaktadır (Renzi ve Blašković, 2018) ve Halifax Limanı'ndan yaklaşık 206 adet kirli midyeyi yemeye eş değer olacaktır (Mathalon ve Hill, 2014). Bu değerler, ortalama tüketicinin hem

deniz ürünleri hem de deniz tuzu içindeki yüksek MP partikül konsantrasyonlarına maruz kalması gerçeği göz önüne alındığında, mikroplastiklerin potansiyel halk sağlığı üzerindeki etkilerinin bir göstergesidir (Peixoto vd., 2019).

2.2. Mikroplastiklerin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

Günümüzde mikroplastik kirliliğinin en belirgin tehdidi özellikle sucul ekosistem üzerindedir. Plastik malzemelerin aşırı yaygın kullanılmasının dehşet verici bir sonucu olarak mikroplastiklerin hava, kara, su ve dahil her an her ortamda bulunabildiği anlaşılmıştır (Dris vd., 2016; Kaya vd., 2018). Hatta kutuplarda, insan yerleşiminden uzak bölgelerde ve dağ göllerinin suyunda bile (Free vd., 2014) tespit edilen mikroplastik kirliliğine özellikle plastiğin aşırı kullanıldığı ve kalabalık olan şehirlerde yaşayan insanların kaçınılmaz bir şekilde maruziyeti söz konusu olacaktır. Yine de, mikroplastiklerin insan sağlığına etkileri hakkında çok az şey bilinmektedir (Prata vd., 2020).

Mikroplastiklerin toksisitesi, mikroplastiklerin ve geniş yüzey alanlarının içsel toksisitesi ile bağlantılıdır. Serbest bırakılmış, desorbe edilmiş mikroplastik monomerler, insanlarda, omurgasızlarda ve kemirgenlerde anormallikleri ortaya çıkaran son derece kanserojen olabilir. Ayrıca plastikler, poliklorlu bifeniller (PCB'ler) gibi kalıcı organik kirleticilerin (KOK) çoğunluğu dahil olmak üzere hidrofobik kirleticilerin, poliklorlanmış bifeniller (PCB'ler) gibi, hidrofobik kirletici maddeleri, çevrilmiş deniz ortamından daha büyük miktarlarda olan konsantrasyonlarda, kirletilmiş plastik parçacıkların emilmesi ve konsantre edilmesi yoluyla sünger gibi davranabilmektedir (Gorycka, 2009). Ayrıca plastik parçalanmaya devam ettiği sürece bir organizmanın dolaşım sıvısı ve fagositik hücrelerinde birikme potansiyeli artar, mikroplastikler ne kadar küçük olursa, translokasyon için mevcut bolluk da o kadar fazla olur (Wright vd., 2013).

Su sistemlerine girdikten sonra mikroplastikler, farklı biyolojik ortamlarda veya suda yaşayan biyolojik ortamlarda bulunabilirliklerini etkileyebilecek şekil ve polimer yoğunluklarındaki farklılıklar nedeniyle farklı çevresel bölmelerde geniş çapta dağılırlar (Thompson vd., 2009; Cole vd., 2011). Küçük omurgasız hayvanlardan

büyük avcı memelilere kadar uzun bir fauna listesinde mikroplastik alımının kanıtlandığı görülmüştür (Bravo Rebolledo vd., 2013; Sanchez vd., 2014).

Mikroplastiklerle ilgili mevcut incelemeler çoğunlukla mikroplastiklerin farklı çevresel ortamlardaki kaynaklarını, oluşumlarını, bolluklarını ve analitik yöntemlerini incelemeyi vurgulamaktadır (Cole vd., 2011; Auta vd., 2017; Jiang, 2018; Wang ve Wang, 2018). Her ne kadar mikroplastiklerin suda yaşayan organizmalar üzerindeki toksik etkileriyle ilgili bazı incelemeler yapılmış olsa da, çoğu deniz faunasına odaklanmıştır (Cole vd., 2011; Wright vd., 2013; Auta vd., 2017; Crawford ve Quinn, 2017; Carbery vd., 2018). Ayrıca, mikroplastiklerin ve bunlarla ilişkili kirletici maddelerin sucul gıda ağından insana ve insan sağlığına getirdiği sonuçların trofik transfer süreci hakkında dikkate değer bir bilgi eksikliği bulunmaktadır (Wang vd., 2019).

Mikroplastikler canlı hücreler arasında insanlarda (partikül büyüklüğü 0.2-1501m), kemirgenler (30-40µm), tavşanlarda (0.1-10µm) ve köpeklerde (3-100µm) lenfatik ve dolaşım sistemine geçme kapasitesine sahiptir (Hussain vd., 2001; Rieux vd., 2005; Waring vd., 2018). Ayrıca, Wright ve Kelly (2017) ve Smith ve arkadaşlarının (2018) yapmış olduğu çalışmada, insan vücudunun boşaltım sisteminin dışkı yoluyla mikro ve nanoplastiklerin % 90'ından fazlasını ortadan kaldırdığını bildirmiştir (Wright ve Kelly, 2017; Smith vd., 2018). Sindirim sırasında, alınan MP'lerin % 10'undan azı insan kan akışına emilir. Bununla birlikte parçalanamaz olarak kabul edildikleri gerçeği göz önüne alındığında, MP'ler ikincil organlarda (bağışıklık sistemi ve hücre sağlığı) olası etkileri ile biyolojik olarak birikme potansiyeline sahiptir (Brown vd., 2001; Fröhlich vd., 2009; Teuten vd., 2009; Smith vd., 2018).

Plastik nanopartiküller ayrıca kan-beyin bariyerinden geçebilir ve örneğin tatlı su Crucian sazanında (*Carassius carassius*) davranışsal bozukluklara neden olabilir (Mattsson vd., 2017). Nakil mekanizmaları henüz tam olarak anlaşılmasına rağmen, bu bulgular mikroplastiklerin insan sağlığını etkileyebileceği yeni bir hareket tarzı önermektedir. Ek olarak, bu plastik döküntüler yüksek seviyelerde hidrofobik organik kirletici maddeleri (HOC'ler) (örneğin, PAH'lar, organoklorin

pestisitler, poliklorlu bifeniller), metalleri (örneğin, kadmiyum, kurşun, selenyum, krom), metalleri ve katkı maddelerini / monomerlerini adsorbe ve konsantre eder ve sonuç olarak birlikte lenfatik sisteme aktarılacaktır (Mato vd., 2001; Ogata vd., 2009; Teuten vd., 2009; Massos ve Turner, 2017; Wright ve Kelly, 2017; Jiang, 2018; Smith vd., 2018; Waring vd., 2018).

Smith ve arkadaşları (2018), kalıcı organik kirleticilere (KOK) ve MP'ler tarafından adsorbe edilen diğer ilişkili kimyasallara doğrudan maruz kalmanın biyolojik sistemleri etkileyebileceğini ve düşük dozlarda bile hem insanlar hem de hayvanlar için spesifik tehditler oluşturabileceğini bildirmiştir (Smith vd., 2018).

Bazı plastik polimerlerin kendi başlarına etkisiz olduğu ve insan sağlığı açısından olumsuz etkilerinin düşük olduğu düşünülebilir (Teuten vd., 2009; Lusher vd., 2017a, Lusher vd., 2017b; Revel vd., 2018). Bununla birlikte plastiklerin ve parçacıklarının çevredeki varlıkları, plastik üretiminde kullanılan çok çeşitli katkı maddelerinin ve kimyasalların varlığından dolayı sağlık açısından potansiyel riskler teşkil eder (Rist vd., 2018). Malzeme mukavemetini artırmak ve arzu edilen özellikte bir ürün üretmek amacıyla plastiklerde BPA, kurşun, kadmiyum, bakır, antimon vb. gibi ağır metaller, ftalatlar vb. gibi canlılara zararlı olabilecek katkı maddelerinin kullanıldığı bilinmektedir (Yurtsever, 2018b). Örneğin, antimon (Sb) ticari olarak PET (polietilentereftalat) plastik şişelerde bir katalizör olarak kullanılır ve yüksek sıcaklıklar altında (60-85 °C), içme suyuna salındığı gösterilmiştir (Westerhoff vd., 2008). Revel ve arkadaşları (2018), antimonun bulantı, kusma ve ishal gibi sağlık etkilerine neden olabileceğini belirtmiştir (Revel vd., 2018).

İnsanların sıklıkla tükettiği beyaz et çeşitlerinden tavuk etlerine paketleme işlemleri sırasında paket ambalajından ete ne kadar mikroplastik geçtiğini inceleyen bir çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışma, paketlenmiş tavuk eti konulan 230 × 140 × 20 mm ebatlarındaki bir polistiren köpük (XPS) kaptan, satın alınan tavuk etine 4.0 ila 18.7 adet XPS/kg parçacığının geçtiğini ortaya koymuştur (Kedzierski vd., 2020).

Bir çalışmada ise, kafe ve fast food sektöründe soğuk içeceklerin üzerine kapatılan tek kullanımlık polistiren (PS) kapağın yapay şartlardaki yaşlandırma kabinde

bozunması sırasında nanoplastiklerin oluşumunu izlenmiş ve zaman içinde nanoplastiklerin oluşumunda ciddi bir artış olduğunu bildirilmiştir. Kabinde 56 günlük maruziyetten sonra PS numunesindeki nanoplastiklerin konsantrasyonunun, kontroldeki 0.41×10^8 partikül /mL (ortalama partikül büyüklüğü 224 nm) ile karşılaştırıldığında 1.26×10^8 partikül / mL olduğu bildirilmiştir (Lambert ve Wagner, 2016a). Lambert ve Wagner (2016b), PE, PP peletlerini, PP filmini, PET içecek şişesini, PLA içecek kabını ve PS kapağını belli ebatlarda kesip kullanarak yaşlandırma işlemi sonrasında oluşan döküntüleri de incelemiştir. Sonuçta incelenen malzemelerden yüksek partikül konsantrasyonlarını üretenlerin polistiren (PS) ve polilaktik asit (PLA) olduğunu bildirmişlerdir. Eskitmenin işleminin 112. gününde sonuçlar elde ettikleri sonuçlar şöyledir: PS ($92.465 \text{ parçacık mL}^{-1}$)> PLA (61.750)> PP film (46.270)> PE peleti (39.619)> PP peleti (26.380)> PET şişe (25.046)> PP filmi (24.323)> kontrol (2.147) (Lambert ve Wagner, 2016b).

Mikroplastiklerin (ve nanoplastiklerin) insan sağlığındaki risklerini ortaya koyabilmek için, partikülün şekli, büyüklüğü, içeriğinde bir katkı malzemesi bulunup bulunmadığı ve yüzey kimyası gibi özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir (Yurtsever, 2018b). Ayrıca insan sağlığında mikroplastik risklerini ortaya koyabilmek için, yutma yoluyla veya solunum ile ne kadar mikroplastığe maruz kalındığının yani mikroplastik dozunun da bilinmesi gerekir. Bilim insanları tarafından, gıdalarda veya besin zincirinde bulunabilecek mikroplastik kirliliğinin aşırı yüksek seviyelere ulaşmadıkça insan dokularında ciddi bir toksisiteye neden olamayacağı, yüksek dozlarda ise riskin bulunabileceği bildirilmektedir (Waring vd., 2018). Ancak, bu konuda belirsizliklerin bulunmasından dolayı daha ileri çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Nanoplastikler ve mikroplastikler üzerinde yapılan çalışmalarda, nanoplastiklerin daha kolay emilerek suda yaşayan türlerde ve diğer hayvanlarda beyin, karaciğer ve diğer dokularda birikebileceği ifade edilmektedir. Diğer farklı malzemelerin nanopartiküllerini kullanarak yapılan çalışmalar, toksisitenin potansiyel olarak üreme sistemini ve merkezi sinir sistemini etkileyebileceğini düşündürmektedir, ancak maruziyet düzeyleri çok yüksek olmadığı ve emilimin fizyolojik faktörler ile arttırılmadığı sürece bu mümkün olmayacaktır. Kısaca özetlemek gerekirse besin zincirinin plastik kirliliğinin, insan

dokularında yüksek seviyelerde kirlenmeye kadar ciddi toksisiteye neden olması muhtemel değildir (Waring vd., 2018), ancak bu durum tamamen imkansız da değildir.



BÖLÜM 3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

3.1.1. Malzeme temini

Bu araştırmada, ÷lkemizde marketlerde yaygın olarak satılan farklı marka tuz, şeker ve poşet çay örnekleri alınarak (Sakarya ve İstanbul) bu malzemelerdeki mikroplastik kirliliği mevcudiyeti ve miktarları incelenmiştir. İncelenen numunelerden özellikle tuzlarda mikroplastik kirliliği konusunda çok fazla araştırma bulunmasına rağmaen şekerlerde ve özellikle sel÷loz poşetli çay olarak satılan çaylarda polimer türü maddelerin kullanılıp kullanılmadığına dair çalışma bulunmamaktadır. Bu sebeple poşet çay inceleme konusu biraz daha detaylı incelenmiştir.

3.1.2. Kullanılan alet ve ekipman

Çalışmada kullanılan başlıca ekipmanlar: Isıtıcıly manyetik karıştııcı (ARE marka), mikropipetler (Eppendorf Research plus), analitik terazi (OHAUS EX125D), pH metre (Mettler toledo), ışık mikroskobu (Olympus BX51 ve kamerası), orbital karıştırıcı (Biosan), ATR-FTIR Spektrofotometre (attenuated total reflection/Fourier Dönüşümlü Infrared Spektrofotometre) cihazı (Bruker LUMOS), filtrasyon düzeneği (Millipore), filtre kağıdı (Sartorius Stedim), 90 mm çapında cam petri kapları.

3.1.3. Kullanılan kimyasal çözeltiler

Çalışmada kimyasal madde olarak Merck marka aseton, hekzan ve % 35'lik Hidrojen Peroksit kullanılmıştır. Tüm çalışmalarda Millipore (Direct-Q5) ultra saf su sisteminden elde edilen ultra saf su kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Tuz analizi

Marketten alınan 5 farklı marka sofr tuzu için her birinden 200 gram numune tartılmıştır. Daha sonra üzerine 500 mL ultra saf su ve 100 mL %35'lik H₂O₂ (hidrojen peroksit) çözeltisi eklenmiştir. Hazırlanan numuneler erlene alınıp ağzı parafilmle kapatılmıştır. 1 gün boyunca 170 rpm hızda karıştırıcıda karıştırılmıştır. Daha sonra numuneler 0.45 µm pore çapına sahip selüloz filtre kağıdından süzölmüştür. Süzölen filtre kağıdı analiz için cam petri kabına alınmış ve inceleninceye kadar cam kapağıyla kapatılmıştır. Örnekleme her numune için 3 tekrar şeklinde yapılmıştır.

3.2.2. Şeker analizi

Marketlerden alınan 5 farklı marka şeker için her birinden 200 gram tartılmıştır. Üzerine 60 °C'de 1 L saf su eklenmiştir. Numune erlene alınarak ağzı parafilm ile kapatılmıştır. 165 rpm hızda 2 saat süreyle çalkalayıcıda karıştırılmıştır. Daha sonra 0.45 µm gözenekli filtre kağıdından süzölmüştür. Süzölen filtre kağıdı analiz için petri kabına alınmış ve ağzı kapatılmıştır. Örnekleme her numune için 3 tekrar şeklinde yapılmıştır.

3.2.3. Poşet çay analizi

Marketlerdeki dökme ve sallama (poşet) çayların reyonuna bakıldığında sallama çayların neredeyse dökme çaylardan daha fazla yer kapladığı görölmektedir (Şekil 3.1.).Bu da ölkemizde poşet çayların da büyük oranda tükettiğinin bir göstergesidir.



Şekil 3.1. Marketlerde poşet çay reyonu.

Dünyada tek kullanımlık plastikler konusunda yavaş yavaş önemli adımlar atılsa da maalesef “poşet” çaydakine benzer şekilde, içerisine doğrudan gıdaların konulduğu nonwoven (örgüsüz) dokular gibi tek kullanımlık malzemeler konusunda herhangi bir uyarı veya kısıt bulunmamakta, hatta bu ürünlerin yeni nesil versiyonları (stick çay-kalem çay gibi) da geliştirilmektedir. İstenilen anda demlik vb. gibi ekstra ekipman gerektirmeden kullanılabilen poşet çaylar pratikliği sebebiyle büyük ilgi görmektedir. Aşağıda Şekil 3.2.’de incelemesi yapılan stick çay ve poşet çaylara ait örnek görüntüler verilmiştir.



Şekil 3.2. İncelenen poşet çaylar (demlik ve bardak poşeti) ve stick çay (c) türleri.

Marketlerden alınan farklı 15 marka poşet çay numunesi içindeki çaylar dikkatlice boşaltıldıktan sonra 100 °C’ye kadar kaynatılmış ultra saf suyla beraber cam beherde normal demleme talimatlarına uyarak 15-20 dakika demlenmiştir. Üzerine 2 mL %35’lik hidrojen peroksit çözeltisi eklenmiştir. Numuneler erlene alınarak ağzı parafilm ile kapatılmıştır. 2 saat boyunca 165 rpm hızda çalkalayıcıda çalkalanmıştır. Daha sonra 0.45 µm selüloz asetat filtre kağıdından süzülmüştür. Süzülen filtre

kağıdı analiz için petri kabına alınmış ve üzeri derhal kapakla kapatılmıştır. Örneklemeye her numune için 3 tekrar şeklinde yapılmıştır.

3.2.4. Ortamdan kaynaklanabilecek kontaminasyonu önleme

Aşırı temiz ve havalandırma tertibatı çok iyi olan bir laboratuvar da bile ortam havasında doğal/sentetik partiküllerin uçuştuğu görülebilmektedir. Çünkü numunelerin alımı ve laboratuvar da incelenmesi sırasında numuneye ortamdaki havadan, kıyafetlerden ve malzemelerden lif, film, parçacık ve diğer şekillerde mikroplastikler dökülebilmektedir. Olası herhangi bir mikroplastik parçacığı dökülmesini önlemede kullanılabilir için çeşitli tedbirler mevcuttur (Cole vd., 2014; Yurtsever, 2018c). Laboratuvar da incelemede kullanılacak alet ve ekipmanlar temizce silinerek tüm numunelerin üzeri uygun bir kapakla veya örtüyle derhal kapatılmıştır. Ortamdan kaynaklanabilecek mikroplastik kirliliğini önlemek amacıyla mikroskopun üzeri incelemeler sırasında da sürekli örtülmüştür (Şekil 3.3.). Yapılan çalışmalarda kontaminasyon olup olmadığından tam emin olmak için, inceleme prosedürleri bir blank üzerinde de uygulanarak kontrol sağlanmıştır (Yurtsever, 2018c).

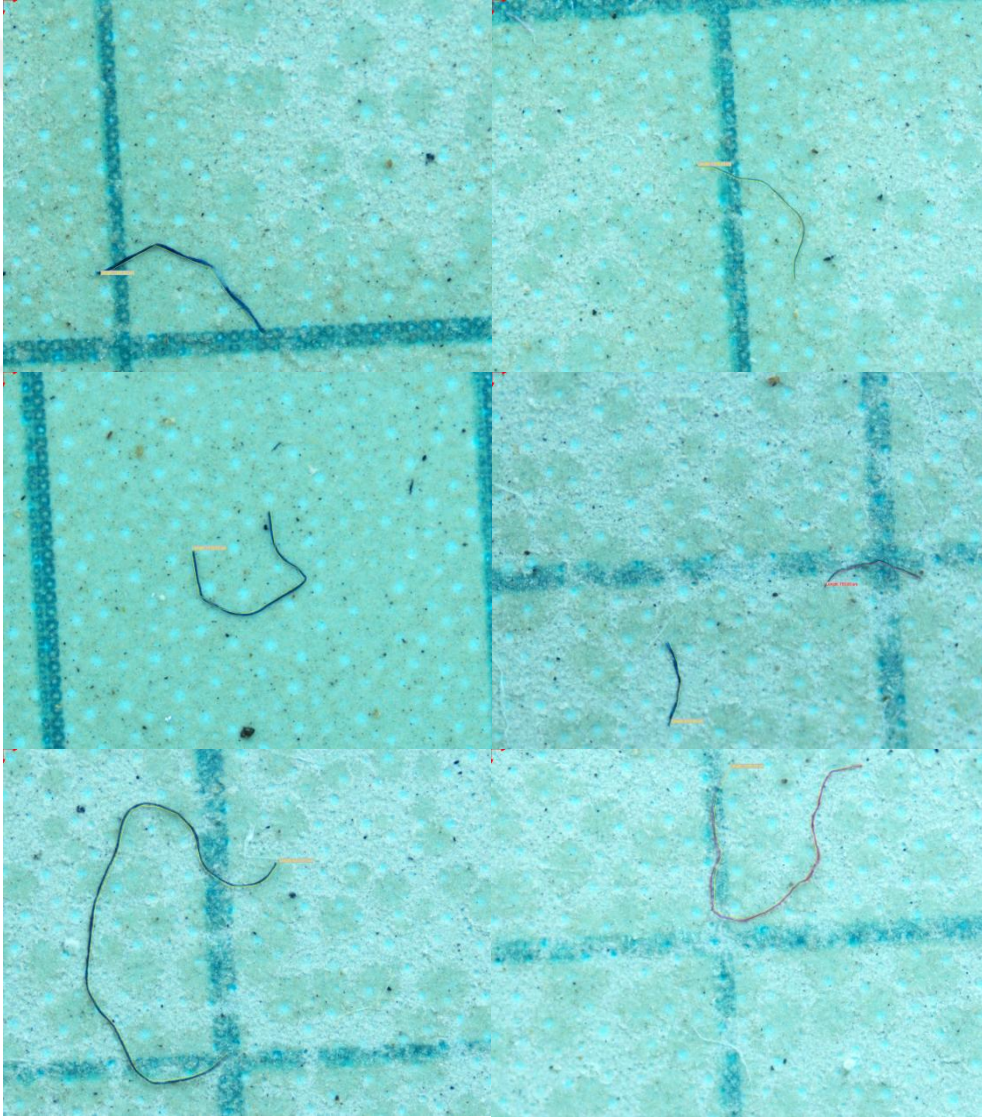


Şekil 3.3. MP incelemede ortamdan kirlilik bulaşmasını önleme tedbiri.

Mikroplastik incelemelerinde numuneye dikkat edilmezse havadan gelen ve çoğunlukla mikrolif (özellikle tekstil ürünlerinden dökülen) tipinde olan mikroplastikler pozitif hataya sebep olabilmektedir.

3.2.5. Mikroskop incelemeleri

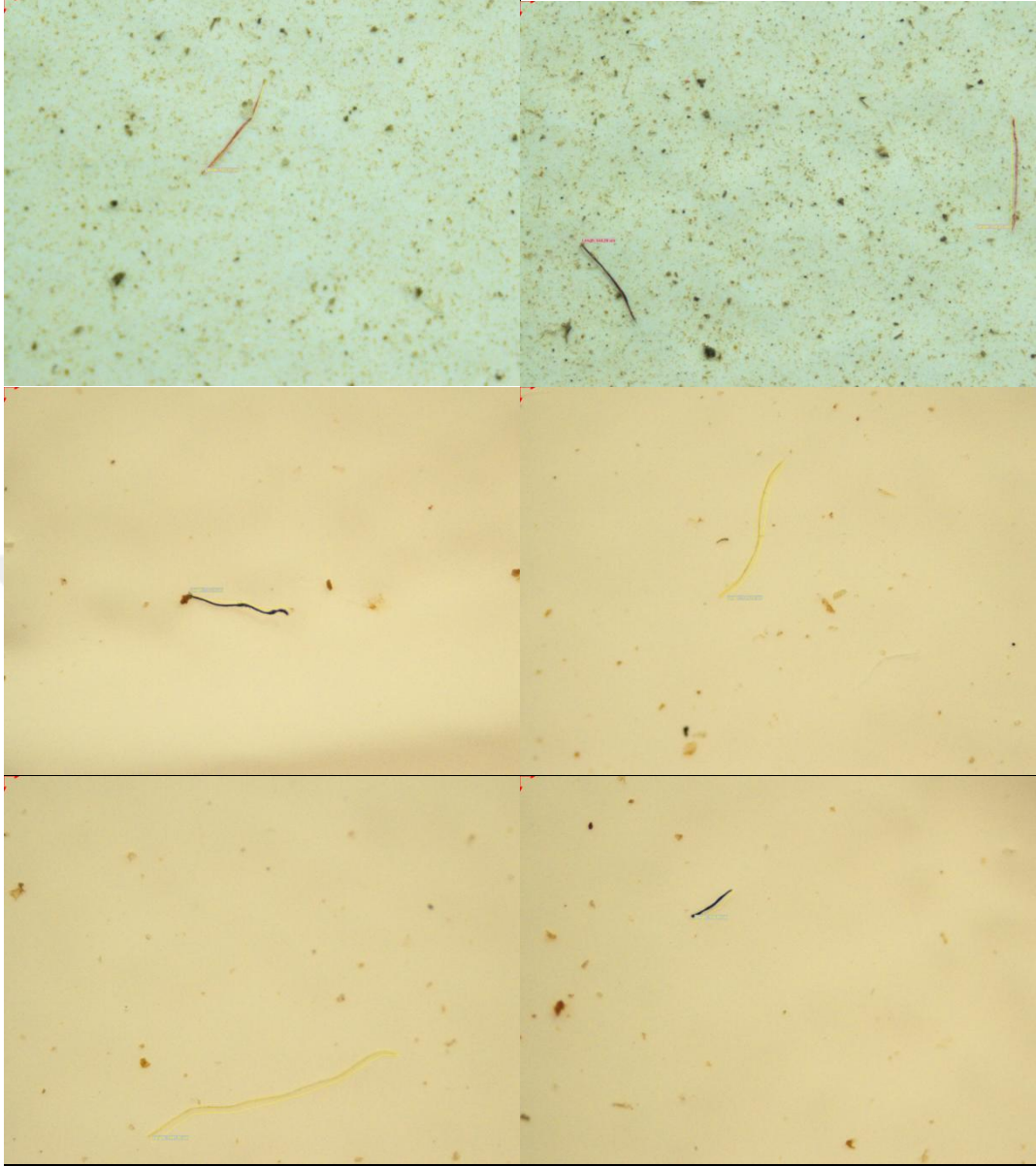
0.45 μm gözenek aralığına sahip filtre kağıdı üzerine alınmış olan mikroplastikler Olympus BX31 ışık mikroskopunda 4x büyütme ile incelenmiştir ve renklerine, şekillerine ve boyutlarına göre kategorize edilerek sayılmıştır. Ayrıca numunelere ait birkaç mikroskop görüntüsü aşağıda Şekil 3.4., 3.5. ve 3.6.'da gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Tuz numunelerinde mikroplastikler.



Şekil 3.5. Şeker numunelerinde mikroplastikler.

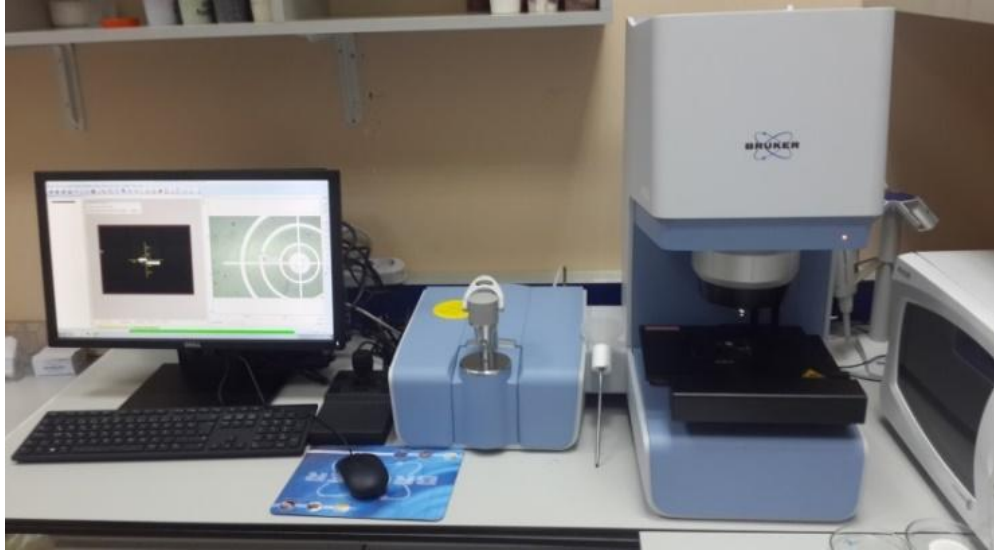


Şekil 3.6. Çay numunelerinde mikroplastikler.

3.2.6. ATR-FTIR analizi

Mikroplastik ile ilgili yapılan önceki çalışmalarda mikroskop altında çıplak gözle sayılan partiküllerin tanımlanması amacıyla ATR-FT-IR veya Raman spektrofotometresi kullanılmıştır (Shim vd., 2017). FT-IR ve Raman, polimer tiplerini tamamlayıcı bir şekilde tanımlamak için kullanılır (Käppler vd., 2016).

Bu çalışmada mikroskop incelemesi sonucunda bulunan partiküller FTIR cihazı kullanılarak tespit edilmiştir. Analizde Bruker marka ATR-FT-IR cihazı (Şekil 3.7.) kullanılmıştır.



Şekil 3.7. ATR-FTIR cihazı (Bruker-Lumos).

BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Mikroskop İnceleme Sonuçları

Mikroskop altında farklı tuz, şeker ve çay numunelerine ait 3 farklı set olarak gerçekleştirilen incelemelerle elde edilen ortalama sonuçlar ve istatistiki değerlendirmeler Tablo 4.1.'de verilmiştir.

Görüldüğü gibi farklı tuz ve şekerlerde değişen oranlarda mikroplastik kirliliği bulunmaktadır. Oranlara bakıldığında bazı numunelerin diğerine göre olabildiğince kirli olduğu anlaşılmaktadır (örn: T2 numunesi).

Tablo 4.1. Tuz numunelerine ait sonuçlar.

	Ortalama MP (adet)	Sta Sapma	Medyan	Aralık (min - max)	
T1	100,67	59,06	35,33	23,00	162,00
T2	174,00	154,35	60,00	22,33	389,00
T3	74,33	18,17	24,67	11,00	58,00
T4	80,33	16,10	26,33	12,00	56,00
T5	57,67	11,79	20,00	13,00	44,00

Tablo 4.2. Şeker numunelerine ait sonuçlar.

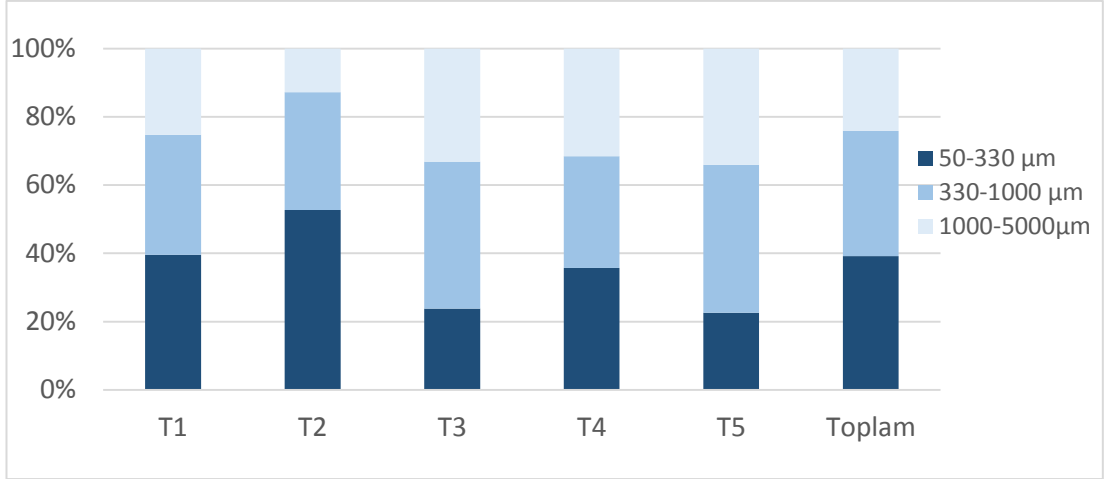
	Ortalama MP (adet)	Sta Sapma	Medyan	Aralık (min - max)	
Ş1	99,67	15,51	27,67	4,00	47,67
Ş2	97,67	27,27	30,67	12,00	83,00
Ş3	120,33	67,97	44,33	16,00	182,00
Ş4	104,00	37,68	43,33	5,00	101,00
Ş5	99,67	46,24	40,33	18,00	130,00

Tablo 4.3. Çay numunelerine ait sonuçlar.

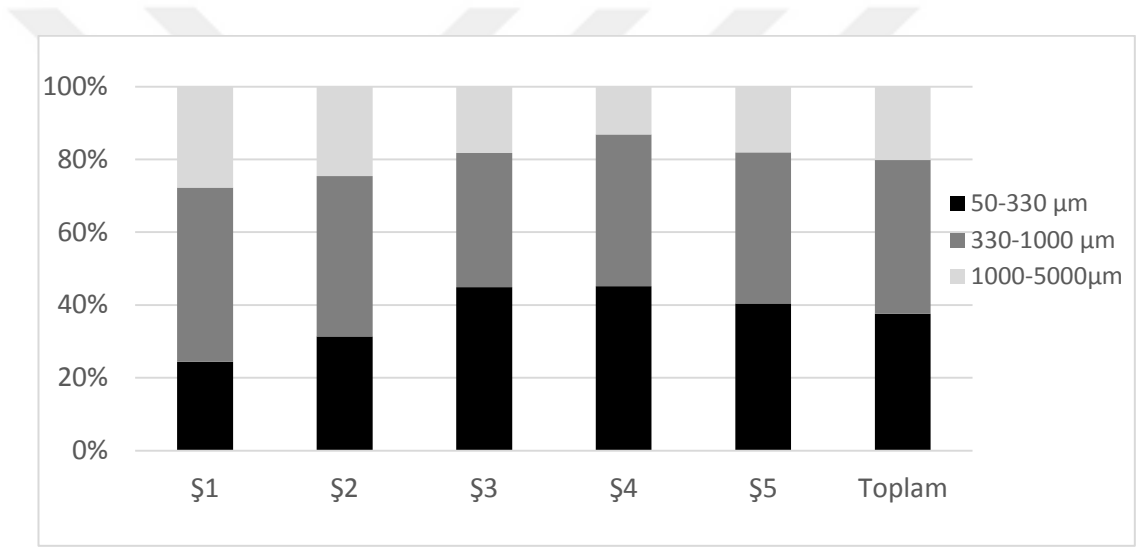
	Ortalama MP (adet)	Sta Sapma	Medyan	Aralık (min- max)	
Ç1	38,33	4,08	11,67	7,00	17,67
Ç2	24,33	5,54	8,00	4,67	18,00
Ç3	22,33	3,97	6,00	5,00	14,00
Ç4	26,00	5,42	7,33	3,00	15,00
Ç5	19,33	4,59	4,00	1,00	12,67
Ç6	23,33	2,87	7,33	3,00	10,33
Ç7	21,33	8,83	9,00	3,00	26,00
Ç8	53,00	7,98	21,67	6,33	25,00
Ç9	109,67	30,40	34,67	23,00	98,00
Ç10	20,00	3,71	6,33	1,00	11,00
Ç11	40,67	6,44	14,00	6,00	22,00
Ç12	26,00	4,80	7,33	5,00	17,00
Ç13	21,00	6,64	10,00	1,33	20,00
Ç14	34,00	5,88	13,00	5,33	20,00
Ç15	57,33	16,68	17,33	8,00	48,00

Çay numunelerinin sonuçlarına baktığımızda bardak poşet çaylarda demlik poşet çaylara kıyasla daha az miktarda mikroplastik liflere rastlandığını görüyoruz. Her iki türde de bazı markalarda ekstra farklılıklar olmaktadır ama genel anlamda demlik poşetlerde daha fazla mikroplastik mevcuttur.

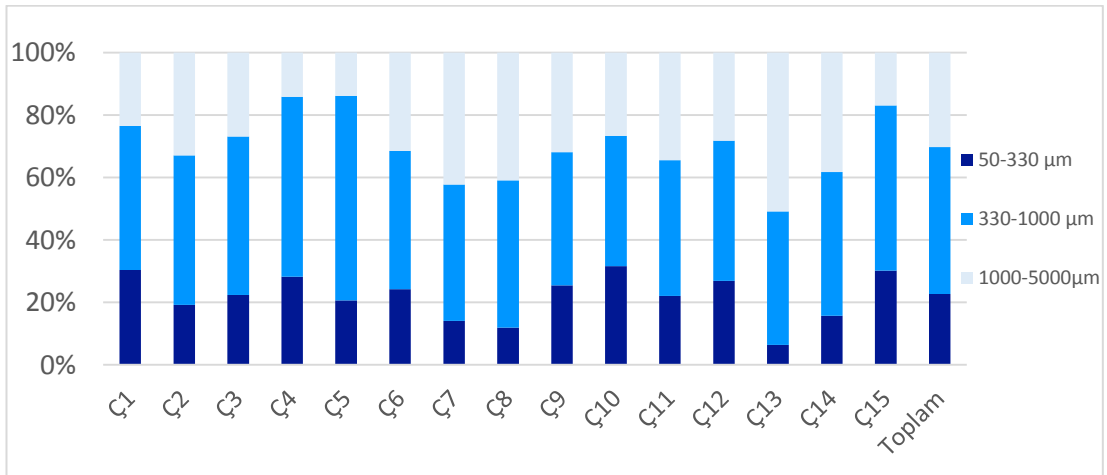
İncelenen mikroplastikler boyutlarına göre; 50-330µm, 330-1000µm ve 1000-5000 µm arası mikroplastikler olarak sınıflandırılmıştır. Bu aralıklarda ölçülen mikroplastiklerin ortalama % dağılımları tuz, şeker ve çay numuneleri için Şekil 4.1, 4.2. ve 4.3.'te ayrı ayrı verilmiştir.



Şekil 4.1. Tuz numunelerine ait boy dağılımı.

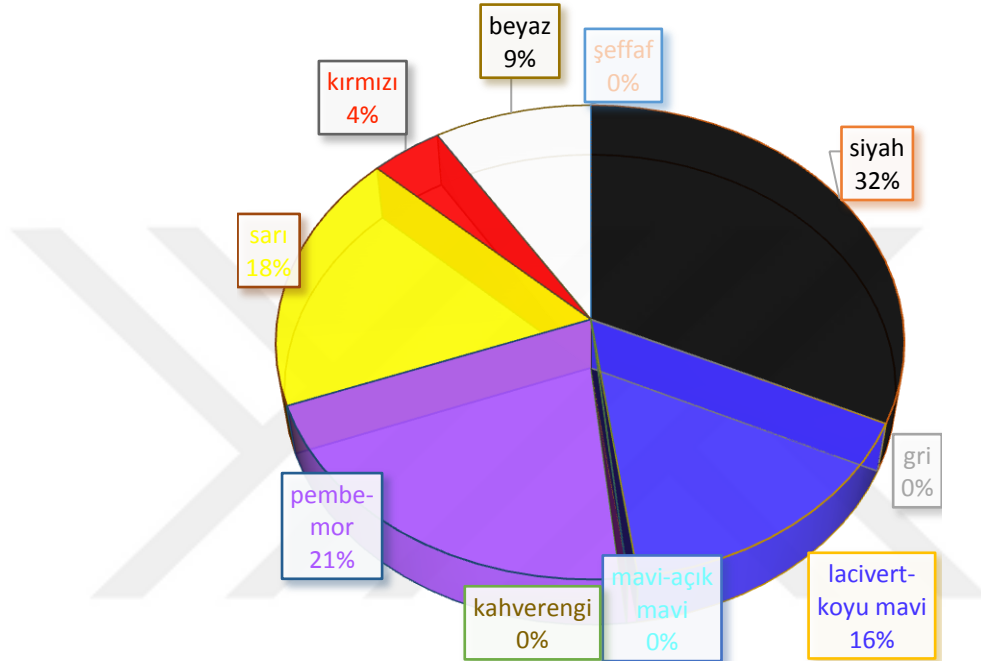


Şekil 4.2. Şeker numunelerine ait boy dağılımı.

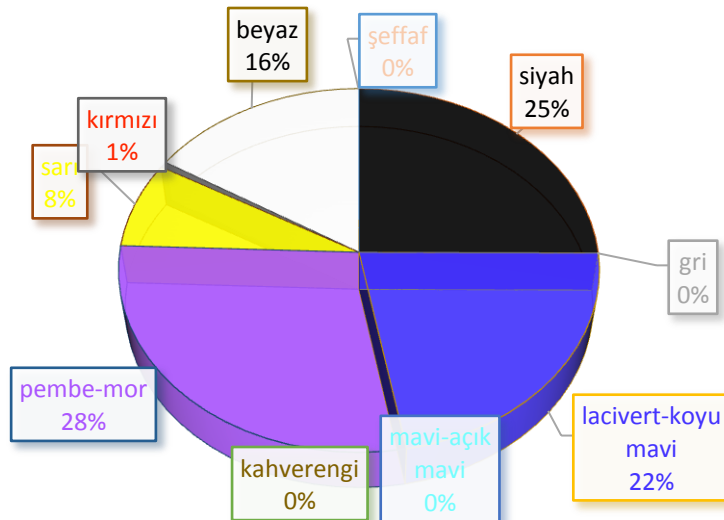


Şekil 4.3. Çay numunelerine ait boy dağılımı.

Mikroskofta bakılan numuneler aynı zamanda türlerine ve renklerine göre de sınıflandırılmıştır. En çok lif tipinde mikroplastiklere rastlanmıştır. Aşağıdaki grafiklerde (Şekil 4.4. ve 4.5.) renklerine göre sınıflandırma sonuçları incelemelerin ortalama sonuçlarına göre verilmiştir. Şekillerde görüldüğü gibi numunelerde hakim mikroplastik renkleri siyah başta olmak üzere mor pembe tonları ve lacivert tonlarıdır.



Şekil 4.4. Tuz numunelerinde renklerine göre mikroplastikler.



Şekil 4.5. Şeker numunelerinde renklerine göre mikroplastikler.

Demlenerek incelenen poşet çay numunelerinde ise en çok kahverengi, siyah ve lacivert-koyu mavi renkte plastiklere rastlanmıştır.

Çalışmalarda marketlerde Polietilen poşetlerde satılan 5 farklı marka tuz, 5 farklı marka şeker ve 8 sallama poşet çay, 6 demlik poşet çay ve 1 stick çay incelenmiştir. Sonuç olarak; bir poşet çaydan ortalama 36.5 adet MP, 200 gram şekerden ortalama 104.27 adet MP ve 200 gram tuzdan ortalama 97.4 adet MP parçacığının insana beslenme sırasında geçebilmesi söz konusudur. İncelenen 2 kaya tuzu, 2 deniz tuzu ve 1 göl tuzu numunelerinden en faz mikroplastik deniz tuzlarında (ortalama 137 adet) rastlanmıştır. Göl tuzunda 80.3 ve kaya tuzlarında ise ortalama 66 adettir. Görüldüğü gibi kaya tuzlarında da rastlanan oran hiç de az değildir. Ayrıca, literatürde yapılan çalışmalarda genelde tuzlar mikroplastik kirliliği açısından incelenmiştir. Ancak, bu çalışmada incelenen şekerlerdeki sonuçlara bakıldığında şekerlerde, tuzlara nispetle daha fazla mikroplastik kirliliğinin bulunmuş olması şeker üretim süreçlerinin gıda güvenliği açısından ciddiyle gözden geçirilmesi gerektiğini göstermektedir.

4.2. ATR-FT-IR Sonuçları

Tuz numunelerindeki ATR-FT-IR sonuçları incelendiğinde en çok polipropilen 40% chalk, polyamide 6 ultramid ve polyamide 66 polimerlerinin çoğunlukta olduğu görülmüştür. Tuz numunelerinin ATRFT-IR sonuçları tablolar halinde EK-2, EK-3 ve EK-4'te verilmiştir. Şeker numunelerinde ATR-FT-IR sonuçlarına baktığımızda ise; çoğunlukla polyamide 66 durethan ve az miktarda polietilen tereftalat (PET) ve polyamide 6 ultramid olarak bulunmuştur. Şeker numunelerine ait ATR-FT-IR sonuçları tablolar halinde EK5, EK-6 ve EK-7'de verilmiştir. Poşet çay numunelerinin poşet dokusu lifleri ATR-FT-IR cihazı ile analiz edilmiştir. İncelenen poşet çay dokusu numunelerinde ağırlıklı olarak selüloz türevi malzemeler kullanılsa da bu malzemenin üretimi sırasında destek materyali olarak bazı plastik polimerlerin kullanıldığı anlaşılmıştır. ATR-FT-IR sonuçları değerlendirildiğinde, incelenen 15 adet poşet çay numunesinden 10 markanın doğal selülozik (natural fiber, sisal, arnel, avicel gibi) malzemelerin kullanıldığı ancak 5 markanın ise plastik türevi malzeme katkılı olduğu anlaşılmıştır. Bu 5 numuneden 4' ünün poşet dokusunda selülozik

malzemenin yanı sıra PE, PET koton+polyester, escorene tipinde doku kullanıldığı görülmektedir. Ayrıca incelenen yeni nesil stick çay dış ambalajının ise polipropilen (TiO₂ katkı) anlaşılmıştır.

Çalışma kapsamında incelenen poşet çay dokularına ait ATR-FT-IR analiz sonuçlarına ait spektralar ve sonuçlar EK-1 dosyasında detaylı bir şekilde gösterilmiştir.



BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, ülkemizde satılan ve her gün bol miktarda tükettiğimiz başlıca besin maddelerinden olan tuz, şeker ve poşet çaylarda bulunan mikroplastik kirliliğinin miktarı belirlenmeye çalışılmıştır.

Günümüzde plastik kullanımı oldukça fazladır. Plastikler dayanıklı malzemelerdir ve doğada parçalanabilmeleri için yüzyıllar gerekir. Plastiklerin doğada çevresel ve doğal olaylarla parçalara ayrılması neticesinde plastiklerin çok küçük boyuttaki parçacıkları olan mikro ve nanoplastikler oluşabilmektedir. Oluşan bu parçacıkların da sucul ve karasal ekosistem için oldukça ekotoksikolojik etkilerinin olabileceği, yapılan araştırmalar sonucunda bu plastiklerin parçacıklarının çeşitli canlılar ve hatta insanlar tarafından yutulabileceği ortaya konmuştur. Yapılan araştırmalarda karides, yengeç, midye, balık gibi su canlılarında; tuz, bal, bira, musluk suyu ve şişelenmiş su gibi insan tüketiminde sıkça kullanılan maddelerin içinde bol miktarda mikroplastik bulunabildiğini göstermiştir. Henüz insan sağlığına ciddi bir etkisinin bulunup bulunmadığı tam olarak kanıtlanmamış olan mikroplastiklerin zararlarını anlamak amacıyla çeşitli çalışmalar sürdürülmektedir.

Yaptığımız analizlerde ticari olarak satılan tuzlarda ve şekerlerde hatırı sayılır miktarda mikroplastik liflere ve parçacıklara rastlanmıştır. Bu gıdalar her gün ve bütün insanlar tarafından kullanıldığı için uzun süreli bir maruziyet yolu oluşturmaktadır. Bu nedenle mikroplastiklerle kontamine olmuş besinler, insanların bu parçacıklara maruz kalmasından kaynaklanan uzun vadeli olumsuz etkilere katkıda bulunabilir. Ayrıca gıdalarda mikroplastiklerin varlığı, besin kalitesini düşüreceği gibi gıda güvenliği açısından da dikkatle ele alınması gereken önemli bir sorundur.

Kullanılmış poşet çayların kompostlanarak bertarafı mümkün olmakla beraber, diğer çöplerle beraber katı atık depolama tesislerinde depolanması da söz konusudur. İçerisinde plastik içeren bir atığın kompostlanması, kompostun toprak uygulamaları veya çöplerin düzenli depolanması neticesinde mikroplastiklerin toprağa, oradan da diğer ortamlara dağılması çevre için risk teşkil edebilir.

Üreticiler, mevcut teknik ve bütçeler dahilinde bir çok ürünün farklı alternatiflerini piyasaya arz edebilmektedir. Bu sayede günlük hayatta müşteriler istedikleri ürünleri tercih etmede özgürce hareket edebilmektedir. Satılan ve tercih edilen ürünün türüne göre oluşacak atıklar da farklılaşabilmektedir. Örneğin çay tüketiminde dökme çay veya poşet çay tercihlerinde olduğu gibi oluşacak atıklar farklı olabilecektir. Atık oluşturma ve kirlilik açısından bakıldığında dökme çayda doğrudan demleme ve atık olarak yalnızca çay kalıntısı oluşacakken poşet çaylarda buna ilaveten poşetin atığı da bulunacaktır. Buradaki farkın aslında yalnızca poşet problemi olmadığına dikkat etmek gerekmektedir. Çünkü doğrudan demlenerek içilen poşet çaylardaki çay konulan poşetin imal edildiği dokudan kopan lif parçacıklarının içilen çayla birlikte yutulması ihtimali de söz konusudur.

McGill Üniversitesi'nde (Kanada) Hernandez ve arkadaşları (2019) tarafından gerçekleştirilen yeni bir araştırmada, demlenen plastik (nylon ve polietilen tereftalat) poşet çayların suya 11.6 milyar mikro ve 3.1 milyar nano plastik sızdırdığı bildirilmiştir. İnceleme sonucunda; söz konusu nanoplastik parçacıklarının, poşet çayların poşet dokusunda hâlihazırda bulunmadığı ve demlenmeden sonra ortaya çıktığı anlaşılmıştır. Daha sonra bu plastik poşet çaylardan gelen mikroplastiklerin, su pirelerinin davranış ve gelişimlerinde birtakım değişiklikler meydana getirebildiğini de gözlemlemişlerdir.

Bu çalışmada ise Hernandez ve arkadaşlarından farklı poşet çaylar incelenmiştir. Hernandez ve arkadaşlarının incelediği çaylar zaten nylon ve polyesterden üretildiği bilinen ve ülkemizde de piramit çay adıyla satılan çaylardandır. Oysa ki bizim yaptığımız incelemelerde selüloz zannedilen çay poşetleri incelenmiştir. Ancak sonuçlar iki çalışma için de endişe verici gerçeği göstermektedir. Hernandez ve

ark.nın yaptığı araştırmadaki gibi 95 °C' de demleme sonucunda bu tip çay poşetlerinden de içilecek çaya mikro ve nano boyuttaki plastik lif veya parçacıkların sızması kaçınılmazdır. Şekerli çay içilmesi durumunda şekerden gelebilecek mikroplastik katkısı da olacaktır. Ayrıca, şeker ve tuz gibi günlük hayatta her tür yiyecek ve içeceğe tad ve lezzet vermesi amacıyla kullanılan gıdalara ayrı bir dikkat verilmesinin gerekliliği de bu çalışmada ortaya çıkmaktadır.

Yutulmuş vücuda giren plastik parçacıkların özellikle hassas bireylerde ne tür bir sağlık problemine sebep olduğu konusu hala belirsiz olmakla birlikte, bilimadamları bu tip mikro ve nanoplastik parçacıklarının parçacık toksisitesine (enflamatuvar, organ hasarı), kimyasal madde toksisitesine (ftalatlar, Bisfenol A, alev geciktiriciler Per- ve Poli-floroalkil Maddeler (PFAS))- hormon bozucu, üreme ve nörogelişimsel etkiler, kanser veya patojen toksisitesine (viral, bakteriyal hastalıklar) sebep olabileceğini bildirmektedir. Bu sebeple insanların sürekli tüketiminde olan gıdalarda kullanılan malzemelerin de gizli bir mikroplastik taşıyıp taşımadığı konusunun detaylıca araştırılması gerekli görülmektedir.

Çevre kirliliği-gıda-sağlık konularında, ürün üretim proses ve teknolojilerinin, tüketici alışkanlıklarının, ilgili konudaki farkındalığın ve yasal düzenlemelerdeki eksikliklerin ne kadar bağlantılı ve etkili olabileceği, elde edilen sonuçlardan anlaşılmaktadır. İnsan gıda güvenliği, sağlık ve refah hem bilimsel topluluk hem de yasa koyucular için bir öncelik olmalıdır ve dünya genelinde plastik kirliliğini azaltmak için önemli bir çaba gerekmektedir.

Türkiye de olduğu gibi dünyanın bir çok yerinde “çay keyfi” oldukça yaygındır. Poşet çayı ince polietilen kaplı tek kullanımlık bardakta hazırlayıp bir de şeker ilave ederek tükettiğimizde ne kadar mikroplastik yutacağımızın ve bu basit keyfin çevreye ne kadar mikroplastik dağıttığını düşünerek hareket etmemiz çok iyi olacaktır. Tek kullanımlık ürünlerin çevrede yaratacağı risklerin yanı sıra bu ürünlerden kaynaklanan mikroplastiklerin de sağlık açısından riskleri söz konusudur. Her kurumun, üreticinin ve insanın plastik ayak izini hesaplayıp bunu azaltıcı önlemler alması dünyanın geleceği için şimdiden ödememiz gereken bir borçtur.

KAYNAKLAR

- Aslan, R. (2018). Mikroplastikler: Hayatı Kuşatan Yeni Tehlike. *Ayrıntı Dergisi*, 6(66).
- Auta, H.S., Emenike, C.U., Fauziah, S.H., 2017. Distribution and importance of microplastics in the marine environment: A review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environ. Int.* 102, 165–176. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.02.013>
- Bakir, A., O'Connor, I.A., Rowland, S.J., Hendriks, A.J., Thompson, R.C., 2016. Relative importance of microplastics as a pathway for the transfer of hydrophobic organic chemicals to marine life. *Environ. Pollut.* 219, 56–65. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.09.046>
- Balci, S. Z. ve Yurtsever, M. “Gıdalarda Mikroplastik Kirliliği Poşet Çaylar,” TMMOB-ÇMO, XIII. Ulusal- I. Uluslararası Çevre Mühendisliği Kongresi, Kocaeli, 2019.
- Barboza, L.G.A., Vieira, L.R., Branco, V., Figueiredo, N., Carvalho, F., Carvalho, C., Guilhermino, L., 2018. Microplastics cause neurotoxicity, oxidative damage and energy-related changes and interact with the bioaccumulation of mercury in the European seabass, *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758). *Aquat. Toxicol.* 195, 49–57. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2017.12.008>
- Barnes, D.K.A., Galgani, F., Thompson, R.C., Barlaz, M., 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 364, 1985–1998. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0205>
- Bläsing, M., Amelung, W., 2018. Plastics in soil: Analytical methods and possible sources. *Sci. Total Environ.* 612, 422–435. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.086>
- Bravo Rebolledo, E.L., Van Franeker, J.A., Jansen, O.E., Brasseur, S.M.J.M., 2013. Plastic ingestion by harbour seals (*Phoca vitulina*) in The Netherlands. *Mar. Pollut. Bull.* 67, 200–202. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.11.035>
- Bråte, I. L. N., Eidsvoll, D. P., Steindal, C. C., Thomas, K. V. 2016. “Plastic ingestion by Atlantic cod (*Gadus morhua*) from the Norwegian coast”, *Marine pollution bulletin*, 112(1-2), 105-110.
- Brown, D.M., Wilson, M.R., MacNee, W., Stone, V., Donaldson, K., 2001. Size-Dependent Proinflammatory Effects of Ultrafine Polystyrene Particles: A Role for Surface Area and Oxidative Stress in the Enhanced Activity of Ultrafines. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 175, 191–199. <https://doi.org/10.1006/taap.2001.9240>

- Browne, M.A., Dissanayake, A., Galloway, T.S., Lowe, D.M., Thompson, R.C., 2008. Ingested Microscopic Plastic Translocates to the Circulatory System of the Mussel, *Mytilus edulis* (L.). *Environ. Sci. Technol.* 42, 5026–5031. <https://doi.org/10.1021/es800249a>
- Campanale, C., Massarelli, C., Savino, I., Locaputo, V., & Uricchio, V. F. (2020). A detailed review study on potential effects of microplastics and additives of concern on human health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(4), 1212.
- Carbery, M., O'Connor, W., Palanisami, T., 2018. Trophic transfer of microplastics and mixed contaminants in the marine food web and implications for human health. *Environ. Int.* 115, 400–409. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.03.007>
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., Galloway, T.S., 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Mar. Pollut. Bull.* 62, 2588–2597. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>
- Cozar, A., Echevarria, F., Gonzalez-Gordillo, J.I., Irigoien, X., Ubeda, B., Hernandez-Leon, S., Palma, A.T., Navarro, S., Garcia-de-Lomas, J., Ruiz, A., Fernandez-de-Puelles, M.L., Duarte, C.M., 2014. Plastic debris in the open ocean. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 111, 10239–10244. <https://doi.org/10.1073/pnas.1314705111>
- Da Costa, J. P., Santos, P. S., Duarte, A. C., Rocha-Santos, T. 2016. “(Nano) plastics in the environment—sources, fates and effects”, *Science of the Total Environment*, 566, 15-26.
- De Falco, F., Di Pace, E., Cocca, M., & Avella, M. (2019). The contribution of washing processes of synthetic clothes to microplastic pollution. *Scientific reports*, 9(1), 1-11.
- Dehghani, S., Moore, F., Akhbarizadeh, R., 2017. Microplastic pollution in deposited urban dust, Tehran metropolis, Iran. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 24, 20360–20371. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9674-1>
- De Lucia, G. A., Caliani, I., Marra, S., Camedda, A., Coppa, S., Alcaro, L., Campani, T., Giannetti, M., Coppola, D., Cicero, A. M., Panti, C., Bainsi, M., Guerranti, C., Marsili, L., Massaro, G., Fossi, M. C., Matiddi, M., 2014. “Amount and distribution of neustonic micro-plastic off the western Sardinian coast Central-Western Mediterranean”.
- Deng, Y., Zhang, Y., Lemos, B., Ren, H., 2017. Tissue accumulation of microplastics in mice and biomarker responses suggest widespread health risks of exposure. *Sci. Rep.* 7, 46687. <https://doi.org/10.1038/srep46687>
- Derraik, J.G.B., 2002. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Mar. Pollut. Bull.* 44, 842–852. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00220-5](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00220-5)
- Dris, R., Gasperi, J., Saad, M., Mirande, C., Tassin, B. (2016). Synthetic fibers in atmospheric fallout: a source of microplastics in the environment?. *Marine pollution bulletin*, 104(1-2), 290-293.

- Eriksson, C., Burton, H., 2003. Origins and Biological Accumulation of Small Plastic Particles in Fur Seals from Macquarie Island. *AMBIO J. Hum. Environ.* 32, 380–384. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-32.6.380>
- Evan Ward, J., Shumway, S.E., 2004. Separating the grain from the chaff: particle selection in suspension- and deposit-feeding bivalves. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 300, 83–130. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2004.03.002>
- Foekema, E.M., De Gruijter, C., Mergia, M.T., van Franeker, J.A., Murk, A.J., Koelmans, A.A., 2013. Plastic in North Sea Fish. *Environ. Sci. Technol.* 47, 8818–8824. <https://doi.org/10.1021/es400931b>
- Foulon, V., Le Roux, F., Lambert, C., Huvet, A., Soudant, P., Paul-Pont, I., 2016. Colonization of Polystyrene Microparticles by *Vibrio crassostreae*: Light and Electron Microscopic Investigation. *Environ. Sci. Technol.* 50, 10988–10996. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b02720>
- Free, C. M., Jensen, O. P., Mason, S. A., Eriksen, M., Williamson, N. J., & Boldgiv, B. (2014). High-levels of microplastic pollution in a large, remote, mountain lake. *Marine pollution bulletin*, 85(1), 156-163.
- Fröhlich, E., Samberger, C., Kueznik, T., Absenger, M., Roblegg, E., Zimmer, A., Pieber, T.R., 2009. Cytotoxicity of nanoparticles independent from oxidative stress. *J. Toxicol. Sci.* 34, 363–375. <https://doi.org/10.2131/jts.34.363>
- Gall, S.C., Thompson, R.C., 2015. The impact of debris on marine life. *Mar. Pollut. Bull.* 92, 170–179. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.12.041>
- Gorycka, M., n.d. ENVIRONMENTAL RISKS OF MICROPLASTICS 171.
- Hartmann, N., Hüffer, T., Thompson, R. C., Hassellöv, M., Verschoor, A., Daugaard, A. E., Herrling, M. P. 2019. “Are we speaking the same language? Recommendations for a definition and categorization framework for plastic debris”, *Environmental science & technology*.
- Hernandez, L. M., Xu, E. G., Larsson, H. C., Tahara, R., Maisuria, V. B., & Tufenkji, N. (2019). Plastic teabags release billions of microparticles and nanoparticles into tea. *Environmental science & technology*, 53(21), 12300-12310.
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R.C., Thiel, M., 2012. Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification. *Environ. Sci. Technol.* 46, 3060–3075. <https://doi.org/10.1021/es2031505>
- Hussain, N., Jaitley, V., Florence, A.T., 2001. Recent advances in the understanding of uptake of microparticulates across the gastrointestinal lymphatics. *Adv. Drug Deliv. Rev.* 36.
- Iñiguez, M.E., Conesa, J.A., Fullana, A., 2017. Microplastics in Spanish Table Salt. *Sci. Rep.* 7, 8620. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-09128-x>
- Jiang, J.-Q., 2018. Occurrence of microplastics and its pollution in the environment: A review. *Sustain. Prod. Consum.* 13, 16–23. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2017.11.003>

- Käppler, A., Fischer, D., Oberbeckmann, S., Schernewski, G., Labrenz, M., Eichhorn, K.-J., Voit, B., 2016. Analysis of environmental microplastics by vibrational microspectroscopy: FTIR, Raman or both? *Anal. Bioanal. Chem.* 408, 8377–8391. <https://doi.org/10.1007/s00216-016-9956-3>
- Karami, A., Golieskardi, A., Keong Choo, C., Larat, V., Galloway, T.S., Salamatinia, B., 2017. The presence of microplastics in commercial salts from different countries. *Sci. Rep.* 7, 46173. <https://doi.org/10.1038/srep46173>
- Kaya, A. T., Yurtsever, M., Bayraktar, S. Ç. (2018). Ubiquitous exposure to microfiber pollution in the air. *The European Physical Journal Plus*, 133(11), 488.
- Kedzierski, M., Lechat, B., Sire, O., Le Maguer, G., Le Tilly, V., & Bruzard, S. 2020. “Microplastic contamination of packaged meat: Occurrence and associated risks”, *Food Packaging and Shelf Life*, 24, 100489.
- Kim, J.-S., Lee, H.-J., Kim, S.-K., Kim, H.-J., 2018. Global Pattern of Microplastics (MPs) in Commercial Food-Grade Salts: Sea Salt as an Indicator of Seawater MP Pollution. *Environ. Sci. Technol.* 52, 12819–12828. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b04180>
- Klein, S., Worch, E., Knepper, T.P., 2015. Occurrence and Spatial Distribution of Microplastics in River Shore Sediments of the Rhine-Main Area in Germany. *Environ. Sci. Technol.* 49, 6070–6076. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b00492>
- Koelmans, A.A., Bakir, A., Burton, G.A., Janssen, C.R., 2016. Microplastic as a Vector for Chemicals in the Aquatic Environment: Critical Review and Model-Supported Reinterpretation of Empirical Studies. *Environ. Sci. Technol.* 50, 3315–3326. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b06069>
- Kosuth, M., Mason, S. A., Wattenberg, E. V. (2018). Anthropogenic contamination of tap water, beer, and sea salt. *PloS one*, 13(4), e0194970.
- Lambert, S., & Wagner, M. 2016a. “Characterisation of nanoplastics during the degradation of polystyrene”, *Chemosphere*, 145, 265-268.
- Lambert, S., & Wagner, M. 2016b. “Formation of microscopic particles during the degradation of different polymers”, *Chemosphere*, 161, 510-517.
- Lehner, R., Weder, C., Petri-Fink, A., Rothen-Rutishauser, B. (2019). Emergence of nanoplastic in the environment and possible impact on human health, *Environmental Science & Technology*, 53(4), 1748-1765.
- Li, J., Green, C., Reynolds, A., Shi, H., Rotchell, J.M., 2018. Microplastics in mussels sampled from coastal waters and supermarkets in the United Kingdom. *Environ. Pollut.* 241, 35–44. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.05.038>
- Liebezeit, G., Liebezeit, E. (2013). Non-pollen particulates in honey and sugar. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 30(12), 2136-2140.
- Liebezeit, G., Liebezeit, E. (2014). Synthetic particles as contaminants in German beers. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 31(9), 1574-1578.

- Lima, A.R.A., Barletta, M., Costa, M.F., 2015. Seasonal distribution and interactions between plankton and microplastics in a tropical estuary. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 165, 213–225. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2015.05.018>
- Lusher, A.L., Hollman, P.C.H., Mendoza-Hill, J.J., 2017b. Microplastics in Fisheries and Aquaculture - Status of Knowledge on Their Occurrence and Implications for Aquatic Organisms and Food Safety. FAO, Fisheries and Aquaculture Technical paper978-92- 5-109882-0.
- Massos, A., Turner, A., 2017. Cadmium, lead and bromine in beached microplastics. *Environ. Pollut.* 227, 139–145. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.04.034>
- Mathalon, A., Hill, P., 2014. Microplastic fibers in the intertidal ecosystem surrounding Halifax Harbor, Nova Scotia. *Mar. Pollut. Bull.* 81, 69–79. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.02.018>
- Mato, Y., Isobe, T., Takada, H., Kanehiro, H., Ohtake, C., Kaminuma, T., 2001. Plastic Resin Pellets as a Transport Medium for Toxic Chemicals in the Marine Environment. *Environ. Sci. Technol.* 35, 318–324. <https://doi.org/10.1021/es0010498>
- Mattsson, K., Johnson, E.V., Malmendal, A., Linse, S., Hansson, L.-A., Cedervall, T., 2017. Brain damage and behavioural disorders in fish induced by plastic nanoparticles delivered through the food chain. *Sci. Rep.* 7, 11452. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-10813-0>
- Miranda, D. de A., de Carvalho-Souza, G.F., 2016. Are we eating plastic-ingesting fish? *Mar. Pollut. Bull.* 103, 109–114. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.12.035>
- Murphy, F., Russell, M., Ewins, C., Quinn, B., 2017. The uptake of macroplastic & microplastic by demersal & pelagic fish in the Northeast Atlantic around Scotland. *Mar. Pollut. Bull.* 122, 353–359. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06.073>
- Murray, F., Cowie, P.R., 2011. Plastic contamination in the decapod crustacean *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758). *Mar. Pollut. Bull.* 62, 1207–1217. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.03.032>
- Neves, D., Sobral, P., Ferreira, J.L., Pereira, T., 2015. Ingestion of microplastics by commercial fish off the Portuguese coast. *Mar. Pollut. Bull.* 101, 119–126. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.11.008>
- Obbard, R.W., Sadri, S., Wong, Y.Q., Khitun, A.A., Baker, I., Thompson, R.C., 2014. Global warming releases microplastic legacy frozen in Arctic Sea ice: OBBARD ET AL. *Earths Future* 2, 315–320. <https://doi.org/10.1002/2014EF000240>

- Ogata, Y., Takada, H., Mizukawa, K., Hirai, H., Iwasa, S., Endo, S., Mato, Y., Saha, M., Okuda, K., Nakashima, A., Murakami, M., Zurcher, N., Booyatumanondo, R., Zakaria, M.P., Dung, L.Q., Gordon, M., Miguez, C., Suzuki, S., Moore, C., Karapanagioti, H.K., Weerts, S., McClurg, T., Burrell, E., Smith, W., Velkenburg, M.V., Lang, J.S., Lang, R.C., Laursen, D., Danner, B., Stewardson, N., Thompson, R.C., 2009. International Pellet Watch: Global monitoring of persistent organic pollutants (POPs) in coastal waters. 1. Initial phase data on PCBs, DDTs, and HCHs. *Mar. Pollut. Bull.* 58, 1437–1446. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2009.06.014>
- Peixoto, D., Pinheiro, C., Amorim, J., Oliva-Teles, L., Guilhermino, L., Vieira, M.N., 2019. Microplastic pollution in commercial salt for human consumption: A review. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 219, 161–168. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.02.018>
- Pellini, G., Gomiero, A., Fortibuoni, T., Ferrà, C., Grati, F., Tasseti, A.N., Polidori, P., Fabi, G., Scarcella, G., 2018. Characterization of microplastic litter in the gastrointestinal tract of *Solea solea* from the Adriatic Sea. *Environ. Pollut.* 234, 943–952. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.12.038>
- Pinheiro, C., Oliveira, U., Vieira, N.M., 2017. Occurrence and impacts of microplastics in freshwater fish. *J. Aquac. Mar. Biol.* 5. <https://doi.org/10.15406/jamb.2017.05.00138>.
- PlasticsEurope, 2017. *Plastics – the Facts 2017*. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.01.015>.
- Prata, J.C., da Costa, J.P., Lopes, I., Duarte, A.C., Rocha-Santos, T., 2020. Environmental exposure to microplastics: An overview on possible human health effects. *Sci. Total Environ.* 702, 134455. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134455>
- Renzi, M., Blašković, A., 2018. Litter & microplastics features in table salts from marine origin: Italian versus Croatian brands. *Mar. Pollut. Bull.* 135, 62–68. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.06.065>
- Revel, M., Châtel, A., Mouneyrac, C., 2018. Micro(nano)plastics: A threat to human health? *Curr. Opin. Environ. Sci. Health* 1, 17–23. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.10.003>
- Rieux, A. des, Ragnarsson, E.G.E., Gullberg, E., Pr at, V., Schneider, Y.-J., Artursson, P., 2005. Transport of nanoparticles across an in vitro model of the human intestinal follicle associated epithelium. *Eur. J. Pharm. Sci.* 25, 455–465. <https://doi.org/10.1016/j.ejps.2005.04.015>
- Rillig, M.C., 2012. Microplastic in Terrestrial Ecosystems and the Soil? *Environ. Sci. Technol.* 46, 6453–6454. <https://doi.org/10.1021/es302011r>
- Rist, S., Carney Almroth, B., Hartmann, N.B., Karlsson, T.M., 2018. A critical perspective on early communications concerning human health aspects of microplastics. *Sci. Total Environ.* 626, 720–726. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.092>

- Roex, E., Vethaak, D., Leslie, H., & Kreuk, M. D. (2013). Potential risk of microplastics in the fresh water environment. STOWA, Amersfoort.
- Sanchez, W., Bender, C., Porcher, J.-M., 2014. Wild gudgeons (*Gobio gobio*) from French rivers are contaminated by microplastics: Preliminary study and first evidence. *Environ. Res.* 128, 98–100. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2013.11.004>
- Serrano, R., Nácher-Mestre, J., Portolés, T., Amat, F., Hernández, F., 2011. Non-target screening of organic contaminants in marine salts by gas chromatography coupled to high-resolution time-of-flight mass spectrometry. *Talanta* 85, 877–884. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2011.04.055>
- Shim, W.J., Hong, S.H., Eo, S.E., 2017. Identification methods in microplastic analysis: a review. *Anal. Methods* 9, 1384–1391. <https://doi.org/10.1039/C6AY02558G>
- Silva-Cavalcanti, J.S., Silva, J.D.B., França, E.J. de, Araújo, M.C.B. de, Gusmão, F., 2017. Microplastics ingestion by a common tropical freshwater fishing resource. *Environ. Pollut.* 221, 218–226. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.11.068>
- Smith, M., Love, D.C., Rochman, C.M., Neff, R.A., 2018. Microplastics in Seafood and the Implications for Human Health. *Curr. Environ. Health Rep.* 5, 375–386. <https://doi.org/10.1007/s40572-018-0206-z>
- Sobhani, Z., Lei, Y., Tang, Y., Wu, L., Zhang, X., Naidu, R., ... & Fang, C. 2020. “Microplastics generated when opening plastic packaging”, *Scientific reports*, 10(1), 1-7.
- Song, Y.K., Hong, S.H., Jang, M., Han, G.M., Rani, M., Lee, J., Shim, W.J., 2015. A comparison of microscopic and spectroscopic identification methods for analysis of microplastics in environmental samples. *Mar. Pollut. Bull.* 93, 202–209. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.01.015>
- Steinmetz, Z., Wollmann, C., Schaefer, M., Buchmann, C., David, J., Tröger, J., Muñoz, K., Frör, O., Schaumann, G.E., 2016. Plastic mulching in agriculture. Trading short-term agronomic benefits for long-term soil degradation? *Sci. Total Environ.* 550, 690–705. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.153>
- Teuten, E.L., Saquing, J.M., Knappe, D.R.U., Barlaz, M.A., Jonsson, S., Björn, A., Rowland, S.J., Thompson, R.C., Galloway, T.S., Yamashita, R., Ochi, D., Watanuki, Y., Moore, C., Viet, P.H., Tana, T.S., Prudente, M., Boonyatumanond, R., Zakaria, M.P., Akkavong, K., Ogata, Y., Hirai, H., Iwasa, S., Mizukawa, K., Hagino, Y., Imamura, A., Saha, M., Takada, H., 2009. Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 364, 2027–2045. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0284>
- Thompson, R.C., 2004. Lost at Sea: Where Is All the Plastic? *Science* 304, 838–838. <https://doi.org/10.1126/science.1094559>

- Thompson, R.C., Moore, C.J., vom Saal, F.S., Swan, S.H., 2009. Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 364, 2153–2166. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0053>
- US EPA (2011). Marine Debris in the North Pacific. Marine Debris in the North Pacific. A Summary
- Van Cauwenberghe, L., Janssen, C.R., 2014. Microplastics in bivalves cultured for human consumption. *Environ. Pollut.* 193, 65–70. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.06.010>
- Wang, W., Gao, H., Jin, S., Li, R., Na, G., 2019. The ecotoxicological effects of microplastics on aquatic food web, from primary producer to human: A review. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 173, 110–117. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.01.113>
- Wang, W., Wang, J., 2018. Investigation of microplastics in aquatic environments: An overview of the methods used, from field sampling to laboratory analysis. *TrAC Trends Anal. Chem.* 108, 195–202. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.08.026>
- Waring, R.H., Harris, R.M., Mitchell, S.C., 2018. Plastic contamination of the food chain: A threat to human health? *Maturitas* 115, 64–68. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2018.06.010>
- Westerhoff, P., Prapaipong, P., Shock, E., Hillaireau, A., 2008. Antimony leaching from polyethylene terephthalate (PET) plastic used for bottled drinking water. *Water Res.* 42, 551–556. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2007.07.048>
- Woodall, L. C., Sanchez-Vidal, A., Canals, M., Paterson, G. L., Coppock, R., Sleight, V., ... & Thompson, R. C. (2014). The deep sea is a major sink for microplastic debris. *Royal Society open science*, 1(4), 140317.
- World Health Organization, 2012. *Guideline: Sodium Intake for Adults and Children*. Geneva.
- Wright, S.L., Kelly, F.J., 2017. Plastic and Human Health: A Micro Issue? *Environ. Sci. Technol.* 51, 6634–6647. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00423>
- Wright, S.L., Rowe, D., Thompson, R.C., Galloway, T.S., 2013a. Microplastic ingestion decreases energy reserves in marine worms. *Curr. Biol.* 23, R1031–R1033. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.10.068>
- Wright, S.L., Thompson, R.C., Galloway, T.S., 2013b. The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environ. Pollut.* 178, 483–492. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.031>
- Waring, R. H., Harris, R. M., Mitchell, S. C. (2018). Plastic contamination of the food chain: A threat to human health?. *Maturitas*, 115, 64-68.
- Wu, W. M., Yang, J., & Criddle, C. S. 2017. “Microplastics pollution and reduction strategies”, *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, 11(1), 6.

- Yang, D., Shi, H., Li, L., Li, J., Jabeen, K., Kolandhasamy, P., 2015. Microplastic Pollution in Table Salts from China. *Environ. Sci. Technol.* 49, 13622–13627. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b03163>
- Yonkos, L.T., Friedel, E.A., Perez-Reyes, A.C., Ghosal, S., Arthur, C.D., 2014. Microplastics in Four Estuarine Rivers in the Chesapeake Bay, U.S.A. *Environ. Sci. Technol.* 48, 14195–14202. <https://doi.org/10.1021/es5036317>
- Yurtsever, M. (2015). Mikroplastikler'e Genel Bir Bakış. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 17(50), 68-83.
- Yurtsever, M., 2018a. Microplastic pollution threat in table salt that an abiotic sea product. *Su Ürünleri Dergisi*, 35(3), 1-1.
- Yurtsever, M., 2018b. "Küresel Plastik Kirliliği, Nano-Mikroplastik Tehlikesi ve Sürdürülebilirlik", Yayın Yeri:Güven Plus Grup A.Ş. Yayınları, Editör: Ayşegül Akdoğan Eker, Fatma İlder Türkdoğan, Fatma Gülen İskender, Neşe TÜFEKÇİ, Süleyman ÖVEZ, Basım sayısı:1, ISBN:978-605-7594-06-8
- Yurtsever, M., 2018c. "Farklı Ortamlarda ve Biyota' da Mikroplastik Düzeylerinin İncelenmesi ve Mikroplastiklere Farmasötik/Pestisit Adsorpsiyonunun Araştırılması" TUBITAK 1001 projesi
- Yurtsever, M., & Yurtsever, U. (2019). Use of a convolutional neural network for the classification of microbeads in urban wastewater. *Chemosphere*, 216, 271-280.
- Zhang, C., Zhou, H., Cui, Y., Wang, C., Li, Y., Zhang, D., 2019. Microplastics in offshore sediment in the Yellow Sea and East China Sea, China. *Environ. Pollut.* 244, 827–833. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.102>
- Zhang, G.S., Liu, Y.F., 2018. The distribution of microplastics in soil aggregate fractions in southwestern China. *Sci. Total Environ.* 642, 12–20. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.004>
- Zhang, W., Ma, X., Zhang, Z., Wang, Y., Wang, Juying, Wang, Jing, Ma, D., 2015. Persistent organic pollutants carried on plastic resin pellets from two beaches in China. *Mar. Pollut. Bull.* 99, 28–34. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.08.002>
- Ziajahromi, S., Neale, P.A., Rintoul, L., Leusch, F.D.L., 2017. Wastewater treatment plants as a pathway for microplastics: Development of a new approach to sample wastewater-based microplastics. *Water Res.* 112, 93–99. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.01.042>
- Ziajahromi, S., Drapper, D., Hornbuckle, A., Rintoul, L., & Leusch, F. D. (2020). Microplastic pollution in a stormwater floating treatment wetland: Detection of tyre particles in sediment. *Science of The Total Environment*, 713, 136356.

EKLER

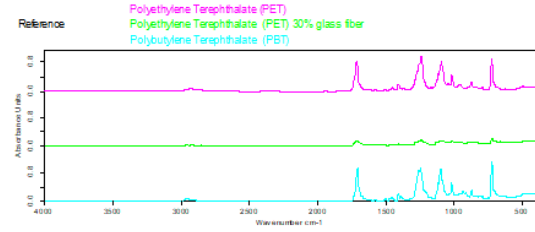
EK 1: Çay Numuneleri ATR-FT-IR Analiz Sonuçları

1.GRAFİK

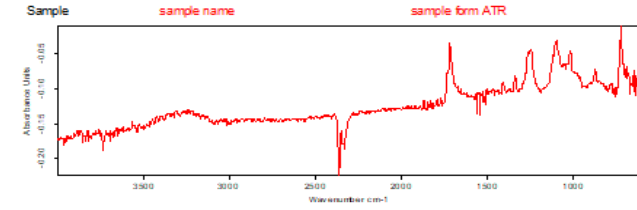
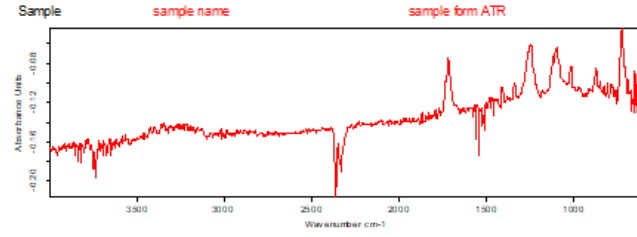
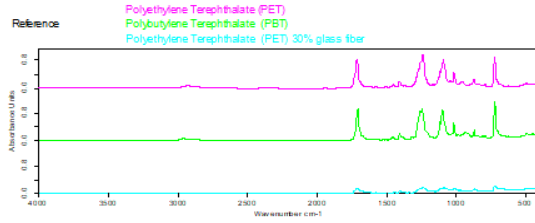
2.GRAFİK

Ç1

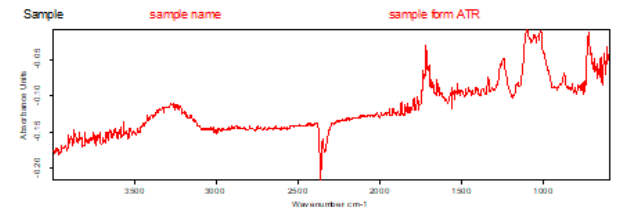
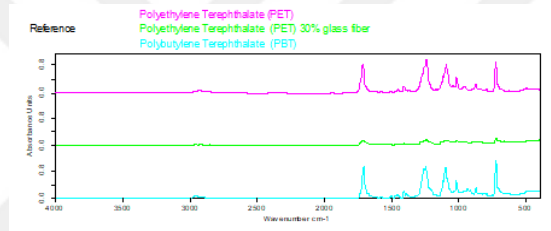
1



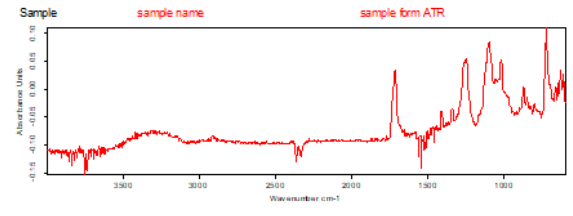
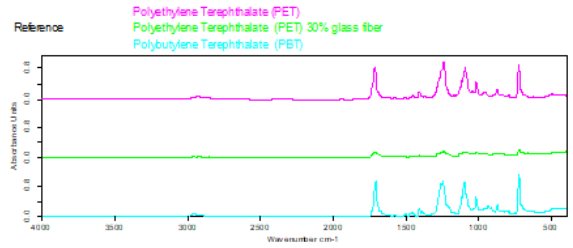
2



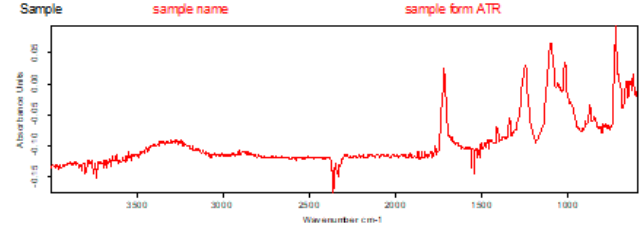
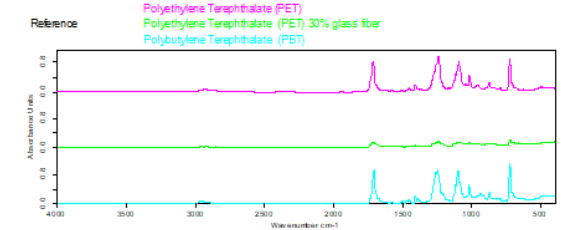
3



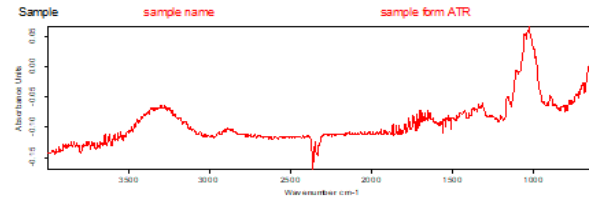
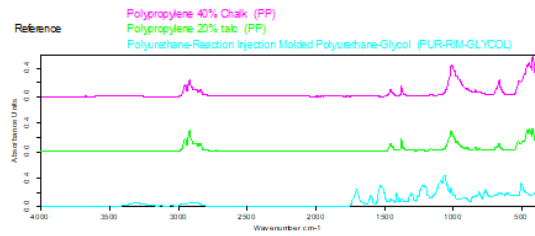
4



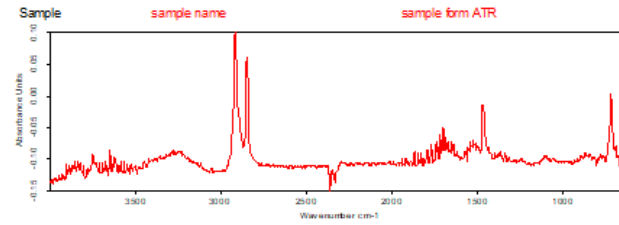
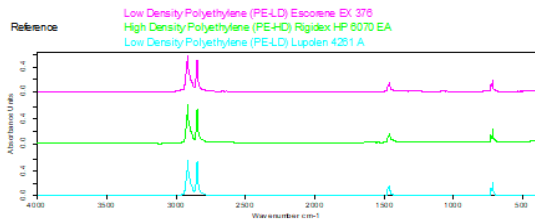
5



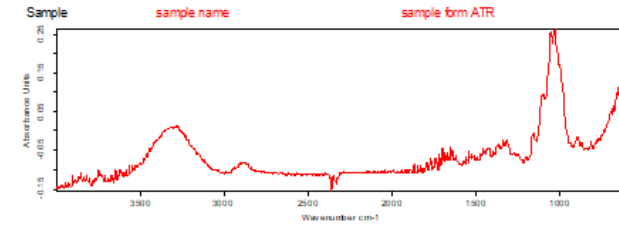
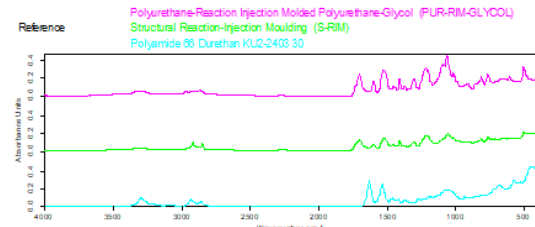
6



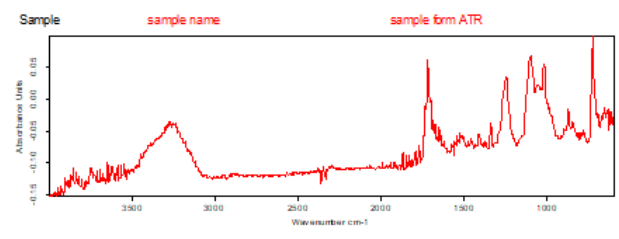
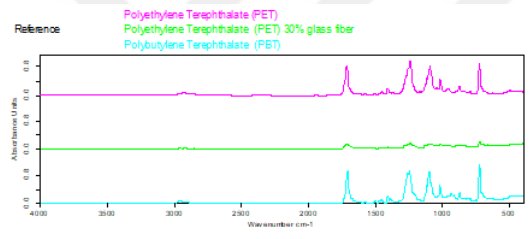
7



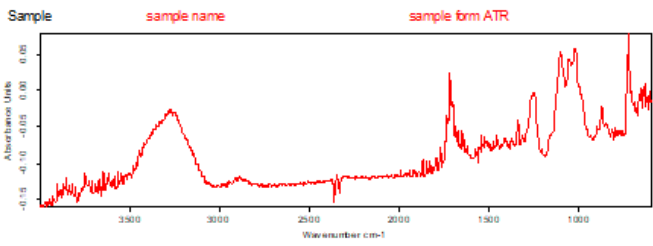
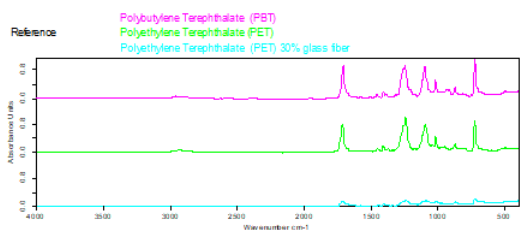
8



9

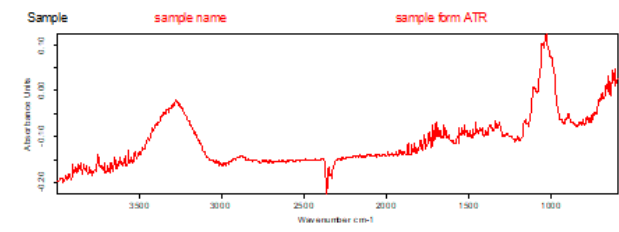
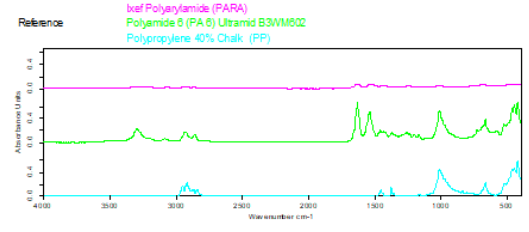


10

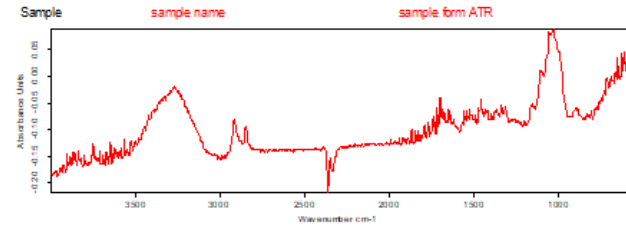
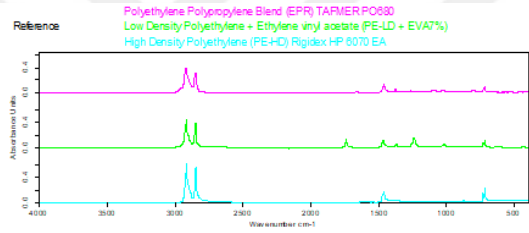


Ç2

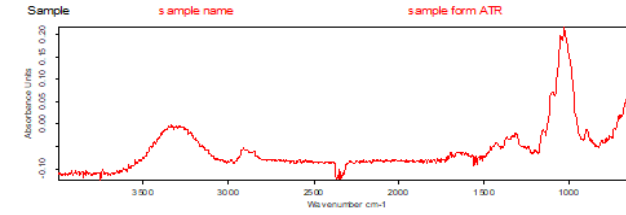
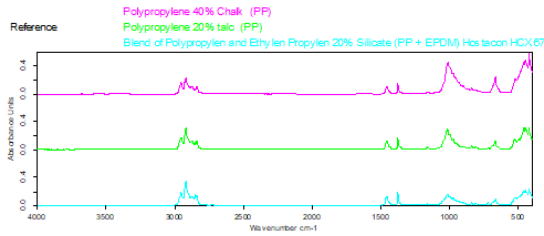
1



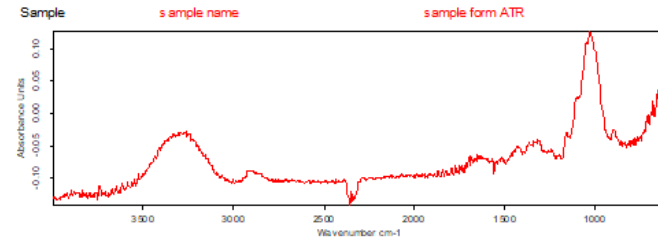
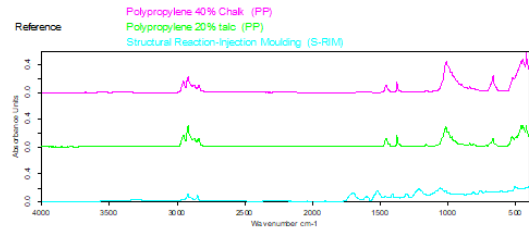
2



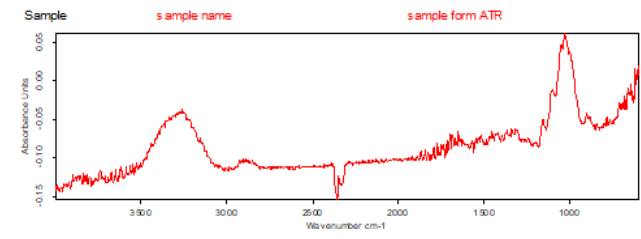
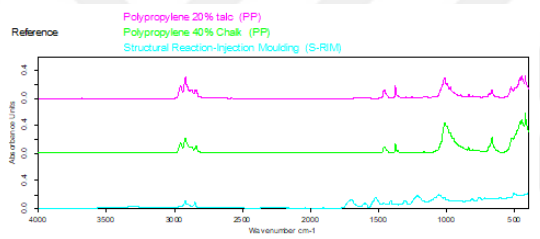
3



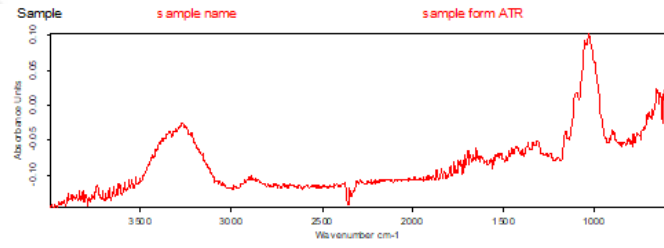
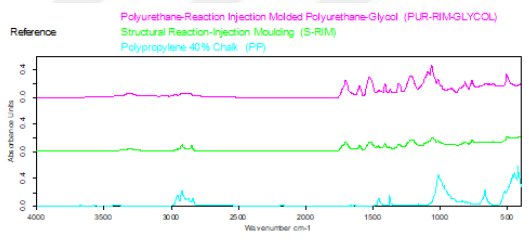
4



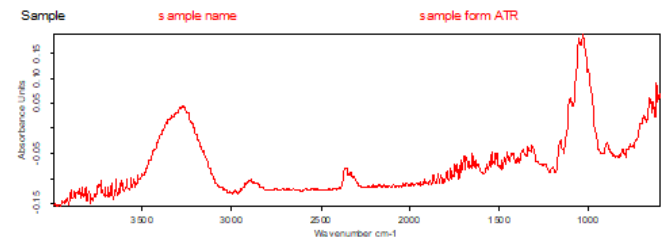
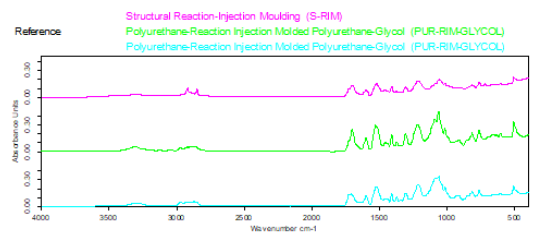
5



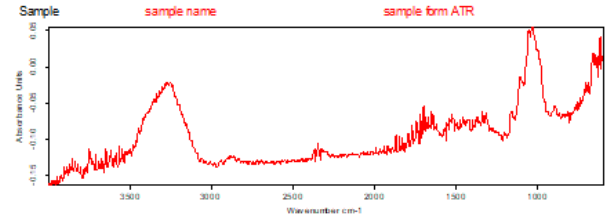
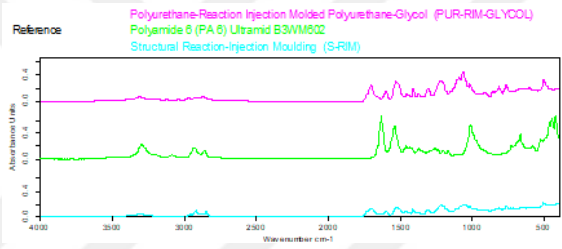
6



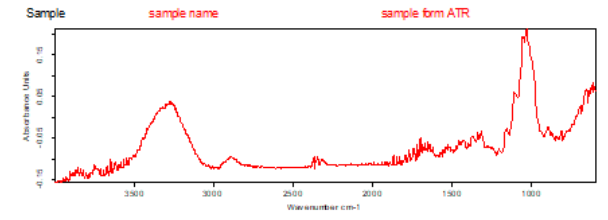
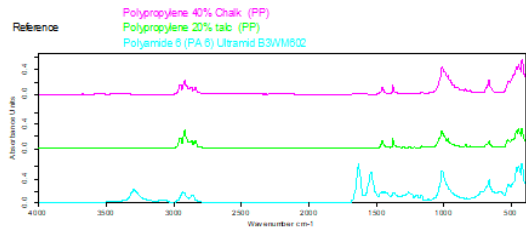
7



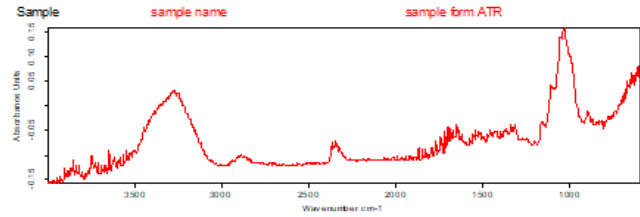
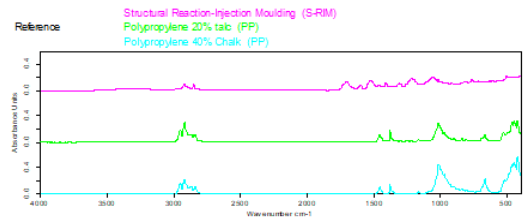
8



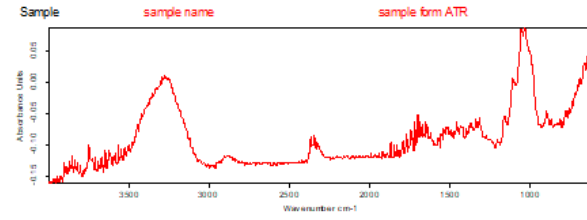
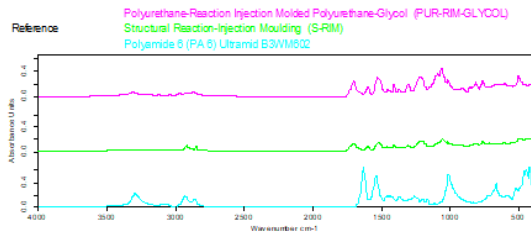
9



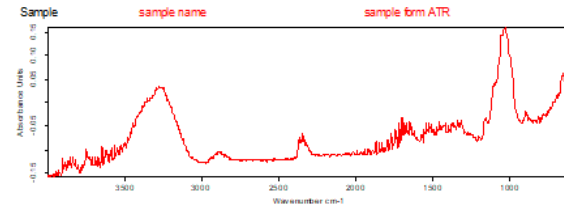
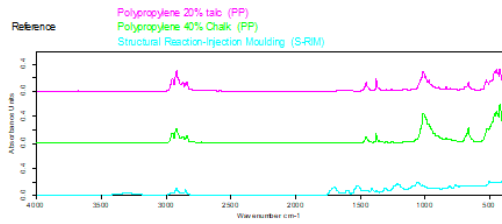
10



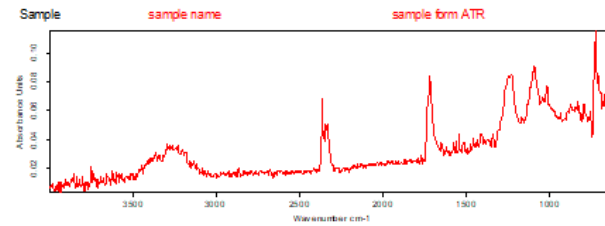
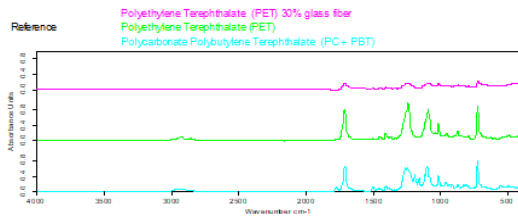
11



12

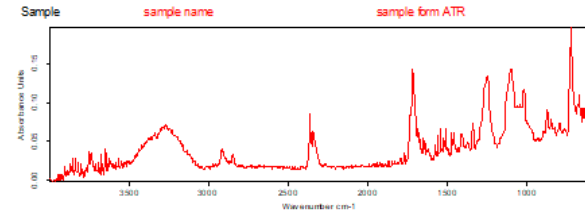
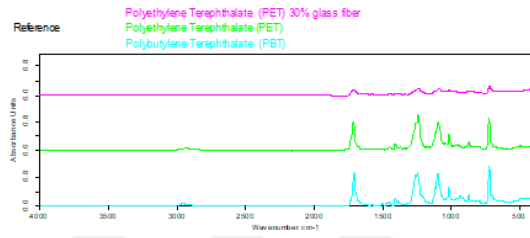


Ç3

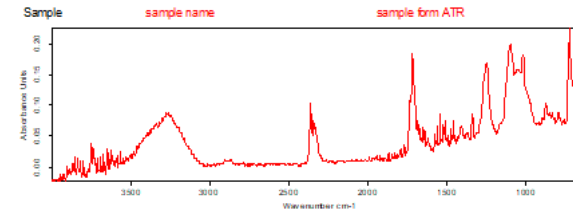
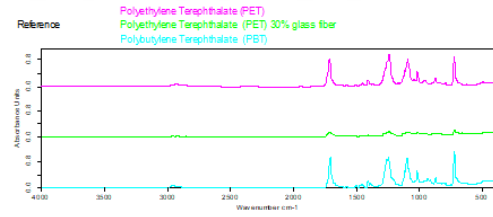


1

2

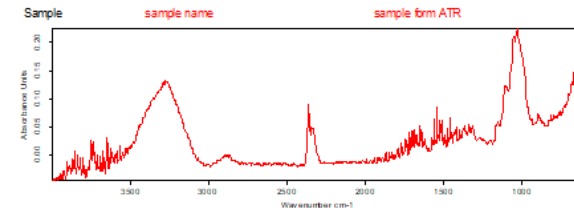
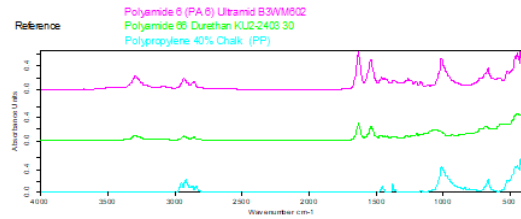


3

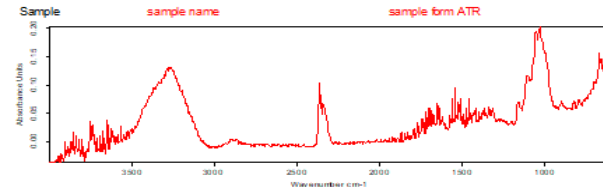
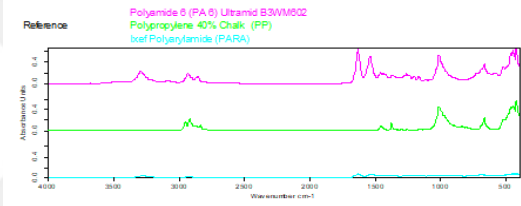


Ç4

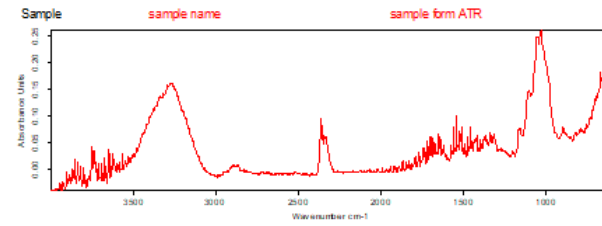
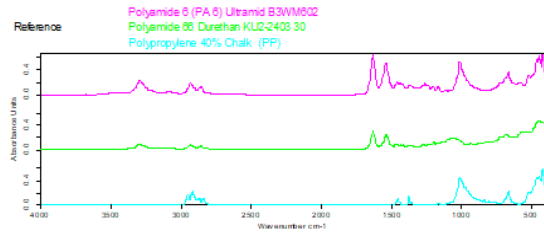
1



2

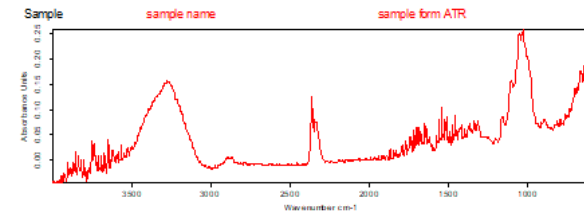
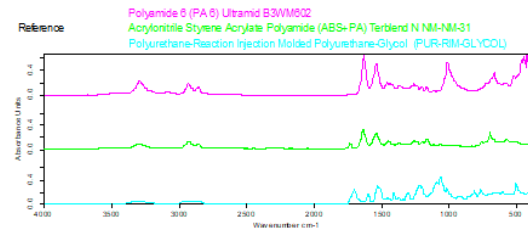


3

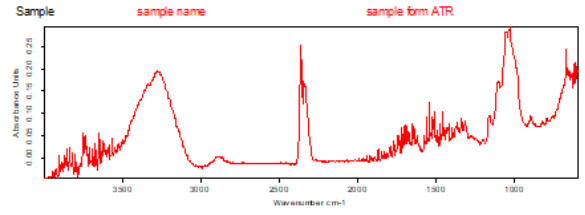
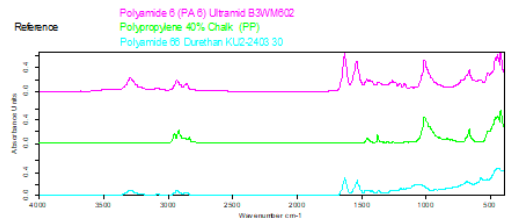


Ç5

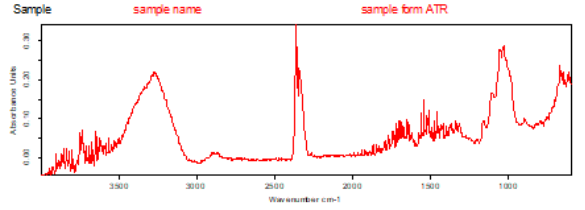
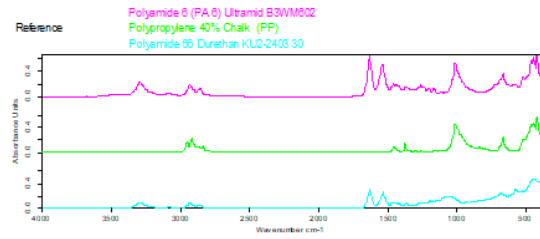
1



2

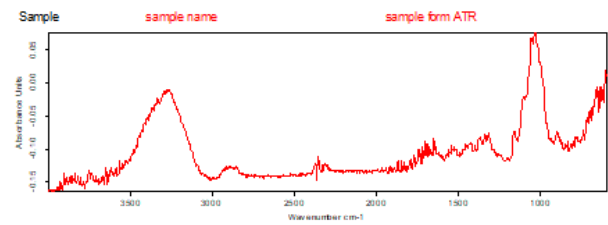
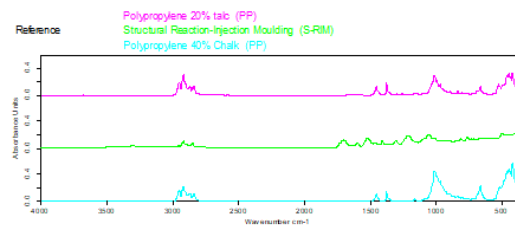


3

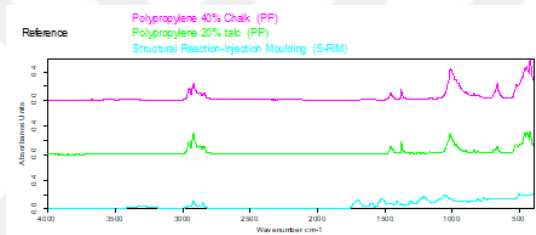


Ç6

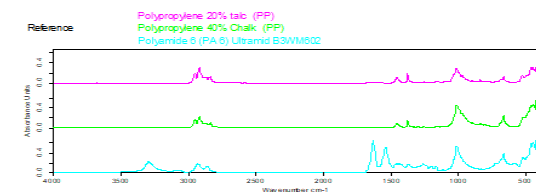
1



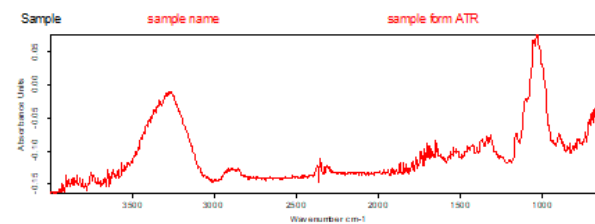
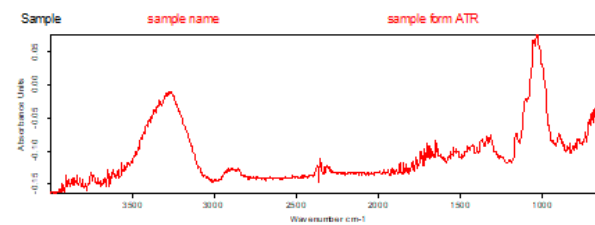
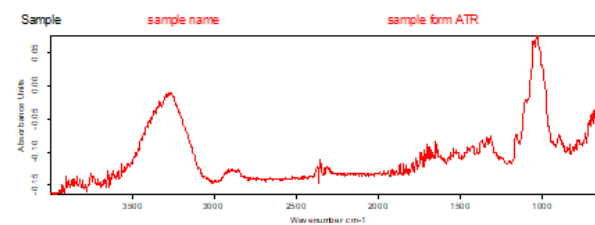
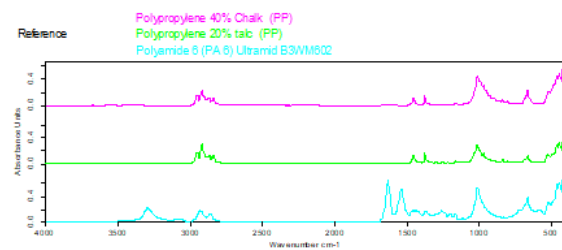
2



3

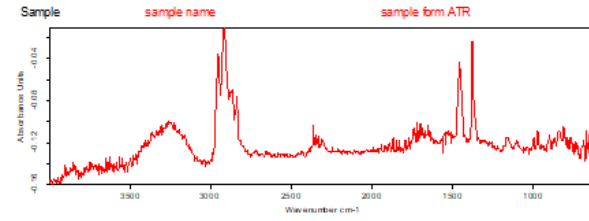
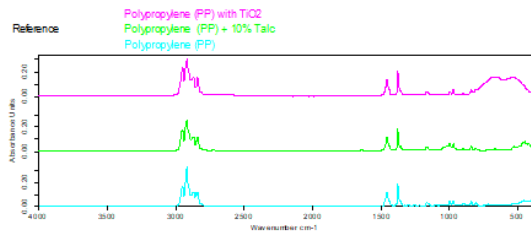


4

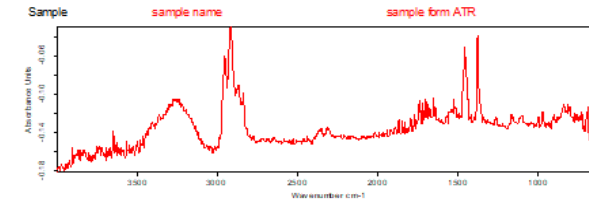
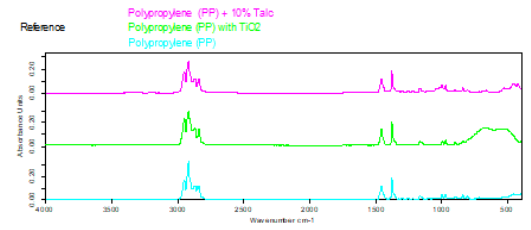


Ç7

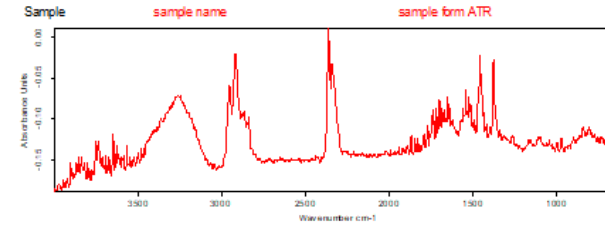
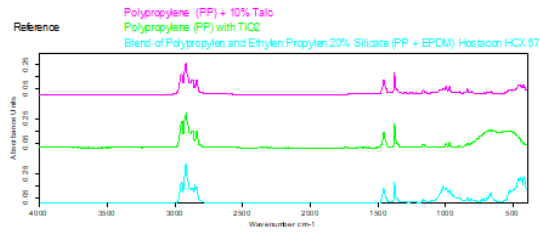
1



2

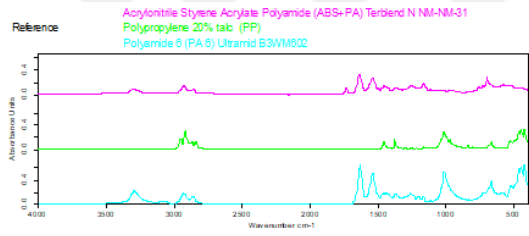


3

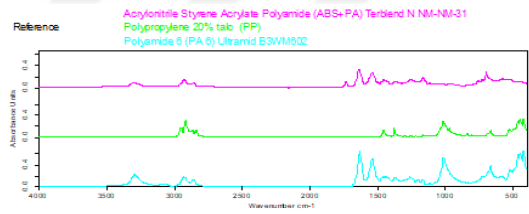


Ç8

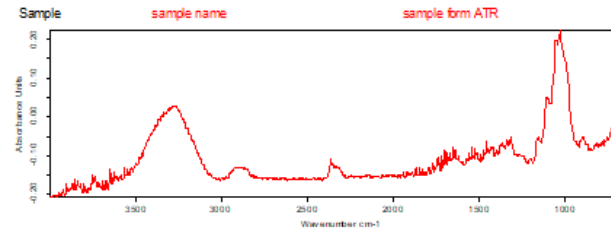
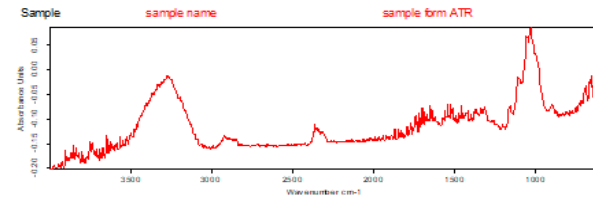
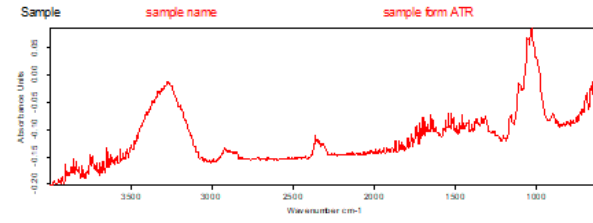
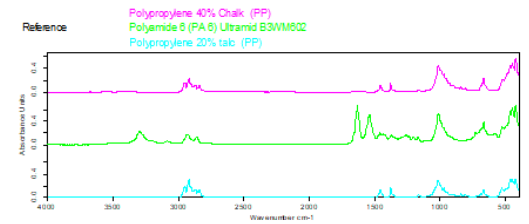
1



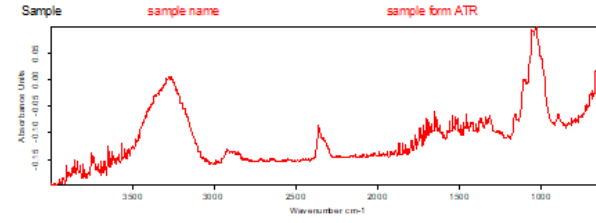
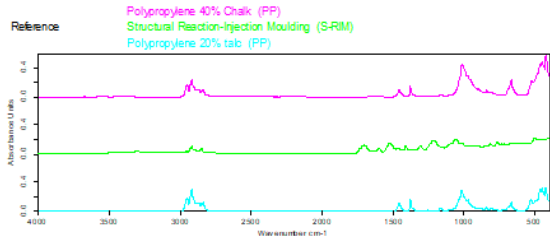
2



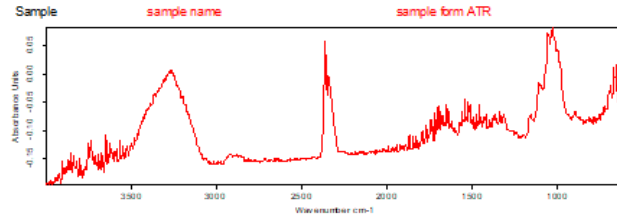
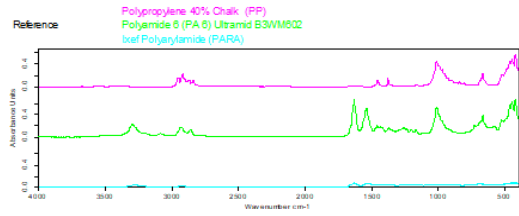
3



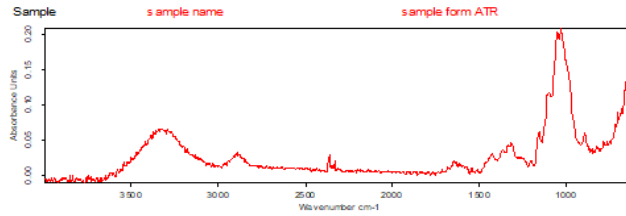
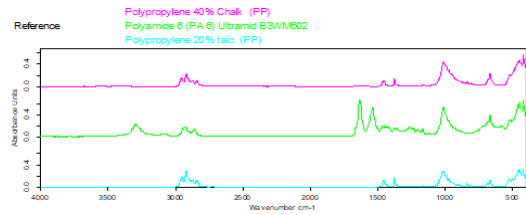
4



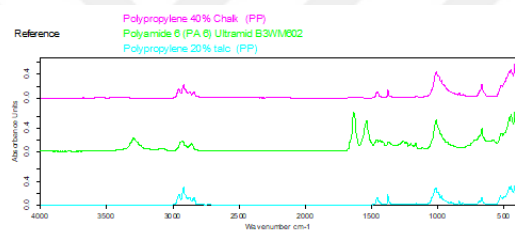
5



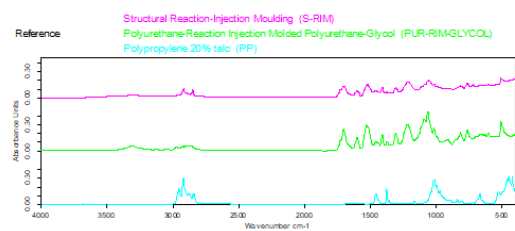
6



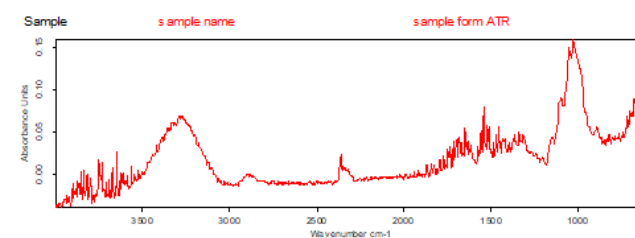
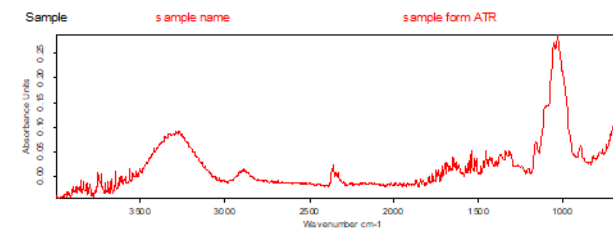
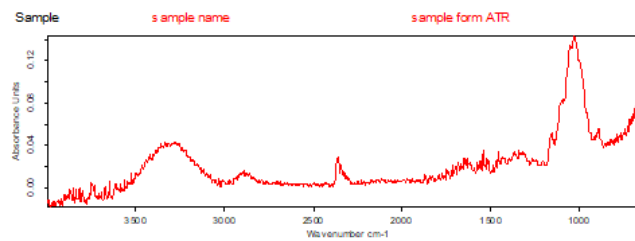
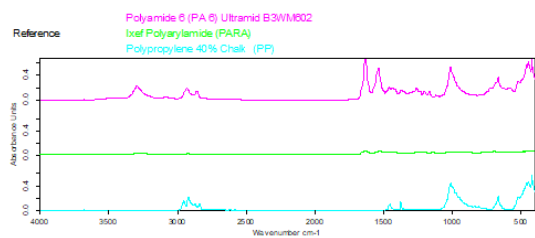
7



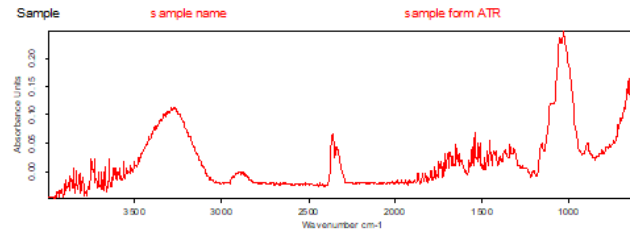
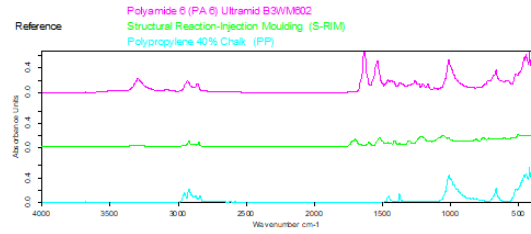
8



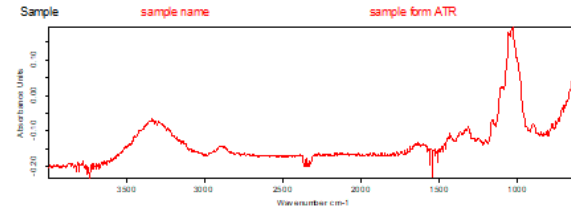
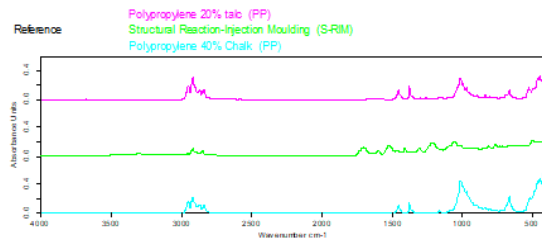
9



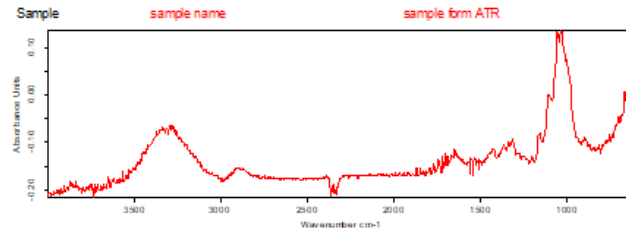
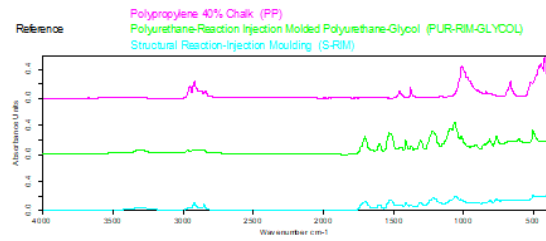
10



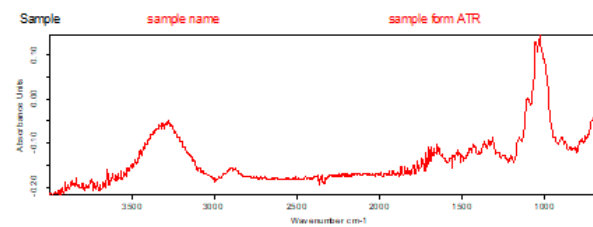
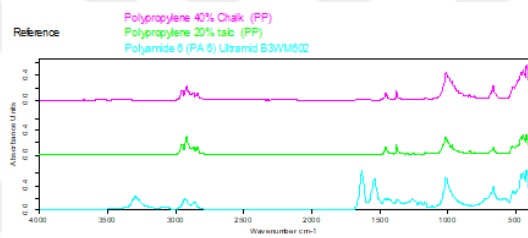
11



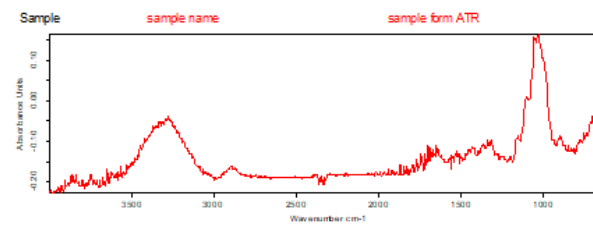
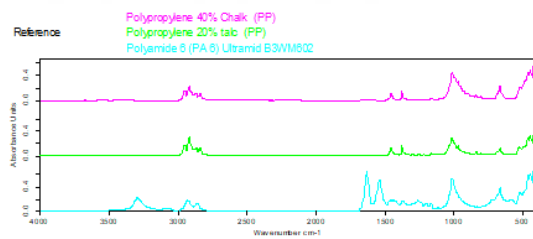
12



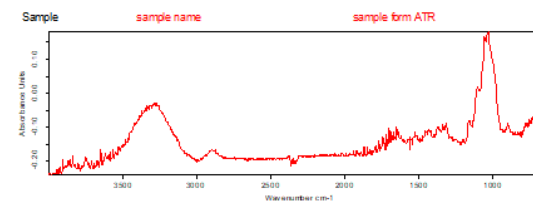
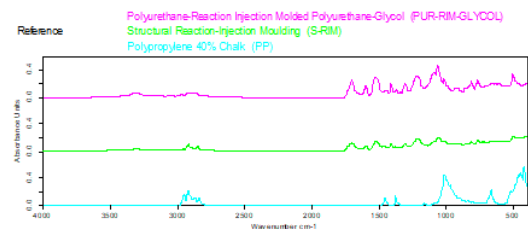
13



14

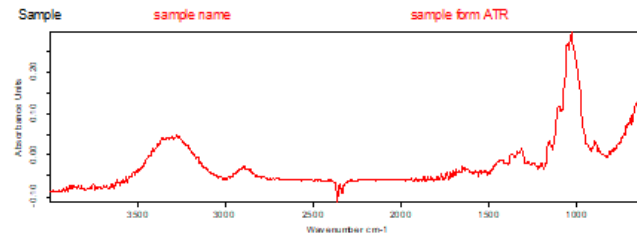
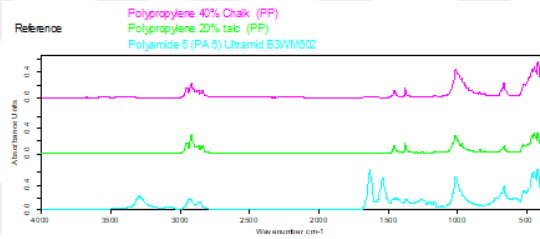


15

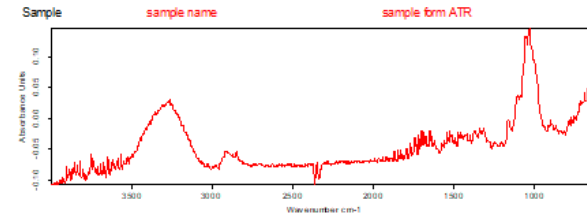
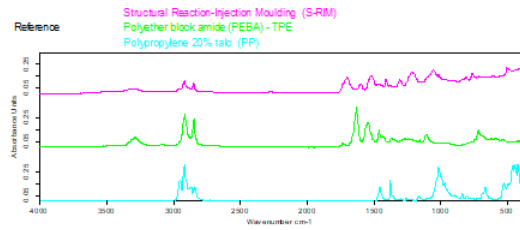


Ç9

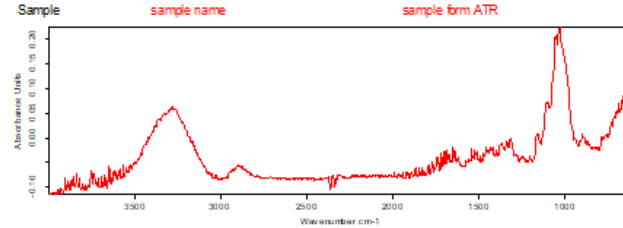
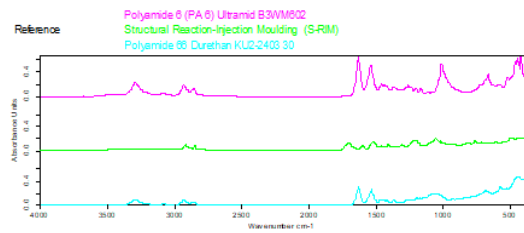
1



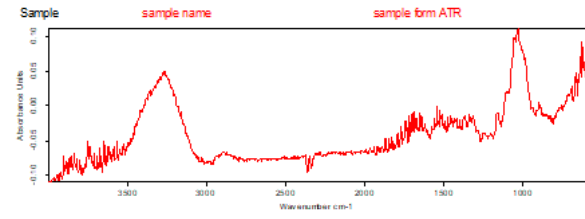
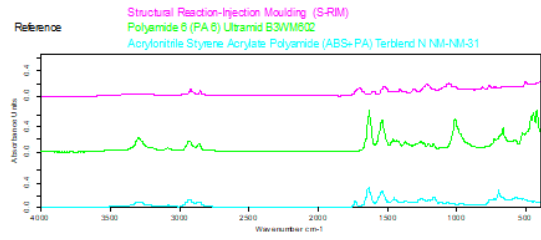
2



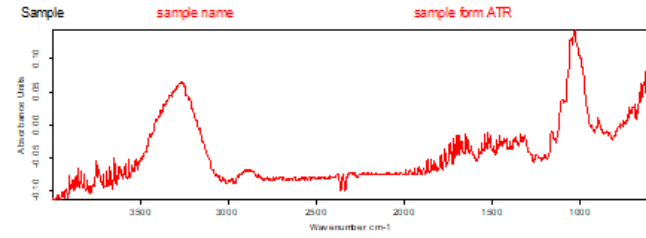
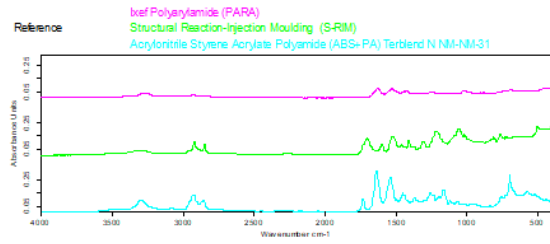
3



4

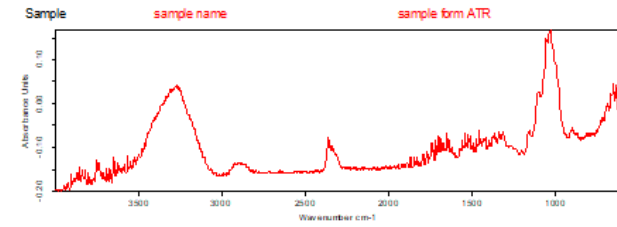
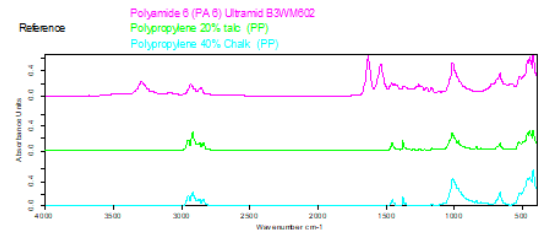


5

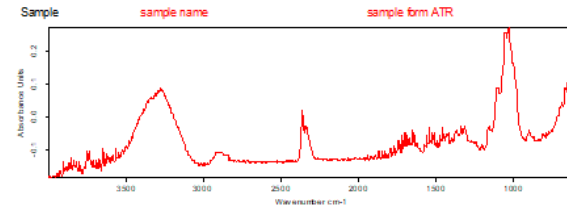
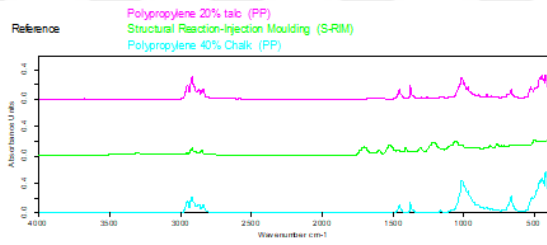


Ç10

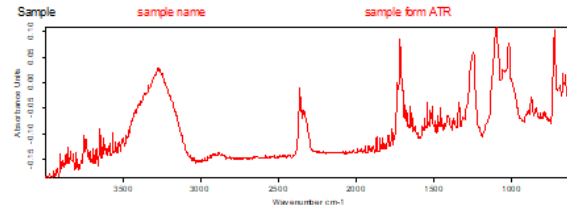
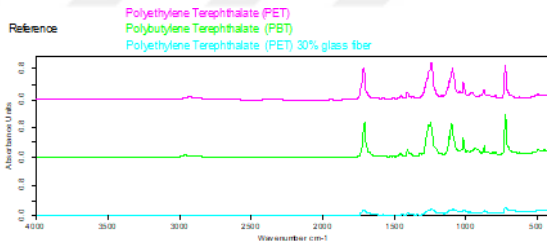
1



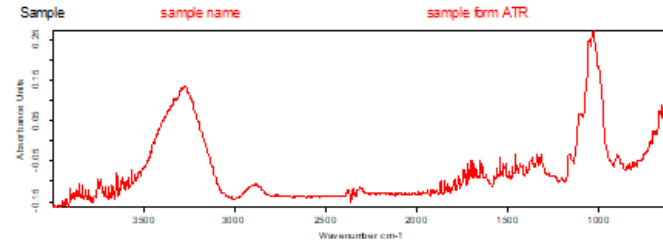
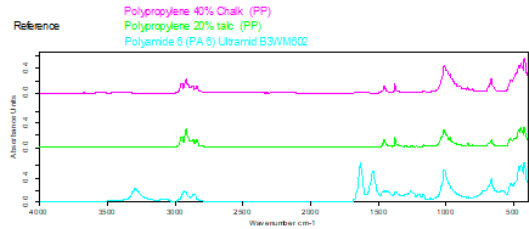
2



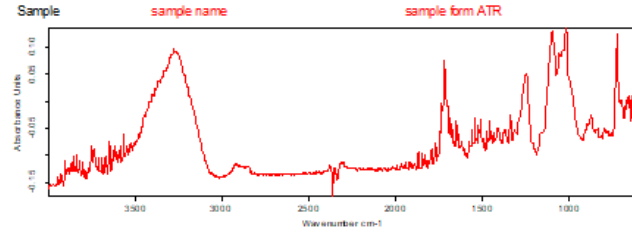
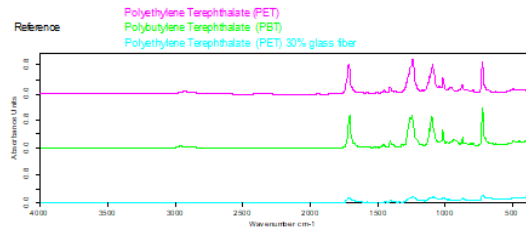
3



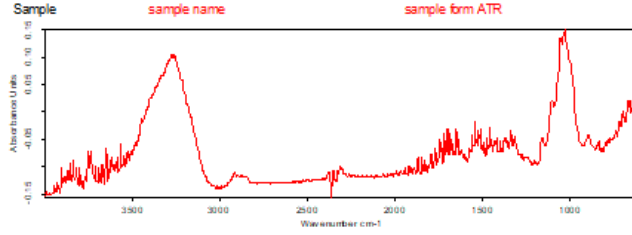
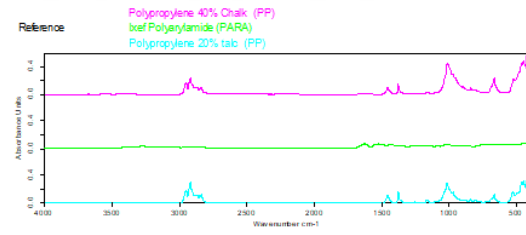
4



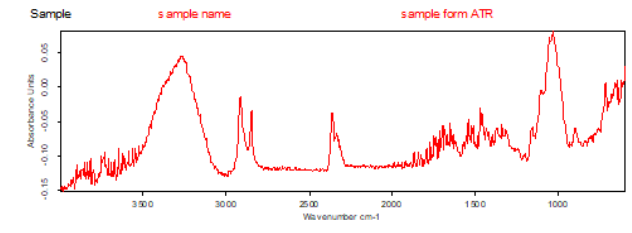
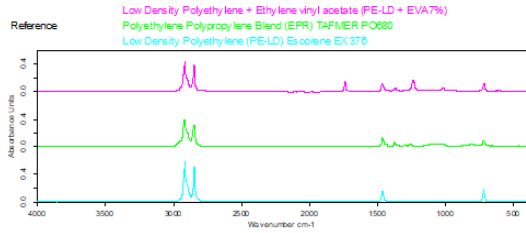
5



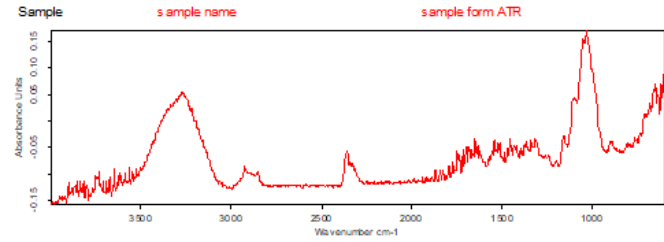
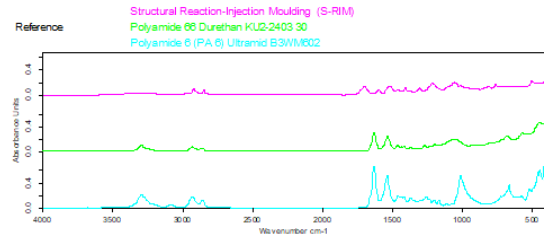
6



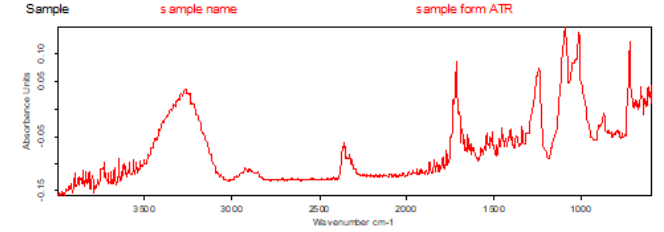
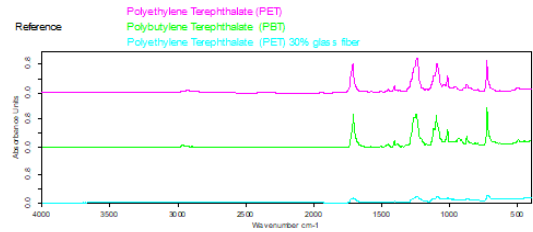
7



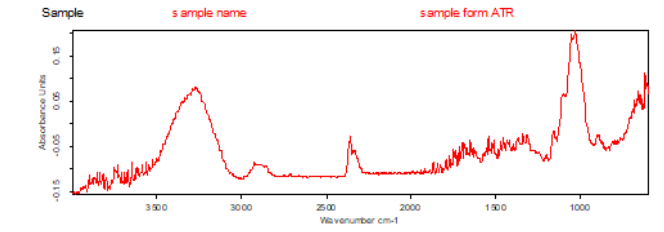
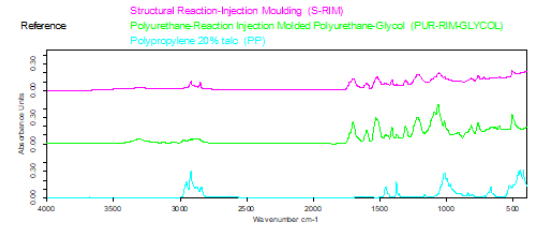
8



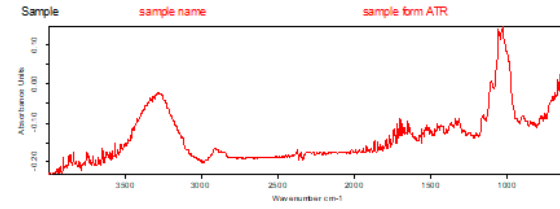
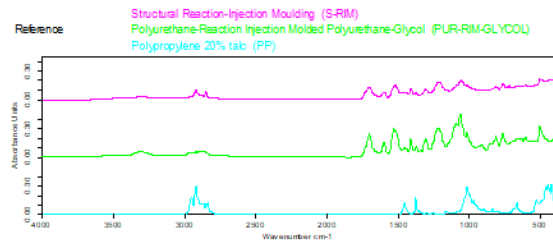
9



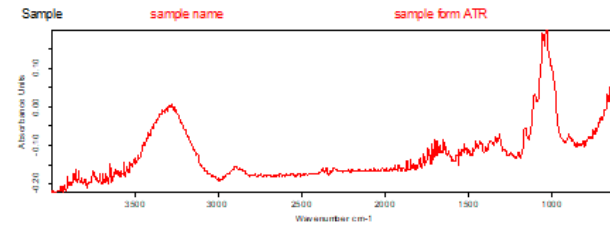
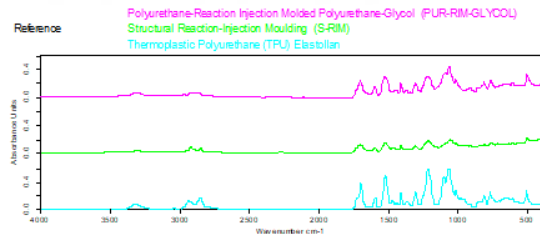
10



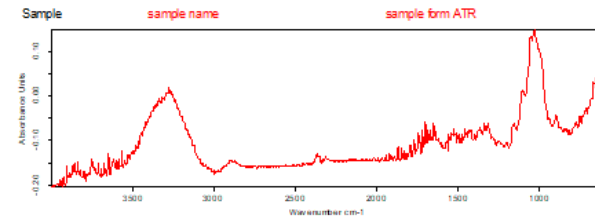
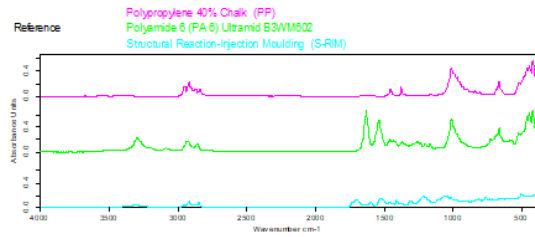
11



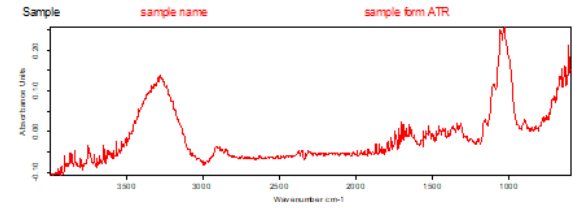
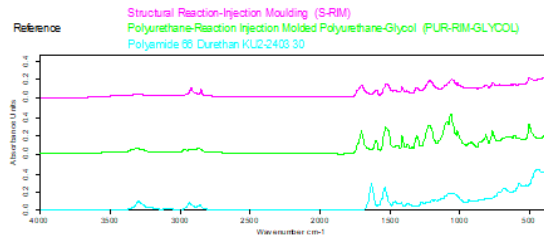
12



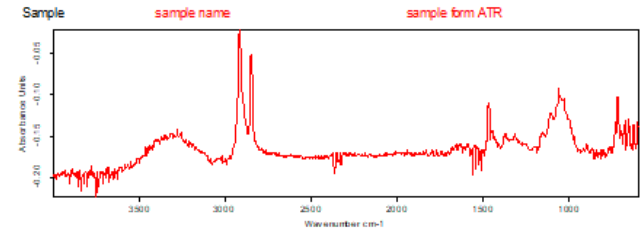
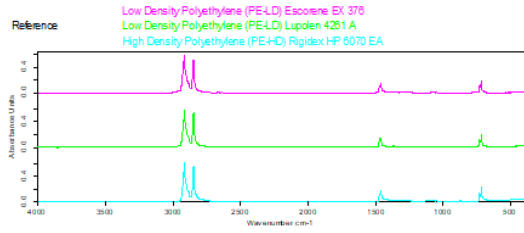
13



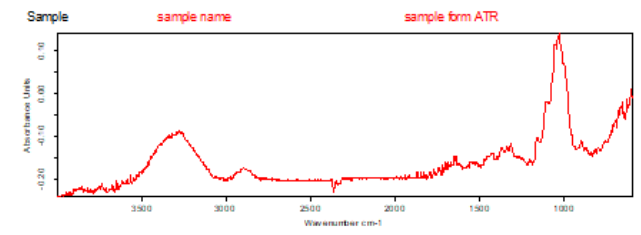
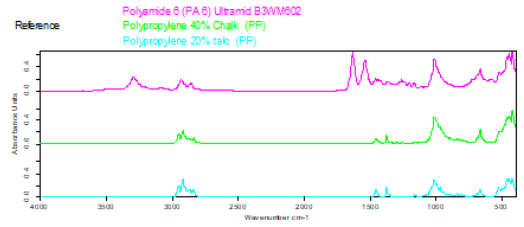
14



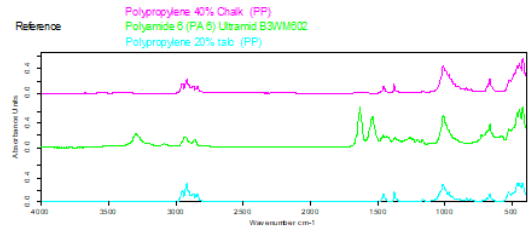
Ç11



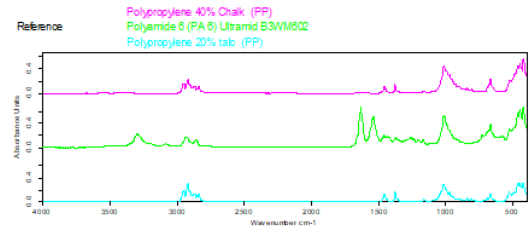
2



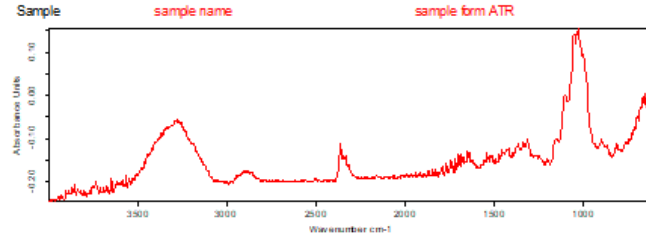
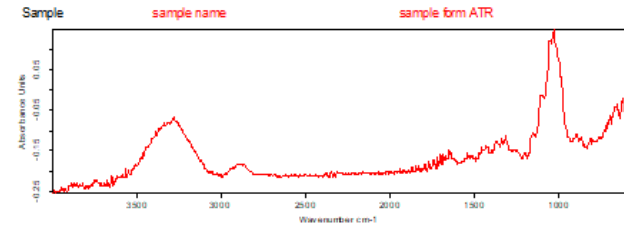
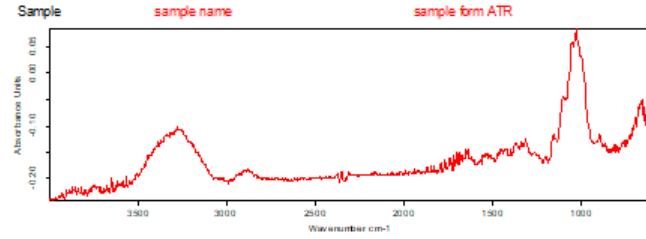
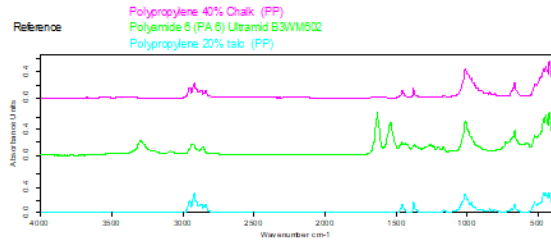
3



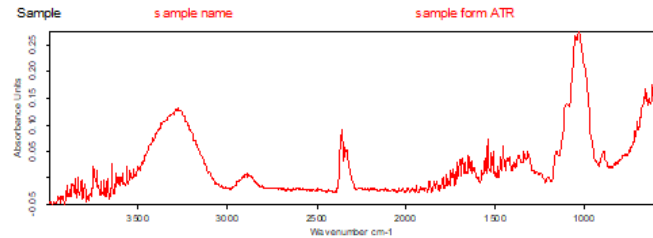
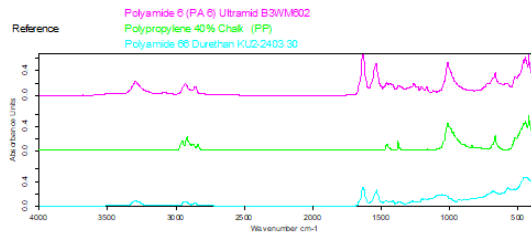
4



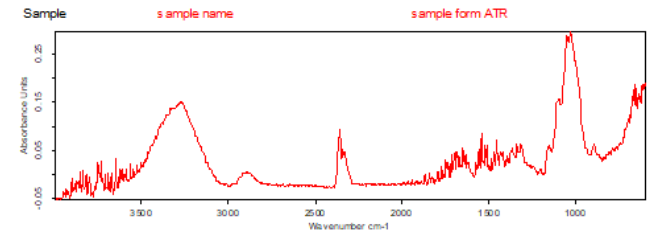
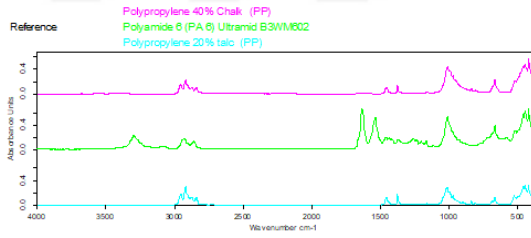
5



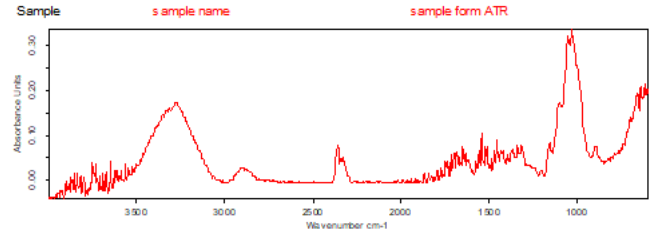
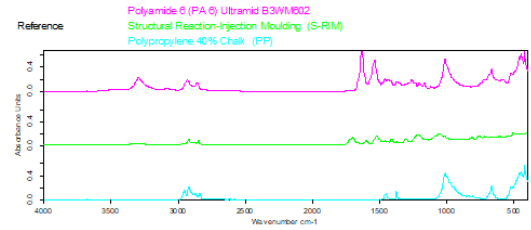
6



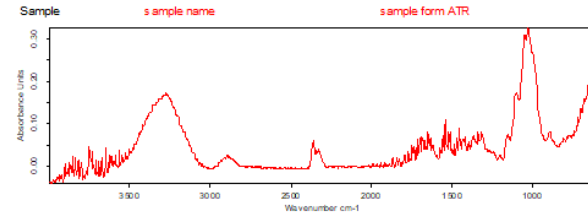
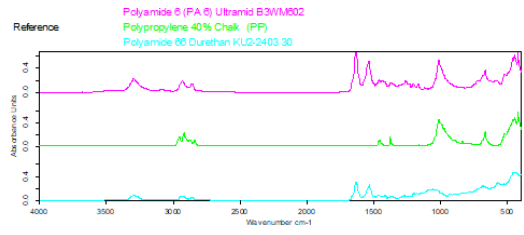
7



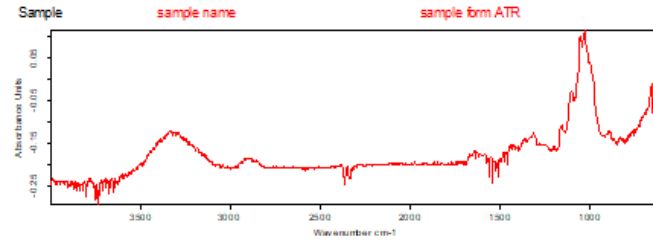
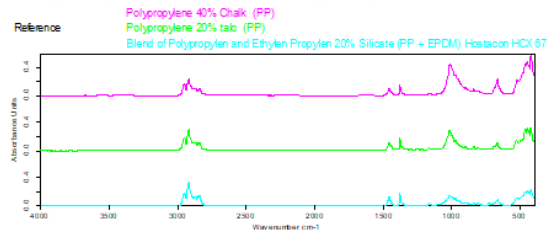
8



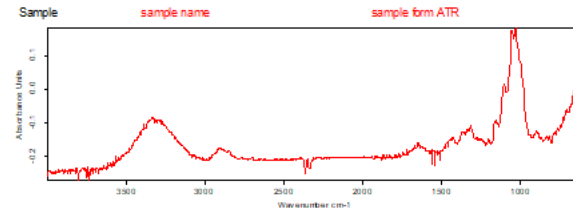
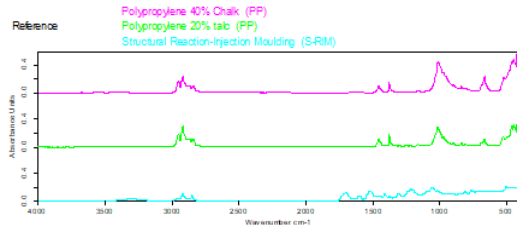
9



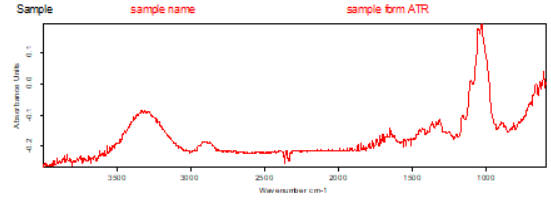
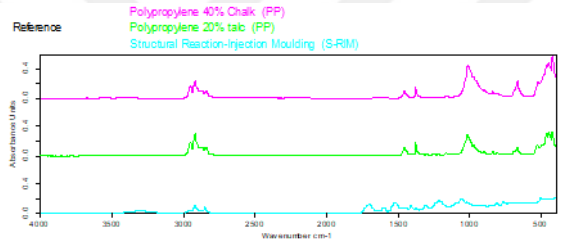
10



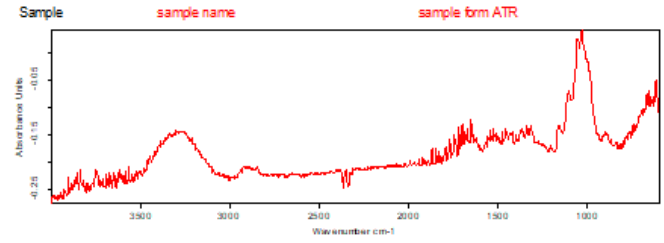
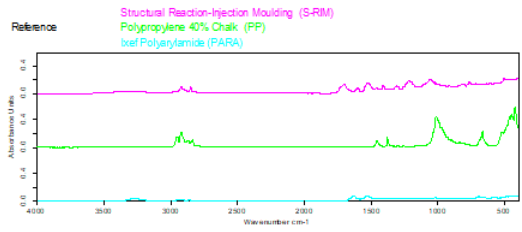
11



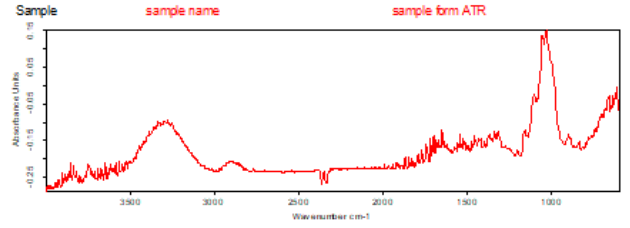
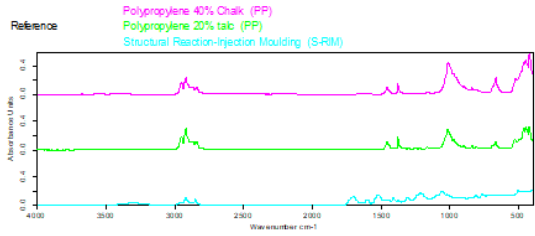
12



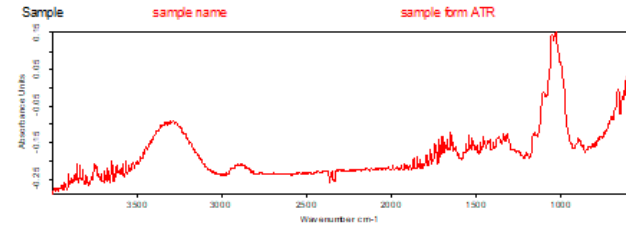
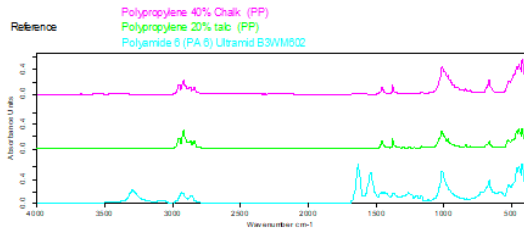
13



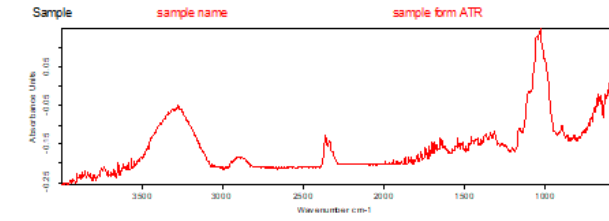
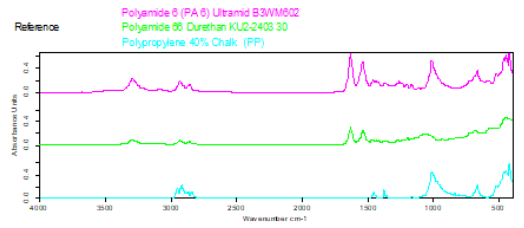
14



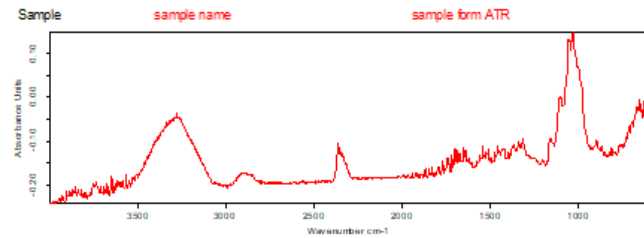
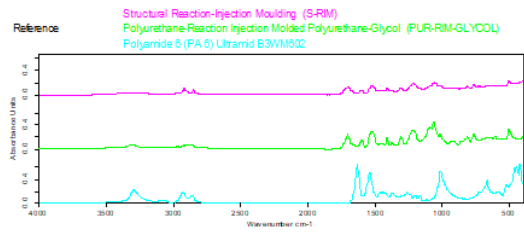
15



Ç12

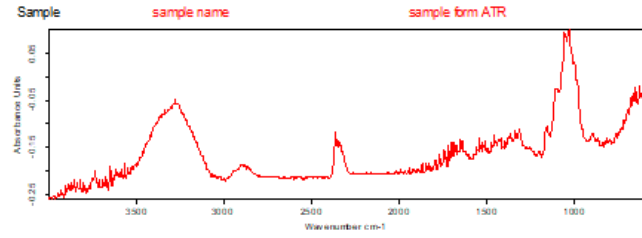
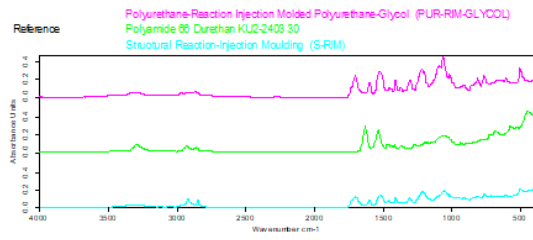


1

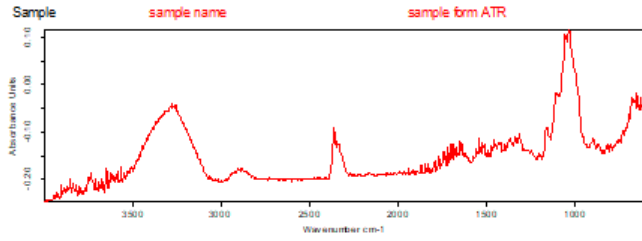
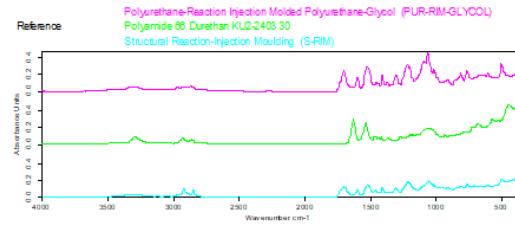


2

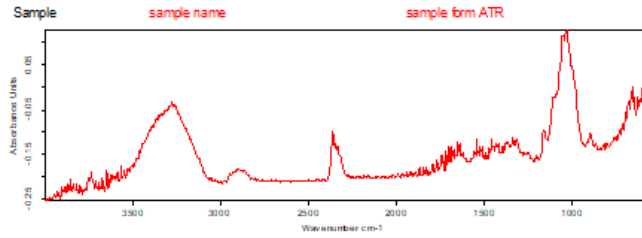
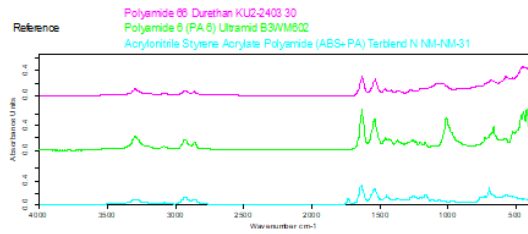
3



4

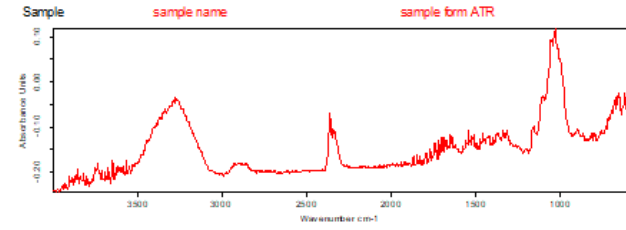
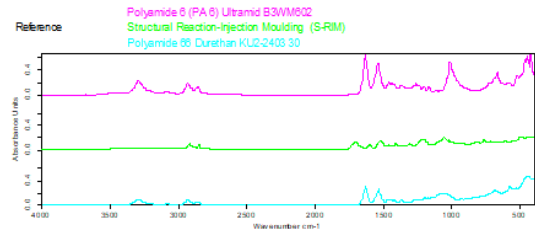


5

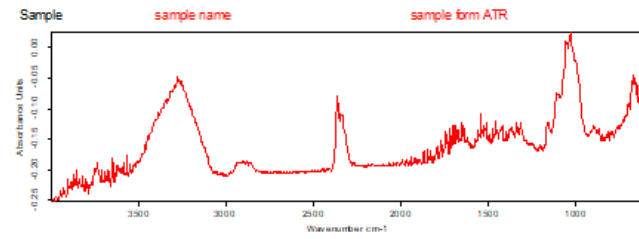
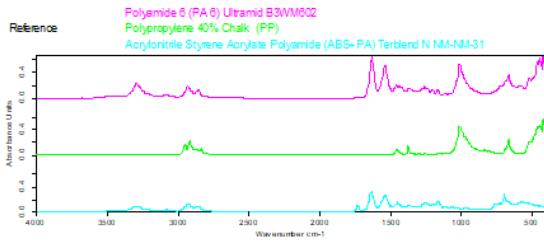


Ç13

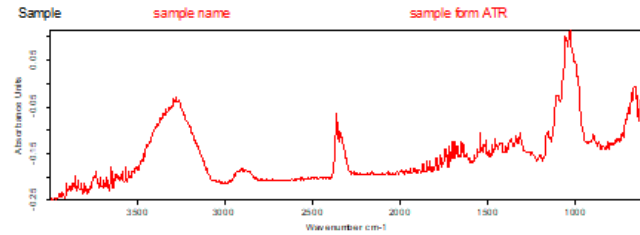
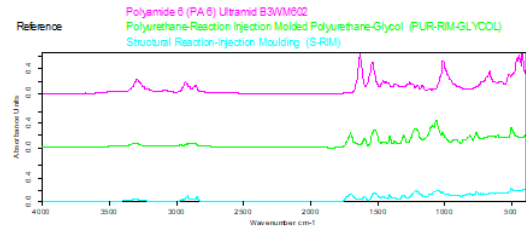
1



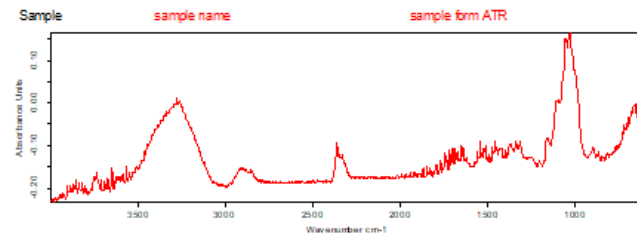
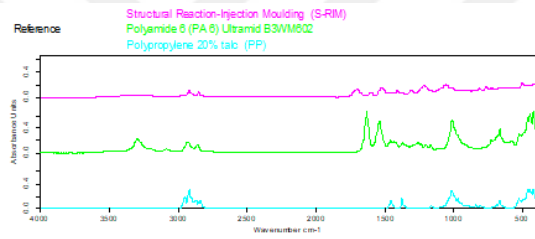
2



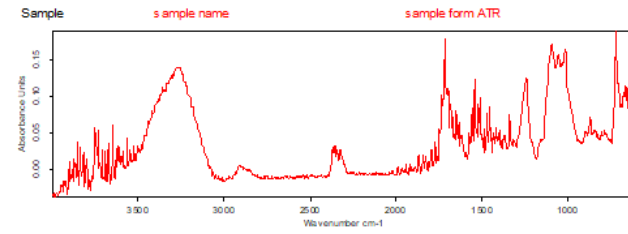
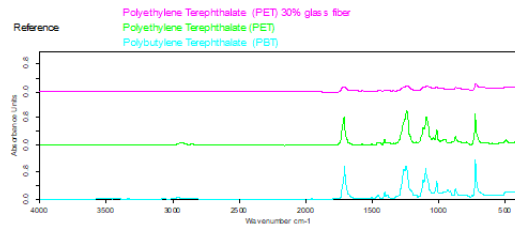
3



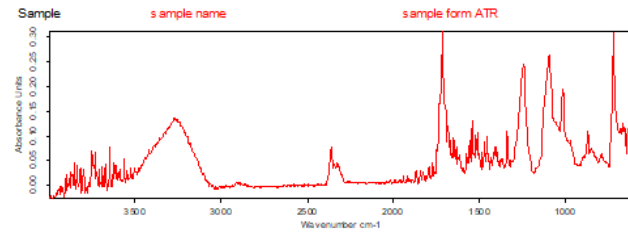
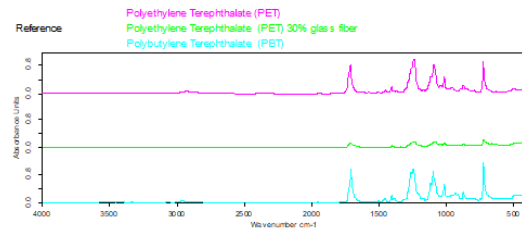
4



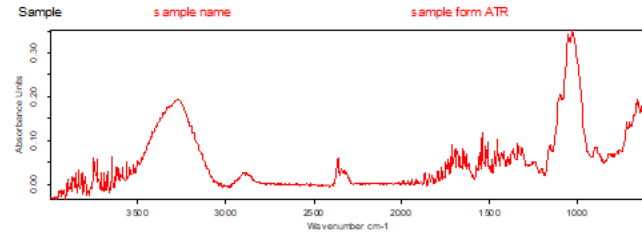
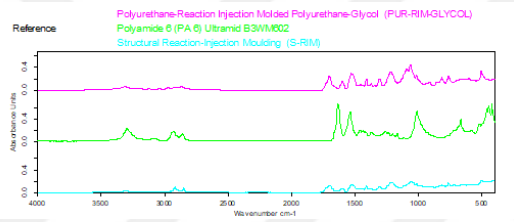
5



6

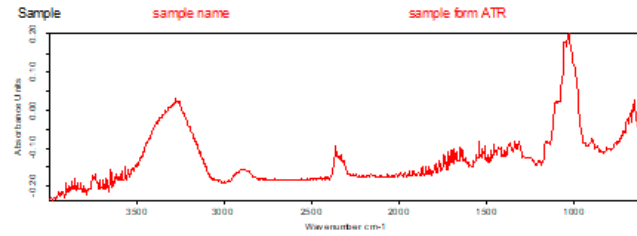
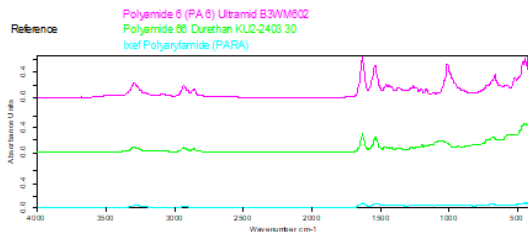


7

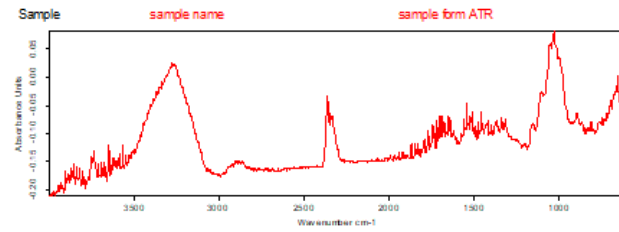
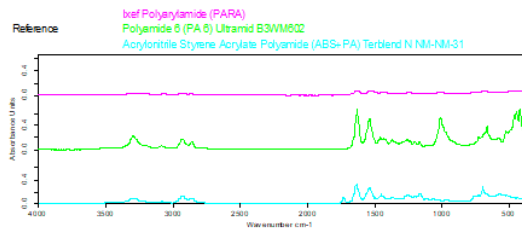


Ç14

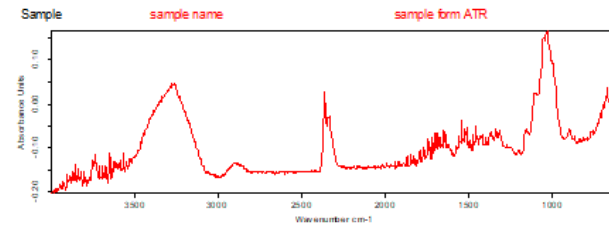
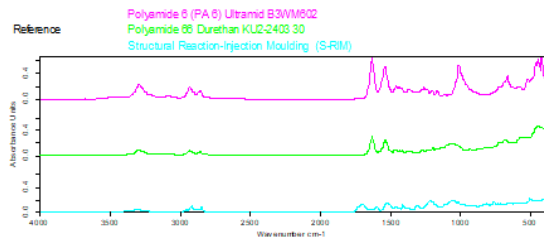
1



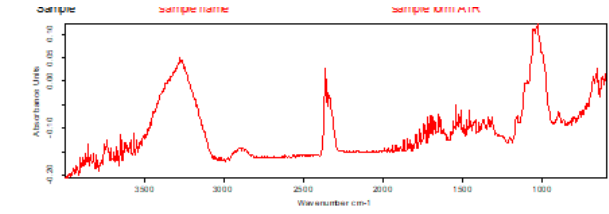
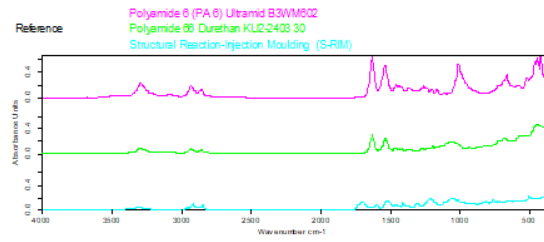
2



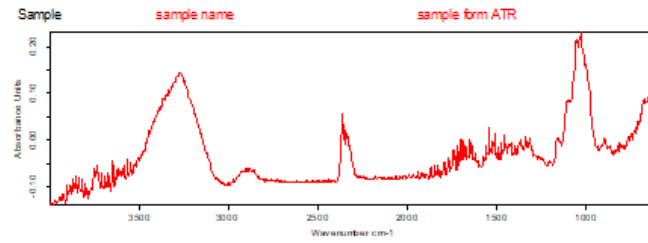
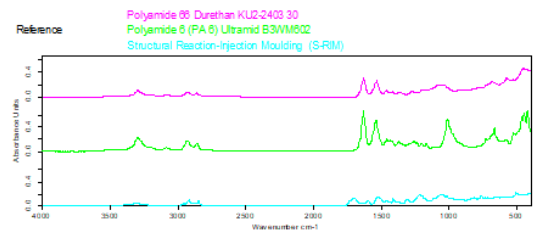
3



4

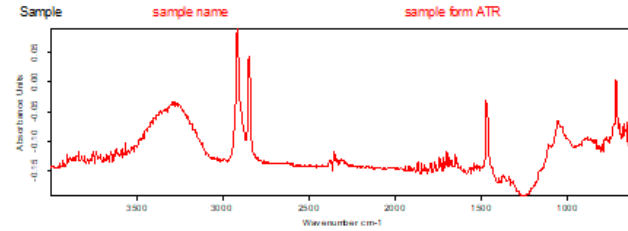
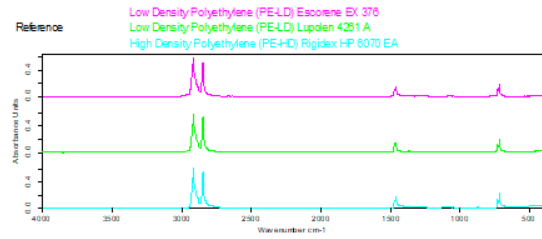


5

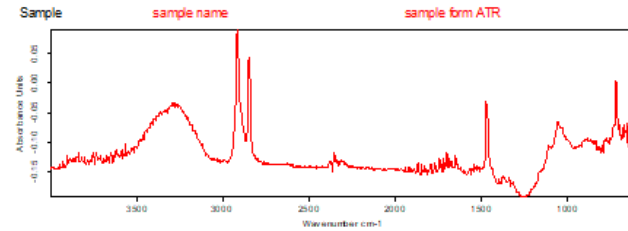
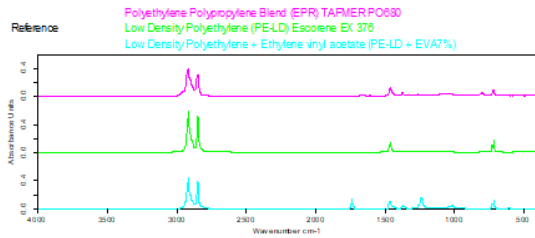


Ç15

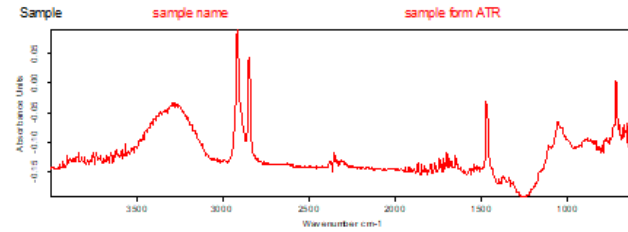
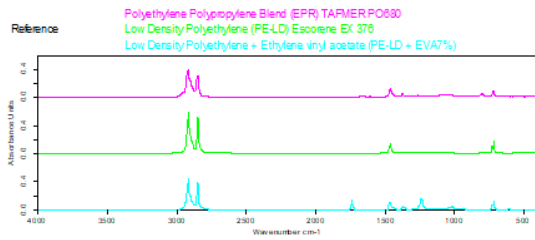
1



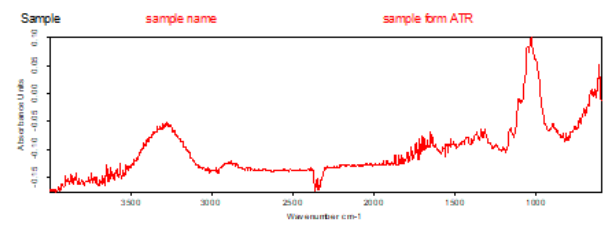
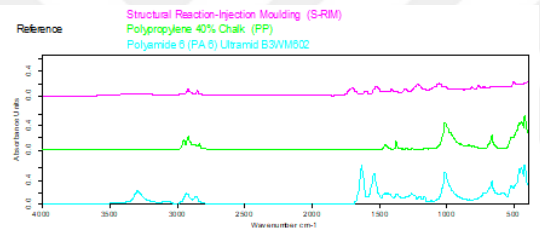
2



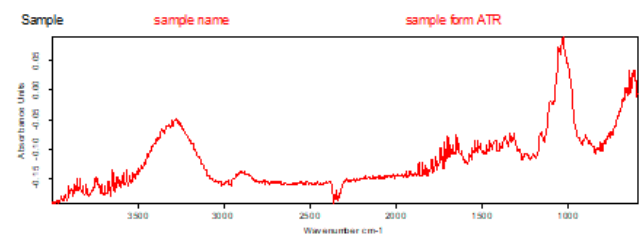
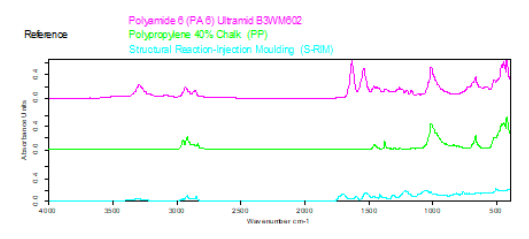
3



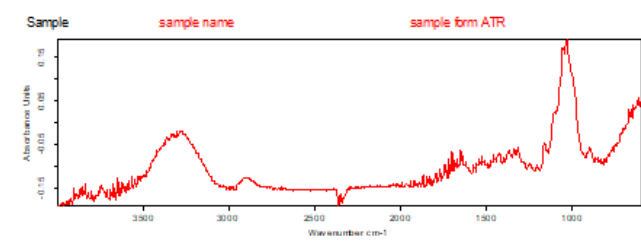
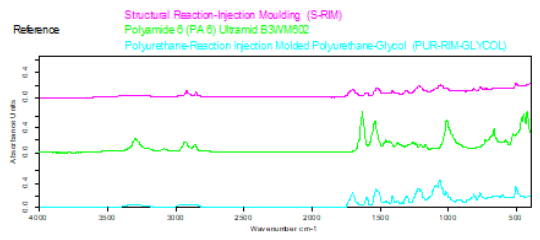
4



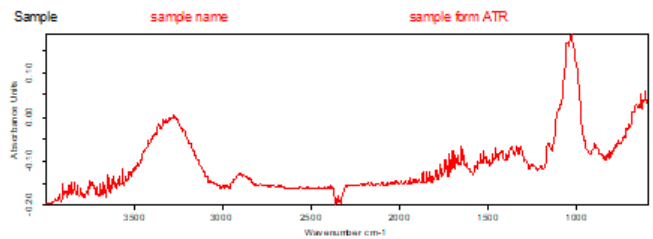
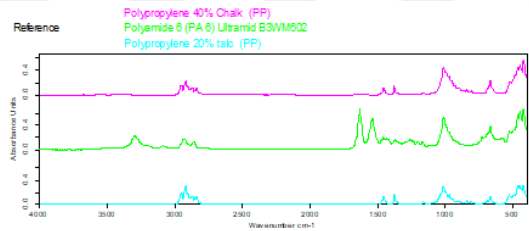
5



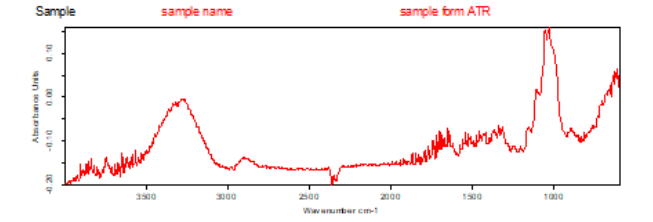
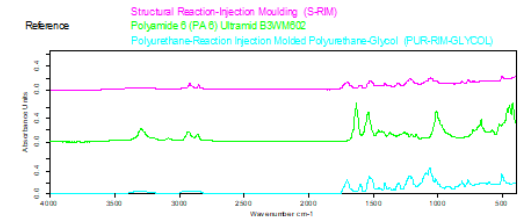
6



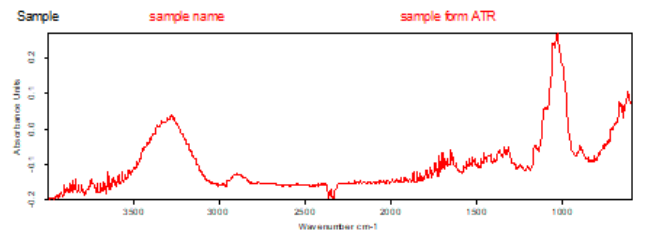
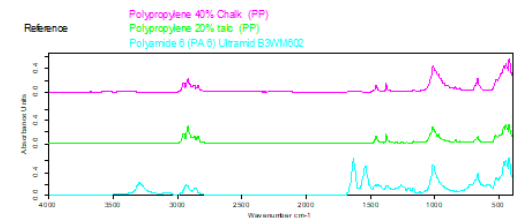
7



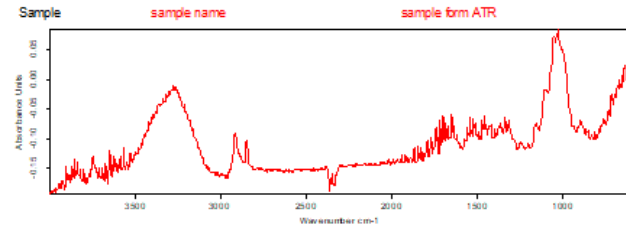
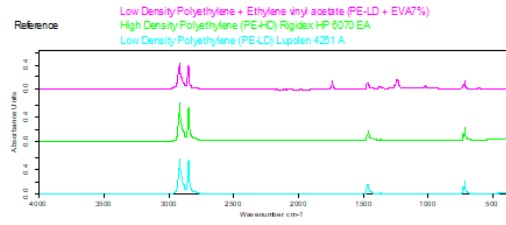
8



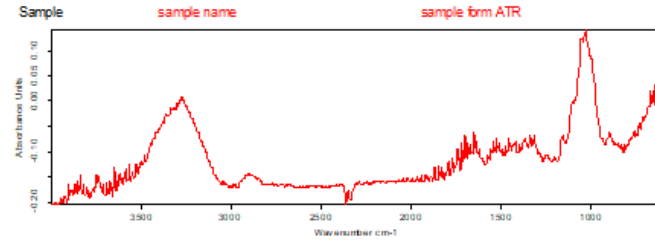
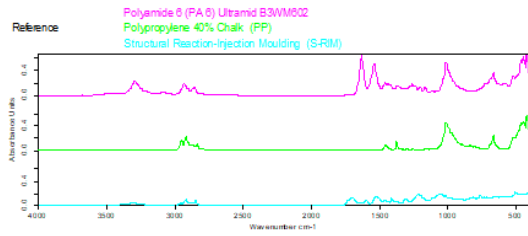
9



10



11



EK2: Tuz Numunesi Set1 ATR-FT-IR Sonuçları

Numune	Kütüphane İhtimalleri
T1	%88 POLYESTER FIBER
	%60 SULFATE MAGNESIUM
	%66 SULFATE MAGNESIUM
	%45 PFR RAYON, RAYON FIBER
T2	%76 COTTON + FLAX (60:40)
	%53 ALBERDINGK ACU 2000 (DRJED)
	%83 ARTISTS WATER COLOUR/TEMPERA LIGHT BROWN (OCHRE)
	%63 PREVENTOL D6
	%85 PFR RAYON, RAYON FIBER
	%77 PFR RAYON, RAYON FIBER
	%78 TAPIFLOR, RAYON FIBER
	%74 PFR RAYON, RAYON FIBER
	%51 POLY(ETHYLENE TEREPHTHALATE)
T3	%11 COTTON FIBER
	%10 LYOCELL FIBER
	%13 COTTON FIBER
	%11 COTTON LOT #2
T4	%41 RAYON FIBER
	%45 PREVENTOL D6
	%45 SULFATE MAGNESIUM
	%44 ANSO IV HALOFRESH, NAYLON FIBER
	%34 COTTON + FLAX (60:40)
	%93 PREVENTOL D6
T5	%55 RAYON FIBER
	%53 PREVENTOL D6
	%66 PREVENTOL D6
	%68 POTASSIUM SILICATE
	%67 OPTIGEL SH
	%48 PREVENTOL D6

EK 3: Tuz Numunesi Set2 ATR-FT-IR Sonuçları

Numune	Kütüphane İhtimalleri
T1	%32 WONDER THREAD, NYLON FIBER %14 T295, POLYESTER FIBER %20 POLY(ETHYLENE TEREPHTHALATE) %45 SULFATE MAGNESIUM
T2	%53 PREVENTOL D6 %64 SULFATE ZIRCONIUM TETRAHYDRATE %60 COTTON + FLAX (60:40) %54 TAPIFLOR, RAYON FIBER %38 FORTREL, POLYESTER FIBER %53 PREVENTOL D6 %29 OPTIGEL SH
T3	%54 HYDROXYMETHYLCELLULOSE %50 PFR, RAYON FIBER %38 FORTREL, POLYESTER FIBER %35 SULFATE ZIRCONIUM TETRAHYDRATE %32 DISPONIL FES 77 %23 FABRIC POLYESTER+COTTON (65:35)
T4	%68 PREVENTOL D6 %53 TAPIFLOR, RAYON FIBER %21 PHOSPHATE SODIUM TRIBASIC %50 HYDROXYMETHYLCELLULOSE %44 F40 HWM RAYON, RAYON FIBER %22 RUBBER FIBER %58 LAPONITEA RD %48 SULFATE ZIRCONIUM TETRAHYDRATE %54 SULFATE ZIRCONIUM TETRAHYDRATE %28 OPTIGEL SH
T5	%54 SULFATE ZIRCONIUM TETRAHYDRATE %67 PREVENTOL D6 %39 PREVENTOL D6

%29 PREVENTOL D6
 %18 RUBBER FIBER
 %15 SULFATE ZIRCONIUM TETRAHYDRATE
 %16 RUBBER FIBER

EK 4: Tuz Numunesi Set3 ATR-FT-IR Sonuçları

Numune	Kütüphane İhtimalleri
T1	%23 SULFATE MAGNESIUM %48 SULFATE MAGNESIUM HEPTAHYDRATE %40 SULFATE MAGNESIUM HEPTAHYDRATE %45 SULFATE MAGNESIUM %41 SULFATE MAGNESIUM HEPTAHYDRATE %35 PHOSPHATE SODIUM TRIBASIC %30 PHOSPHATE SODIUM TRIBASIC %25 OPTIGEL SH %18 OPTIGEL SH %17 PHOSPHATE SODIUM TRIBASIC %78 OPTIGEL SH
T2	%51 HYDROXYMETHYLCELLULOSE %60 ARTISTS WATER COLOUR/TEMPERA BLACK (DRIED) %64 LAPONITEA RD %67 LAPONITEA RD %55 PREVENTOL D6 %24 PREVENTOL D6 %31 PREVENTOL D6 %69 SULFATE MERCURIC (II) %65 RAYON FIBER %65 RAYON FIBER %55 PFR, RAYON FIBER %67 TAPIFLOR, RAYON FIBER %19 POLY(ETHYLENE TEREPHTHALATE)

T3	%17 POLY(ETHYLENE TEREPHTHALATE) %48 RAYON FIBER %13 RUBBER FIBER %22 COTTON+POLYESTER (60:40) %12 FLAX, NATURAL FIBER
T4	%60 PREVENTOL D6 %17 OPTIGEL SH %18 CELLOPHANE %18 FABRIC POLYESTER+COTTON (65:35) %12 POLYETHYLENE %13 CELLOPHANE
T5	%71 SULFATE ZIRCONIUM TETRAHYDRATE %46 TAPIFLOR, RAYON FIBER %34 MODIFIED STARCH, ACID TREATED STARCH %27 PREVENTOL D6 %26 LENZING MODAL, MODAL FIBER %38 OPTIGEL SH %29 OPTIGEL SH %38 PREVENTOL D6 %31 SULFATE ZIRCONIUM TETRAHYDRATE %36 PREVENTOL D6 %36 PREVENTOL D6 %25 PREVENTOL D6

EK 5: Şeker Numunesi Set1 ATR-FT-IR Sonuçları

Numune	Kütüphane İhtimalleri
Ş1	%22 SULFATE ZIRCONIUM TETRAHYDRATE %24 SULFATE COPPER PENTAHYDRATE %19 SULFATE ZIRCONIUM TETRAHYDRATE %21 VERNIS 001 %20 NAIL POLISH

§2	%45 ARCHAEOCOLL 2000 (DRIED)
	%46 ARCHAEOCOLL 2000 (DRIED)
	%43 COTTON LOT #2
	%43 QUICK DRY TOP COAT FOR NAILS
	%18 TREVIRA
	%20 COTTON LOT #2

§3	%15 C1036 PAINT 0000, NITROCELLULOSE BASED
	%14 UNDERHOOD CAR PAINT CHIP 6980 CHESTNUT
	%33 PREVENTOL D6
	%18 QUICK DRY TOP COAT FOR NAILS
	%16 UNDERHOOD CAR PAINT CHIP 6980 CHESTNUT
	%14 ARCHAEOCOLL 2000 (DRIED)

§4	%19 C1038 CELOMAT PAINT 0000, NITROCELLULOSE BASED
	%40 VINYLONHH, CHLOROFIBER
	%41 RUBENS ACRYL DRYING RET ARDER (DRIED)
	%33 SISAL, NATURAL FIBER
	%19 C1038 CELOMAT PAINT 0000, NITROCELLULOSE BASED
	%41 QUICK DRY TOP COAT FOR NAILS
	%22 DEYELLOWING SERUM

§5	%30 SULFATE ZIRCONIUM TETRAHYDRATE
	%15 RUBENS ACRYL DRYING RET ARDER (DRIED)
	%31 QUICK DRY TOP COAT FOR NAILS
	%15 ARCHAEOCOLL 2000 (DRIED)
	%35 DISPONIL FES 77
	%13 UNDERHOOD CAR PAINT CHIP 6980 CHESTNUT
	%12 N-(2-HYDROXYEHHYL)-2-PYRROLIDONE
	%17 UNDERHOOD CAR PAINT CHIP 6519 BLACK

Ek 6: Şeker Numunesi Set2 ATR-FT-IR Sonuçları

Numune	Kütüphane İhtimalleri
Ş1	%48 QUICK DRY TOP COAT FOR NAILS
	%47 QUICK DRY TOP COAT FOR NAILS
	%52 NYLON 6,6, 426A, NYLON FIBER
	%14 QUICK DRY TOP COAT FOR NAILS
	%18 COTTON LOT #2
	%15 RUBBER FIBER
Ş2	%51 QUICK DRY TOP COAT FOR NAILS
	%57 COTTON + FLAX (60:40)
	%26 SYNTHETIC LETAHER LOT#4, WITH NITROCELLULOSE BASED LACQUERE
	%32 COTTON + FLAX (60:40)
	%22 COTTON LOT #2
	%13 POLYVIDONE BASED COPOLYMER USED AS LIP SALVE
	%16 POLI GREEN INK - SCREEN PRINTING
	%15 COTTON + FLAX (60:40)
%16 COTTON FIBER	
Ş3	%37 DISPONIL FES 77
	%38 COTTON LOT #2
	%33 QUICK DRY TOP COAT FOR NAILS
	%28 LENZING MODAL, MODAL FIBER
	%29 DEYELLOWING SERUM
	%38 DEYELLOWING SERUM
	%38 COTTON + FLAX (60:40)
	%13 COTTON LOT #2
	%15 ARCHAEOCOLL 2000 (DRIED)
	%15 POLI GREEN INK- SCREEN PRINTING
Ş4	%52 SISAL,NATURAL FIBER
	%62 ARCHAEOCOLL 2000 (DRIED)
	%58 QUICK DRY TOP COAT FOR NAILS
	%23 VINYON HH, CHLOROFIBER

	%27 ENAMEL SPRAY FOR CARS ACRYLATE RED (DRIED)
	%13 BASE LISSANTE SHEER IVORY BASE COAT
	%20 C1036 PAINT 0000, NITROCELLULOSE BASED
	%16 COLOPHONY, ROSIN
	%24 ENAMEL SPRAY FOR CARS ACRYLATE RED (DRIED)
§5	%45 DEYELLOWING SERUM
	%49 ARCHAEOCOLL 2000 (DRIED)
	%28 TATTO INK GREEN 725 (DRIED)
	%40 COTTON LOT#2
	%31 SULFATE MERCURIC (II)
	%58 COTTON + FLAX (60:40)
	%43 LENZING MODAL, MODAL FIBER
	%24 DEYELLOWING SERUM
	%53 COTTON LOT#2
	%34 PFR RAYON, RAYON FIBER
	%34 DEYELLOWING SERUM
	%31 DISPONIL FES 77
	%30 PFR RAYON, RAYON FIBER
	%33 DEYELLOWING SERUM
	%44 POTASSIUM SILICATE

EK 7: Şeker Numunesi Set3 ATR-FT-IR Sonuçları

Numune	Kütüphane İhtimalleri
§1	%14 AGITAN 650
	%13 UNDERHOOD CAR PAINT CHIP 6980 CHESTNUT
	%13 DEYELLOWING SERUM
	%11 QUICK DRY TOP COAT FOR NAILS
§2	%29 QUICK DRY TOP COAT FOR NAILS
	%31 ENAMEL SPRAY FOR CARS ACRYLATE
	%22 QUICK SHINE FOR NAILS 510 ALIN
	%14 MIRAFLI, OLEFIN FIBER

	%14 UNDERHOOD CAR PAINT CHIP 6980 CHESTNUT
	%12 N-(2-HYDROXYETHYL)-2-PYRROLIDONE
	%11 COTTON LOT#2
	%11 COTTON LOT#2
§3	%30 COTTON LOT#2
	%12BIS(TRIMETHYSILYL-TETRAMETHYL-CYCLOPENTADIENYL) TITANIUM (IV)
	%12 DEYELLOWING SERUM
	%26 ENAMEL SPRAY FOR CARS ACRYLATE RED (DRIED)
	%17 ARCHAEOCOLL 2000 (DRIED)
	%12 FLAX, NATURAL FIBER
	%12 STRAW, NATURAL FIBER
	%31 DEYELLOWING SERUM
	%20 POLY(ETHYLENE TEREPHTHALATE)
	%12 POLI GREEN INK- SCREEN PRINTING (DRIED)
	%22 POLYESTER FIBER
§4	%21 ARCHAEOCOLL 2000 (DRIED)
	%20 PINA, NATURAL FIBER
	%13 STRAW, NATURAL FIBER
	%13 COLOPHONY, ROSIN
§5	%25 QUICK DRY TOP COAT FOR NAILS
	%13 GS EXTRA MAT NAIL LACQUERE
	%12 METHYL VINYL KETONE
	%10 FIBER 43, RAYON FIBER

ÖZGEÇMİŞ

Sema Zülal Balcı, 07.03.1993'de İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul'da tamamladı. 2011 yılında Üsküdar Burhan Felek Lisesi'nden mezun oldu. 2011 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nü 2015 yılında bitirdi. 2017 yılında Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine başladı.