



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



TİCARİ KAHVE ATIKLARININ YALITIM
MALZEMESİ İÇERİSİNDE
DEĞERLENDİRİLEBİLİRLİĞİNİN
İNCELENMESİ

Fatmagül KIVRAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Şubat-2022
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Fatmagül KIVRAK tarafından hazırlanan “Ticari Kahve Atıklarının Yalıtım Malzemesi İçerisinde Değerlendirilebilirliğinin İncelenmesi” adlı tez çalışması 01/02/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Mehmet Faik SEVİMLİ

Danışman

Dr. Öğr. Üy. Merve KALEM

Üye

Prof. Dr. Esra YEL

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza:

Fatmagül KIVRAK

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

TİCARİ KAHVE ATIKLARININ YALITIM MALZEMESİ İÇERİSİNDE DEĞERLENDİRİLEBİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

Fatmagül KIVRAK

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Merve KALEM

2022, 89 Sayfa

Bu çalışma kapsamında ülkemizde ve Dünya genelinde içecekler arasında en sık tüketilen ve popüler içeceklerden biri olan kahvenin tüketimiyle birlikte artan kahve atıkları ele alınarak yalıtım malzemesinin içerisinde değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda ön işlemsiz ham kahve atığının, mikrodalga ve ultrases ön işlemlili kahve atıklarının karakterizasyonları incelenmiştir. Ön işlemsiz (ham) ve ön işlemlili (mikrodalga ve ultrases) kahve atıklarının yalıtım sıvasının içerisine %10, %20 ve %30 oranlarında ilave edilmesiyle kahve atığı katkılı yalıtım malzemelerinin üretimi gerçekleştirilmiştir. Kahve atığı katkılı yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik, akustik/ses yutumu, birim hacim kütle, yangına dayanım, basınç dayanım, bağ dayanım ve kapiler su emme analizleri gerçekleştirilmiştir.

Çalışma sonucunda kahve atığının mikrodalga ve ultrases ön işlemi ile selülozik liflerin sayısının ve gözenek yapısının azaldığı, selülozik yapıların parçalandığı ve kahve atığının termal olarak dayanımlı hale getirildiği SEM, FTIR ve TGA analizleri ile gözlemlenmiştir. Isı iletkenlik analizinde %30 atık dozu için ultrases ön işlemlili kahve atığı (UKA) içeren yalıtım malzemesi 0.065 W/mK ile referans değere (katkısız yalıtım malzemesi) (0.07 W/mK) en yakın sonucu vermiştir. Ham kahve atığı (KA), mikrodalga ön işlemlili kahve atığı (MKA) ve ultrases ön işlemlili kahve atığı (UKA) yalıtım malzemelerinde atık oranlarının artmasıyla ses yutumu değerleri artmıştır. En iyi ses yutumu değerini UKA yalıtım malzemesi verirken KA ve MKA yalıtım malzemeleri referans yalıtım malzemesinden daha iyi sonuç vermiştir. Birim hacim kütle değerleri MKA ve UKA yalıtım malzemelerinin KA yalıtım malzemesine kıyasla azaldığı gözlemlenirken tüm kahve atığı katkılı yalıtım malzemeleri yangına dayanıklı F90 sınıfında yer almıştır. Bağ dayanım değeri referans yalıtım malzemesine (0.392 MPa) en yakın sonucu 0.365 MPa ile %30 doz için MKA yalıtım malzemesi verirken kılcal kapiler su emme değerini referansa (0.29 kg/m².dk) en yakın sonucu 0.279 kg/m².dk ile UKA yalıtım malzemesi vermiştir.

Bu tez çalışmasında önemli bir çevresel sorun olan ve özellikle selüloz içeriği çok yüksek olan kahve atıklarının geri kazanılarak yalıtım malzemelerine ilave edilmesiyle yalıtım malzemesinde kullanılan katkı maddelerini en aza indirerek çevreci ve geri dönüşümü mümkün yeni bir sürdürülebilir ürün elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kahve atığı, selüloz, sürdürülebilirlik, yalıtım

ABSTRACT

MS THESIS

INVESTIGATION EVALUABILITY OF COMMERCIAL COFFEE WASTE IN INSULATION MATERIAL

Fatmagül KIVRAK

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Environmental Engineering**

Advisor: Asst. Prof. Dr. Merve KALEM

2022, 89 Pages

Within the scope of this study, it is aimed to evaluate coffee, which is one of the most frequently consumed and popular beverages among beverages in our country and around the World, in the insulation material by considering the coffee wastes that increase with consumption. In this direction, the characterizations of untreated raw coffee waste, pre-treated microwave and ultrasound coffee wastes were investigated. Insulation materials were produced by adding 10%, 20% and 30% of untreated (raw) and pre-treated (microwave and ultrasound) coffee wastes into the insulation plaster. Thermal conductivity, acoustic/sound absorption, unit volume mass, fire resistance, compressive strength, bond strength and capillary water absorption analyzes of coffee waste insulation materials were performed.

As a result of the study, it was observed by SEM, FTIR and TGA analyzes that the number of cellulosic fibers and pore structure decreased, the cellulosic structures were broken down and the coffee waste was made thermally stable with microwave and ultrasound pretreatment of coffee waste. In the thermal conductivity analysis, for the 30% waste dose, the insulation material containing ultrasound pre-treated coffee waste (UCW) gave the closest result to the standard value (non-additive insulation material) (0.07 W/mK) with 0.065 W/mK. Sound absorption values of raw coffee waste (CW), microwave pre-treated coffee waste (MCW) and ultrasound pre-treated coffee waste (UCA) insulation materials increased with the increase in waste rates. While UCW gave the best sound absorption value, it gave better results than the standard in CW and MCW. While it was observed that the unit volume mass values of MCW and UCW insulation materials decreased compared to KA insulation materials, all coffee waste insulation materials were in the fire resistant F90 class. While the bond strength value was closest to the standard (0.392 MPa), MCW insulation material was 0.365 MPa for 30% dose, while the capillary capillary water absorption value was closest to the standard (0.29 kg/m².min) UCW insulation material was 0.279 kg/m².min.

In this thesis, a new environmentally friendly and recyclable sustainable product was obtained by minimizing the additives used in the insulation material by recycling the coffee waste, which is an important environmental problem and especially with a very high cellulose content, and adding it to the insulation materials.

Keywords: Coffee waste, cellulose, sustainability, insulation

ÖNSÖZ

“Ticari Kahve Atıklarının Yalıtım Malzemesi İçerisinde Değerlendirilebilirliğinin İncelenmesi” isimli tez çalışmam boyunca bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, araştırmamın her bir aşamasında görüşleriyle beni destekleyen, samimiyetini her zaman hissettiren, yol gösteren, o yolda daima ışık olan ve beni doğru yönde yönlendiren danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Merve KALEM hocama,

Çalışmalarına çok saygı duyduğum, Çevre Mühendisliği alanına önemli katkıları olan, bilgi ve enerjisinden hep etkileneceğim değerli Prof. Dr. Esra YEL hocama sonsuz minnet ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın deneysel aşamasında maddi ve manevi katkılarından dolayı kahve ve yalıtım firmalarındaki tüm idari ve teknik personeline sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak bu zamana kadar olduğu gibi bu çalışma sürecinde de maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, her zaman yanımda olan sevgili babam İhsan KIVRAK’a, annem Aynur KIVRAK’a ve kardeşlerim Sema, Emine ve Muhammed Hüseyin KIVRAK’a,

Bana kız kardeşten öte olan, moral ve desteklerini her daim hissettiren Sedanur AYIRTIR’a, Fatmanur KIVRAK’a ve Sefa METE’ye,

Sevgili meslektaşım ve dostum Fatma Nur KARAKAYA HARMANCI’ya,
Hayat yoldaşım Emre YILDIZ’a teşekkür ederim.

İyi ki varsınız.

Fatmagül KIVRAK
KONYA-2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Kahve	1
1.2. Kahve Üretimi Ve İhracatı	2
1.3. Kahve Atıkları	3
1.4. Kahve Yan Ürünleri (Atıkları) Ve Yönetimi	4
1.5. Türkiye’de Kahve Tüketimi Ve Atık Miktarları	7
1.6. Kahve Atığının (KA) Yapısı Ve Özellikleri	8
1.7. Yalıtım.....	11
1.7.1. Selülozik yalıtım	14
1.8. Çalışmanın Amacı	15
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	16
2.1. Kahve Atığını (KA) Geri Kazanma Yöntemleri, Geri Kazanılan KA’nın Kullanım Alanları İle İlgili Literatür Çalışmaları	16
2.2. Yalıtım Malzemeleri İle İlgili Yapılan Literatür Çalışmaları	23
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	27
3.1. Materyal	27
3.1.1. Kahve atığı	27
3.1.2. Sıva	28
3.1.3. Mikser	29
3.1.4. Kalıplar	30
3.1.5. Etüv	31
3.1.6. Ön işlemlili ve ön işlemsiz kahve atıklarının karakterizasyonunda kullanılan cihazlar	32
3.2. Yöntemler	35
3.2.1. Mikrodalga ön işlemlili kahve atığının elde edilmesi	35
3.2.2. Ultrases ön işlemlili kahve atığının elde edilmesi	37
3.2.3. Yalıtım malzemelerinin üretimi	39
3.2.4. Kahve atıklarının ve yalıtım malzemelerinin karakterizasyonu	41
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	48
4.1. Kahve Atığı Karakterizasyonu	48

4.1.1. Ön İşlemsiz ve ön işlemlı kahve atıklarının taramalı elektron mikroskop (SEM) görüntüleri ve EDS bulguları	48
4.1.2. Ön işlemsiz ve ön işlemlı kahve atıklarının FTIR bulguları	53
4.1.3. Ön işlemsiz ve ön işlemlı kahve atıklarının TGA bulguları	56
4.2. Kahve Atığından Üretilen Yalıtım Malzemelerinin Karakterizasyonu	59
4.2.1. Isı iletkenlik bulguları	59
4.2.2. Akustik/Ses yutum bulguları	61
4.2.3. Birim hacim kütle bulguları	65
4.2.4. Yangına dayanım bulguları	66
4.2.5. Basınç dayanım bulguları	67
4.2.6. Bağ dayanımı bulguları	68
4.2.7. Kılcal kapiler su emme bulguları	69
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	71
5.1. Sonuçlar	71
5.2. Öneriler	75
KAYNAKLAR	77
ÖZGEÇMİŞ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

°C	: Santigrad, Sıcaklık Ölçü Birimi
λ	: Lambda, Isı İletkenlik
Al	: Alüminyum
C	: Karbon
H	: Hidrojen
Hz	: Frekans Birimi
K	: Potasyum
Mg	: Magnezyum
N	: Azot
O	: Oksijen
W	: Gücün Ölçü Birimi

Kısaltmalar

BBS	: Başlangıç Bozunma Sıcaklığı
D-R	: Dubinin Rodushkevich İzotermi
EDS	: Enerji Dağılımlı X-Işını Spektroskopisi
ESCG	: Çekilmiş Kullanılmış Kahve Tozu
FTIR	: Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi
HF	: Yüksek Frekans
İBS	: İkincil Bozunma Sıcaklığı
ICO	: Uluslararası Kahve Organizasyonu
KA	: Ön İşlemsiz Ham Kahve Atığı
MCW	: Manyetik Kahve Atığı
MKA	: Mikrodalga Ön İşlemlili Kahve Atığı
PP	: Polipropilen
PZT	: Kurşun Zirkonat Titanat
SCG	: Kahve Telvesi Atığı
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu
TGA	: Termogravimetrik Analiz
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
UKA	: Ultrases Ön İşlemlili Kahve Atığı
ÜBS	: Üçüncül Bozunma Sıcaklığı
XRD	: X-ışınları Difraktometresi

1. GİRİŞ

1.1. Kahve

Ülkemizde ve Dünya genelinde içecekler arasında en çok tercih edilen, tüketilen ve popüler içeceklerden biri olan kahve petrolden sonra da en çok ticareti yapılan üründür (Ravindran ve ark., 2018). Kahve, Dünya genelinde özellikle Türkiye’de gelenek, kültür ve sosyal etkiyi vurgulayan, vazgeçilmez bir parçasıdır. Kahve ilk olarak Etiyopya’nın Kaffa bölgesinde Arabica kahve ağaçlarında yetiştirilmeye başlanmış ve kahve kelimesinin kökeni Arapça olup “qahwah” kelimesinden geldiği bilinmektedir. Kahvenin Yemen’de ise ilk üretimi gerçekleştirilmiştir.

Kahve önemli tüketim ürünleri arasında yerini almaktadır. Küreselleşmeyle birlikte içecek türlerindeki değişimler de göze çarpmaktadır. Bu değişimlerin başında da kahve gelmektedir. Küreselleşmenin ortaya çıkması ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte ülkelerin sınırlarının önemi olmamaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle de yenilikler ortaya çıkmakta, bununla birlikte hem içecek türlerinde hem de kahve çeşitlerinde tüketim bakımından değişiklikler yaşanmaktadır. Brezilya günümüzde kahve üretiminde ve ihracatında liderdir. Son istatistiklere göre Dünya kahve tüketimin de ise ABD liderdir. Son zamanlarda Türkiye’de de kahve tüketiminin artış görüldüğü bilinmektedir. ICO (Uluslararası Kahve Organizasyonu) 2018 kahve tüketim raporunu açıklamıştır. Ülkelerin kahve tüketim verilerini incelenmesiyle Türkiye’de son 5 yılda %13.2 artış göstermiş ve kahve tüketimi Türkiye’de 93.9 bin tona ulaşmıştır. Kahve tüketim verilerinin açıkladığı raporda ilk sırayı ABD alırken ikinci sırada Brezilya vardır (ICO, 2018).

Kahvenin bünyesinde; %0.1 uçucu aromatik maddeler, %0.8-2.5 alkali, %4 mineraller, %4-5 asit, %11 protein, %10-13 su, %10-13 yağlı maddeler ve %30-40 karbonhidrat vardır (Karakundakoğlu, 2019). Farklı kahve türlerindeki çekirdeklerde temel bileşen pürin bazı taşıyan heterosiklik yapıdadır. Kafein (%1.5-2.5) ise kahveye karakteristik acılığı-tadı veren maddedir ve bitkinin genç-olgun yapraklarında bulunmaktadır. Bir kahve çekirdeğinde milyonlarca hücre bulunmaktadır. Kahve kavurma işleminden sonra ortaya çıkan 850’si bilinen 1000’den fazla değişken bileşik üretmektedir (Karakundakoğlu, 2019).

İşlenmemiş kahve çekirdekleri yoğundur ve yeşil çekirdekler %50 oranında farklı yapıda karbonhidratlardan, %50 oranında ise protein, su, asit, alkaloitlerden ve

yağdan meydana gelmektedir. Ham kahve çekirdeği yaklaşık bir milyon hücreden meydana gelen matris biçimindedir, üç boyutlu yapısı ise polisakkarittir ya da selülozdur. Kahvenin tadının belirlenmesi, yağa ve çözünebilir materyale dönüşmesi kahvenin içerisindeki selülozu kaplayan matrisin içindeki yüzlerce kimyasal dizilerin bozulmasıyla meydana gelmektedir. Bu bozulma kahvenin kavrulma işlemiyle gerçekleşmektedir. Yeşil kahvenin selüloz yapısı kuru ağırlığının yarısına eşittir bu da kahvenin tadını etkilemeyip sadece uçucu bileşikleri tutmaktadır. Kahvedeki su oranı, ağırlığının %10.5-11.5'i arasında değişmektedir. Kahvedeki nem oranı önemli etkenlerdendir. Nem oranı belirtilen aralıktan yüksek olursa da küf ve yavan tad bırakmaktadır. Bu duruma bağlı olarak kavurma işleminde daha fazla zaman, enerji ve güce ihtiyaç duyulmaktadır (Karakundakoğlu, 2019).

1.2. Kahve Üretimi Ve İhracatı

Kahve değerli bir içecek türü olmakla birlikte son yıllarda popüler içecek olarak da bilinmektedir. Dünyada kahve üretiminin yarısından fazlasını üreten ülkeler ise Brezilya, Kolombiya ve Vietnam'dır. Ortalama yıllık kahve üretimi yaklaşık 7.8 milyon tona denk gelmekte olduğu Uluslararası Kahve Örgütü tarafından belirlenmiştir (Murthy ve Naidu, 2012). ICO'ya göre 2011-2012 sezonlarında kahve üretiminin 130 milyon torba olduğu tahmin edilmiştir. Dünya genelinde her gün 2.25 milyar fincandan fazla kahve tüketilmektedir (Ponte, 2002). Kahve üretiminin %90'ından fazlası gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerde gerçekleşirken, tüketim çoğunlukla sanayileşmiş ekonomilerde gerçekleşmektedir (Ponte, 2002).

Çizelge 1.1'de İthalatçı ülkelerin kahve tüketim durumları ve yıllara göre tüketimdeki değişim yüzdesi verilmiştir (ICO, 2018; Kaya ve Toker, 2019). Türkiye'de görüldüğü gibi yıllara göre artış söz konusudur. Bunun başlıca sebepleri son sekiz yılda kahve ithalatının fazla artışı, genç nüfusun farklı kahve türlerine olan ilgisi, keşfetme isteği ve yeni açılan butik kahve dükkânlarının sayısında artış ile dünya pazarına hâkim olan kahve firmalarının şube sayısının artış göstermesi olarak belirlenmiştir (Kaya ve Toker, 2019).

Çizelge 1.1. İthalatçı ülkelerin kahve tüketim seyri (Bin Çuval)

İthalatçı Ülkeler	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21	Tüketimdeki Değişim (%)
Türkiye	892	1 078	1 106	1 200	1 376	1 740	1 711	1 754	10.14
Güney Kore	1 873	1 963	2 161	2 300	2 371	2 476	2 471	2 513	4.28
Rusya	3 948	3 846	4 303	4 639	4 324	4 691	4 631	4 681	2.46
Avusturalya	1 543	1 713	1 720	1 800	1 854	1 961	1 939	1 962	3.49
ABD	23 901	23 743	25 336	25 780	26 112	27 759	26 651	26 982	1.74
İsviçre	1 011	1 052	1 069	1 088	1 013	1 079	1 060	1 074	0.86
Avrupa Birliği	41 458	42 431	42 604	42 248	40 491	41 768	39 758	40 251	-0.42
Kanada	3 805	3 616	3 595	3 600	3 829	4 020	3 929	4 011	0.75
Ukrayna	1 246	1 106	1 124	1 130	1 252	1 379	1 379	1 379	0.014

1.3. Kahve Atıkları

Dünya çapında kahve atıkları evlerde, kahve endüstrisinde ve kahve ticaretinde önemli ölçüde büyük miktarlarda üretilen atıklardır. Küresel olarak üretilen atık miktarı gün geçtikçe artmaktadır. Küresel kahve üretiminin 2002 yılından 2014 yılına kadar %17'lik bir artış göstermesiyle birlikte kahve atıklarının (KA) bertaraf edilmesi, biriktirilmesi, işlenmesi gibi konularda önemli sorunlar ortaya çıkmaktadır. Atıkların arıtılması-giderilmesi çöplükler, yakma ve geri kazanım yoluyla olmaktadır. Atıkların çöp toplama sahalarında toplanması söz konusu olduğunda uzun bir süreye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durum ise depolama sahasının yakınındaki insanları olumsuz etkileyebilmektedir (Ravindran ve ark.,2018). Yakma söz konusu olduğunda ise atık enerji üretim santralinin yakma fırınında yakıt olarak kullanılabilir. Yanma sonucunda oluşan kirletici gazların filtrelenmemesi; hava kirliliğine, insanlarda kanser ve kardiyopulmoner gibi rahatsızlıklara neden olduğu kanıtlanmıştır (Cohen ve ark., 2005; Eboh ve ark., 2019).

Kahve atığı ticari atık olarak kabul edilmesine rağmen ticari değerinin olmadığı düşünülmektedir. Bununla birlikte Yeni Atık Çerçeve Direktifi gıda ve gıda endüstrisi atıklarını azaltmak amacıyla Avrupa Birliği tarafından 2008 yılında başlatmış olduğu yeni gıda endüstrilerinin başlatılması ve sürdürülebilmesi için geri dönüşümün, geri kazanımın, yeniden kullanılmasına teşvik etmektedir (Ravindran ve Jaiswal, 2016). Geri dönüştürülebilir atık önceden işlenir, yeniden kullanılabilir hale getirilerek farklı

malzemelere yeni fonksiyonlar sağlayabilmektedir. Geri dönüşümünün çevreye verdiği en önemli faydaların başında çevre kirliliğinde ciddi azalma sağlamasıdır. İşlenmemiş malzemelerin etkilerini ve maliyetini azaltabilmektedir.

Son yıllarda ise kahve tüketimindeki artışla birlikte kahve üretim hacmide büyük ölçüde artmıştır. Kahve tüketiminin artmasıyla daha da artan kahve atıklarının geri kazanılması ve kullanılması ile ilgili araştırmaların yapılması ve teknolojilerin geliştirilmesi gerekmektedir.

1.4. Kahve Yan Ürünleri (Atıkları) Ve Yönetimi

Dünya çapında ticareti yapılan 2. ürün olan kahve işlendiği süreçte büyük miktarda kahve yan ürün/atık üretmektedir (Mussatto ve ark., 2011; Nabais ve ark., 2008). Kahve kirazı olarak tanımlanan meyvenin tohumları kahve çekirdekleridir. Şekil 1.1’de kahve kirazının kesiti verilmiştir (Murthy ve Naidu, 2012). Kahve kirazlarının endüstriyel olarak işlenmesi kahve kirazının polisakkarit kısımları ve kabuk kısımlarının çıkartılarak kahve özünü ayırmak için yapılmaktadır. Kahve kirazı kuru işleme veya ıslak işleme yöntemine bağlı olarak farklı atık türleri oluşturmaktadır. Oluşan atıkların başında küspe atığı ve çekirdek zarı atığı gelmektedir. Bu atıklar kahve kirazının demlenmesi, kavrulması veya tüketilmesi sonucu oluşmaktadır. Kahve endüstrisinin ana yan ürünü %45 oranında kiraz içeren kahve kabuğudur (Murthy ve Naidu, 2012).



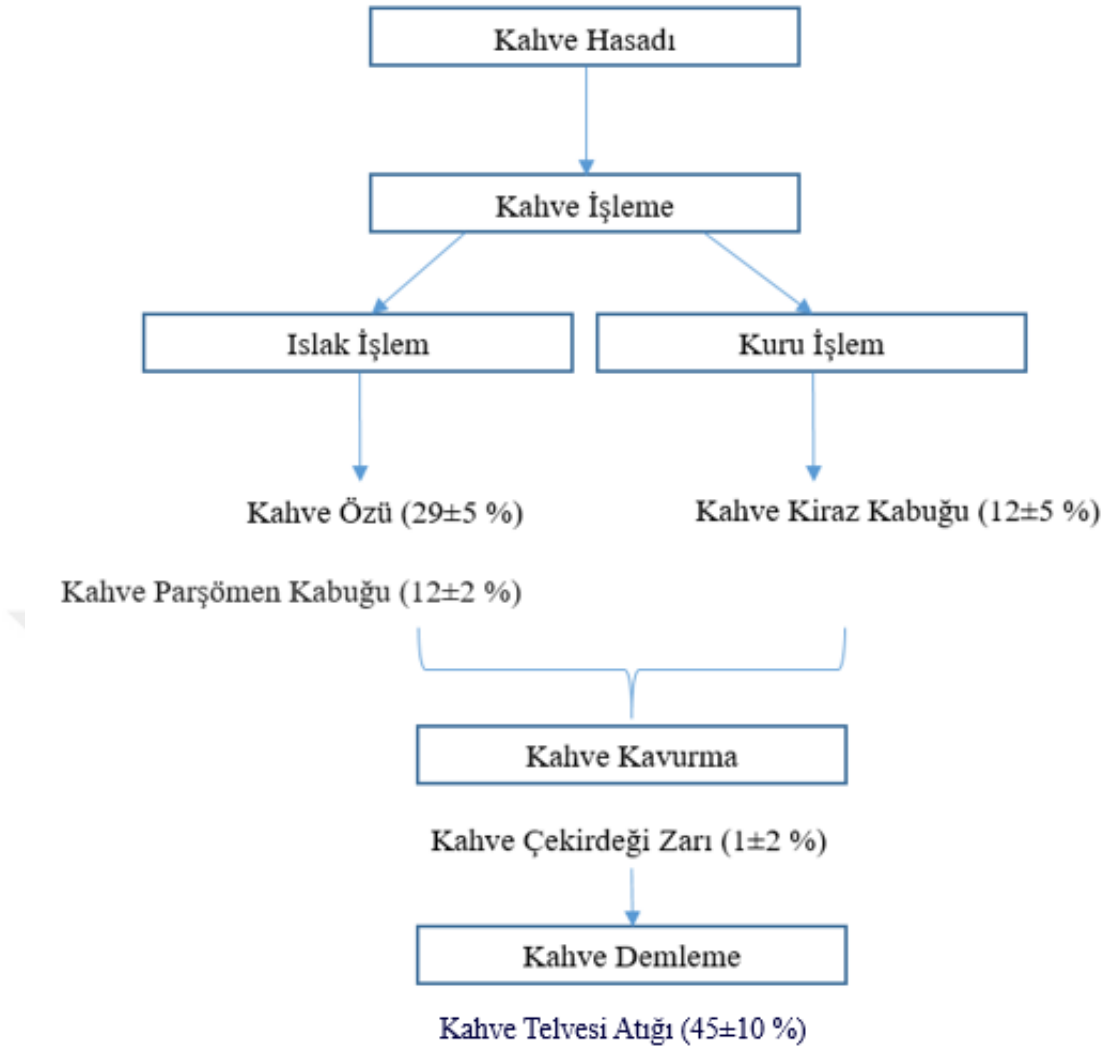
Şekil 1.1. Kahve kirazının kesiti

Kahve atığının işlenmesi sırasında elde edilen yan ürünler 4'e ayrılmaktadır;

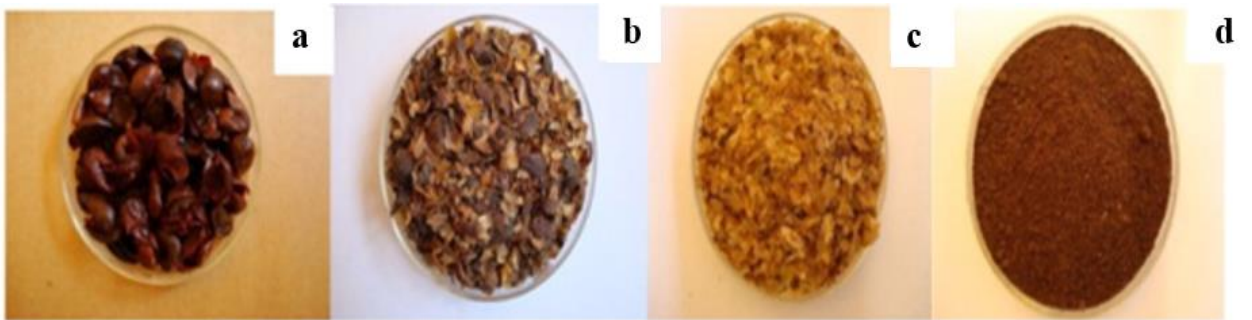
- Kahve özü,
- Kahve kiraz kabuğu,
- Kahve çekirdek zarı,
- Kahve telvesi.

Kahve özü işlem sırasında elde edilen ilk yan üründür. Kahve özü, meyvenin %29 kuru ağırlığını da temsil etmektedir. Islak işlem sırasında elde edilen kahve özü atığı üretilen her 2 ton kahve için 1 ton kahve özü elde edilmektedir (Murthy ve Naidu, 2012; Roussos ve ark., 1995). Kahve meyvelerinin kuru işlem sonrası ortaya çıkan yan ürün ise %12 oranında kahve kabuğu olmaktadır. Adams ve Dougan 1 ton kahveden yaklaşık 0.18 ton kabuk üretildiğini belirtmişlerdir (1981). Bir başka yan ürün ise kavurma işlemi ürünü olarak bilinen kahve çekirdeğidir. Kahve çekirdeklerinin lifli yapılarından kaynaklı selüloz ve hemiselüloz ana bileşenleri olarak bilinmektedir. Glikoz, mannoz, arabinoz, galaktoz, ksiloz ve protein kahve çekirdeğinde bulunan monosakkaritlerdir (Carneiro ve ark., 2009; Mussatto ve ark., 2011). En önemli yan ürün olan kahve telvesi atığı Dünya çapında üretilen kahvenin neredeyse %50'sinin çözünür kahve hazırlamak için işlenmektedir (Ramalakshmi ve ark., 2009). Kahve telvesi atığı miktarı 1975 yılında Pfluger tarafından yapılan araştırmada 1 ton kahveden yaklaşık 650 kg kahve telvesi atığı üretildiğini ve her bir kg çözünür kahveden yaklaşık 2 kg kahve atığı elde edildiği sonucuna varmıştır. Şekil 1.2'de kahve endüstrisinde çeşitli yan ürünlerin üretim taslağı verilmiştir (Murthy ve Naidu, 2012). Şekil 1.3'te kahve işlenmesi sonucunda ortaya çıkan yan ürünler/atıklar verilmiştir (Murthy ve Naidu, 2012).

Kimyasal bileşimleri her bitki için farklı olmaktadır. Çünkü bitkiden bitkiye kimyasal yapısı değişmektedir veya aynı bitki olsa bile farklı kısımların olması bile kimyasal yapısında farklılığa yol açacaktır. Aynı zamanda farklı iklim koşulları, coğrafi konum, toprak koşulları gibi farklılıklar da bitkinin kimyasal yapısını etkileyen faktörlerdir. Kahvenin kimyasal ve fiziksel yapısının bilinmesi kahve atığının geri kazanma yöntemlerinin belirlenmesi için bir kolaylıktır.



Şekil 1.2. Kahve endüstrisinde çeşitli yan ürünlerin üretim taslağı



Şekil 1.3. Kahve işlenmesi sırasında elde edilen kahve yan ürünleri a) Kahve özütü, b) Kiraz kabuğu, c) Çekirdek zarı ve d) Kahve telvesi atığı

Kahve atıkları ve yan ürünleri önemli çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Kahve işleme birimleri, etrafında bulunan toprak ve suyun kirlenmesine yol açan kahve kabuğu, posası ve atıklarıyla çevreyi tehdit etmektedir. Yılda Dünya çapında tahminen 6 milyon ton kahve telvesi atığı üretilmektedir (Mussatto ve ark., 2011). 1 ton yeşil kahve

ise 650 kg kahve telvesi atığı üretmektedir (Murthy ve Naidu, 2012). Kentsel kahve telvesi atığı diğer içecek türlerinden farklı olarak hazırlanmakta olup bu atıkların çöp toplama sahasına ulaşmasını önlemek mümkündür. Kahve atığı alt yapısı geliştirmek alternatif olarak gösterilmektedir (Janissen ve Huynh, 2018). Aşağıda verilen Çizelge 1.2’de kahve yan ürünlerinin kimyasal bileşimleri verilmiştir (Franca ve ark., 2009; Murthy ve Naidu, 2010; Mussatto ve ark., 2011).

Çizelge 1.2. Kahve yan ürünlerin/atıkların kimyasal bileşimi

Bileşen (%)	Kahve Özü	Kahve Kabuğu	Çekirdek Zarı	Harcanan Kahve
Selüloz	63.0 ± 2.5	43.0 ± 8.0	17.8 ± 6.0	8.6 ± 1.8
Hemiselüloz	2.3 ± 1.0	7.0 ± 3.0	13.1 ± 9.0	36.7 ± 5.0
Protein	11.5 ± 2.0	8.0 ± 5.0	18.6 ± 4.0	13.6 ± 3.8
Toplam Lif	60.5 ± 2.9	24 ± 5.9	62.4 ± 2.5	-
Toplam Polifenoller	1.5 ± 1.5	0.8 ± 5.0	1.0 ± 2.0	1.5 ± 1.0
Toplam Şeker	14.4 ± 09	58.0 ± 20.0	6.65 ± 10	8.5 ± 1.2
Lignin	17.5 ± 2.2	9.0 ± 1.6	1.0 ± 2.0	0.05 ± 0.05

1.5. Türkiye’de Kahve Tüketimi Ve Atık Miktarları

Kahve tüketiminde Türkiye Dünya sıralamasında ilk 10’da olmasa bile yıldan yıla kahve tüketim oranı artmaktadır. Günlük hayatın ve kültürün bir parçası olan kahve Türkiye’de yıllardır vazgeçilmez olması kahve sektörünün/kahve ticaretinin önünü açmaktadır. Kahvenin son yıllarda marka yatırımı ve şubeleşme hareketliliği artmakla birlikte hem pazar payı yükselmekte hem de tüketim artmaktadır. Bu da uluslararası kahve zincirlerinin Türkiye’ye yönelik şubeleşme ve yatırım çalışmalarını özendirilmektedir.

Kahvenin görüldüğü gibi büyük bir ticareti vardır. Bununla birlikte bu ticaretin sonunda kahve tüketimine bağlı olarak büyük miktarda atık üretilmektedir. Kahve, kahve çekirdeklerinin kavrulması ve ardından kahvede çözünen kısmın yüksek basınçta sıcak su ile ekstrakte edilmesi sonucu hazırlanmaktadır (Acevedo ve ark., 2013). Bununla birlikte büyük miktarda koyu renkli atık çıkmaktadır (Neves ve ark., 2006). Acevedo ve çalışma arkadaşları verdikleri bir örnekte 1 kg kafein oranı diğer kahve çeşitlerine kıyasla yüksek olan Robusto kahvesinden yaklaşık 330-450 g hazır kahve üretilirken,

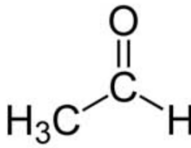
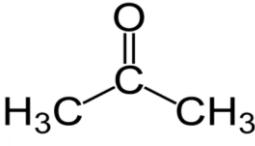
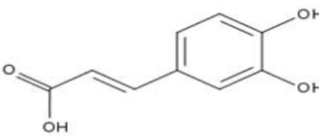
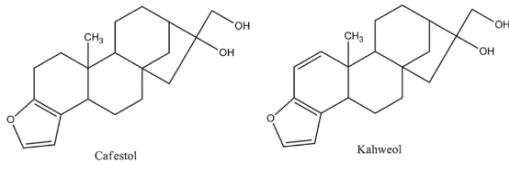
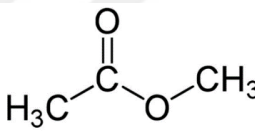
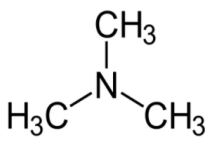
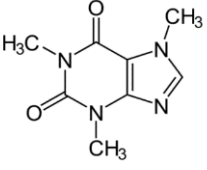
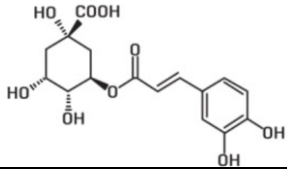
kahve telvesi atığının 550-670 g olduğunu gözlemlemişlerdir (2013). Başka bir örnek Bio-Bean firması tarafından verilmiş olup her bir fincan için yaklaşık 11 gram taze çekilmiş kahve kullanılması sonucu her yıl yaklaşık 381 bin ton öğütülmüş kahve üretimi yapıldığını ve bunun da yaklaşık 500 bin ton ıslak atık kahve telvesi ortaya çıkardığını belirtmişlerdir (2019). Türkiye'deki 3 büyük zincir firmanın 1035 şubesiinden yıllık ortalama 650-900 ton yıllık ticari kahve atığı (kahve posası) meydana gelmektedir.

1.6. Kahve Atığının (KA) Yapısı Ve Özellikleri

Kahve atığı (KA), lignoselülozik malzeme olup temel olarak fenolik ve polisakkarit polimerlerinden oluşmaktadır. Diğer organik atıklardan farklı olarak lignoselülozik kalıntıların yanında protein ve lipit içermektedir. Kahve atığındaki polisakkarit fraksiyonunun diğer lignoselülozik besleme stoklarından farklı kılan hemiselüloz içeriğinin selüloz içeriğinden daha yüksek olmasıdır (Ravindran ve ark., 2018). Hemiselülozun heterojen doğası, KA'yı glukoz dışında galaktoz, arabinoz ve mannoz gibi diğer monosakkaritler açısından zengin kılmaktadır (Campos-Vega ve ark., 2015). Bu durum biyoetanol, ham enzim, aktif karbon, monomerik şekerler, sorbent malzemelerin vb. ürünlerin üretimi için elverişli yapmaktadır. Yüksek polisakkarit içeriğine ek olarak kahve atığı; antioksidan aktiviteye sahip çok sayıda fenolik bileşik bakımından zengin olup bu da onu doğal antioksidanların geri kazanımı için potansiyel bir hammadde haline getirmektedir (Panusa ve ark., 2013).

Ayrıca KA polisakkarit, lignin, proteinler, fenolikler gibi farklı organik bileşikler bakımından zengindir ve bu nedenle toplam ağırlığının neredeyse %50'sini oluşturan, başta polisakkarit olmak üzere değerli bileşiklerin geri kazanımı için önemli bir kaynak olmaktadır. Kahve atığı ağırlıklı olarak polisakkaritlerden (~%50) oluşmaktadır ve bu fraksiyon galaktomannanlar (~%50), arabinogalaktanlar (~%25) ve selülozdan (~%25) oluşmaktadır (Batista ve ark., 2020). Çizelge 1.3'te kahve atığının genel kimyasal bileşimi verilmiştir (Engin, 2016).

Çizelge 1.3. Kahve atığının genel kimyasal bileşimi

Bileşik	Formül	Grup
Asetaldehit C_2H_4O		Aldehitler
Aseton C_3H_6O		Keton
Kahve Asidi		Asit
Kafestol $C_{20}H_{28}O_3$ ve Kahveol $C_{20}H_{26}O_3$		Alkol
Metil Asetat $C_3H_6O_2$		Ester
Trimetilamin C_3H_9N		Amin
Kafein $C_8H_{10}N_4O_2$		Metil
Klorojenik Asit $C_{16}H_{18}O_9$		Fenol

Kahveden geriye kalan kahve telvesi veya kahve atıkları polisakkarit başta olmak üzere çeşitli bileşik sınıfları bakımından zengindir. Biyolojik olarak

parçalanabilen malzemelerin imalatında uygulamalar için polisakkarit aranmaktadır. Polisakkaritler biyolojik olarak parçalanabilmekte olup bu tür uygulamalarda kahve atığı umut verici bir malzeme olmaktadır. Bu tarz uygulamalar için yaygın olarak kullanılan polisakkaritler selüloz, kitosan, nişasta, aljinat, agar ve İrlanda yosunudur (Cazon ve ark., 2017).

Biyopolimerik filmlerin üretiminde kahve atığının kullanılması; polisakkarit olarak düşük maliyetli kaynakların kullanımına teşvik etmenin bir yolu olmaktadır. Ayrıca kahve atığının biyodizel, biyosentetik gaz, yeşil kompozit, elektrik üretimi ve zemin ıslahı gibi alanlarda bilimsel çalışmalarda ve uygulamada kullanıldığı bilinmektedir. Şekil 1.4'te kahve atığının kullanım alanları verilmiştir (Yun ve ark., 2020).



Şekil 1.4. Kahve atığının (KA) potansiyel kullanım alanları veya geri dönüşüm seçenekleri

Kahve atığının geri kazanılması ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalara örnek vermek gerekirse, KA'dan eş zamanlı, polifenollerin ve polisakkaritlerin çıkarılmasıyla KA'nın enerji kaynağı varlığı veya olabilirliği ortaya çıkarılmıştır. KA toprağın pH değerini düşürdüğü bu sayede besin değerini arttırabildiği sonucuna varılmıştır. Havadaki karbondioksit değerinin azaltmak amacıyla kahve atığından biyokömür üretilmiştir. KA ile ilgili biyokompozit (yeşil kompozit) mekanik performansını değerlendirmek içinde birçok çalışma yapılmıştır (Yun ve ark., 2020).

Çalışmalardan görüldüğü üzere, kahve atığının gözenekli yapısı üzerine odaklanılmıştır. Kahve atığının geniş özgül alanı ve mikro gözenek yapısı kullanılarak; karbon bazlı kahve katkı malzemelerin hidrojen depolama kapasitesi araştırılmıştır (Akasaka ve ark., 2011).

Kahve atığı malzemeye; aminoasit, lipid, polifenol ve minerallere tabi olan çözünmeyen polisakkarit formundaki güçlü organik içeriği ile öne çıkmaktadır. Çizelge 1.4'te tipik bir KA'nın moleküler ve atomik düzeydeki davranışları ve kimyasal reaksiyonları hakkında bilgi vermektedir (Caetona ve ark., 2017).

Çizelge 1.4. KA'nın tipik fizikokimyasal özellikleri

Parametre	KA'dan Yağ Çıkarmadan Önce	KA'dan Yağ Çıkarıldıktan Sonra
Nem (%)	65.7 ^a 16.97 ^b	9.4 ^a 6.79 ^b
Toplam Karbon (%)	67.3-70.2	69.5-71.7
Toplam Nitrojen (%)	1.71-2.2	2.0-2.30
Protein (g/100 g)	10.7-13.7	12.3-14.4
Kül (%)	1.91-2.2	1.57-1.65
Selüloz (%)	13.8-14.8	15.3-18.5
Klason Lignin (%)	28.2-31.9	29.5-30.9
Çözünür Lignin (%)	1.7-2.82	1.51-1.6
Toplam Lignin (%)	33.6	32.5
Daha Yüksek Isıtma Değeri (MJ/kg)	19.3-19.5	19.0-19.9

Nem içeriği dışında tüm % değerleri kuru ağırlık bazında ifade edilmektedir.

^a Islak KA.

^b Kurutulmuş KA.

1.7. Yalıtım

Isı yalıtım malzemesinin genel özelliklerinin başında ısı kaybını önlemek veya başka bir ifadeyle ısıyı dışarda tutmak için kullanılmaktadır. Yalıtım malzemelerinin yaklaşık olarak hepsi sıcak havanın içerisine radyan ışınlarının ve ısıнын girmesini sağlamaktadır. Ek olarak ısı akışının soğuk havaya doğru akışını önlemek için kullanılmaktadır. Esas olarak ısı yalıtım malzemesi üretiminde en çok kullanılan malzemenin içerisinde cam elyafı köpük içermektedir. Bütün yalıtkan malzemeler

belirli bazı özellikleri taşımaktadır. Bunlardan termal iletkenlik özelliğinde en iyi termal yalıtkanlar en düşük ısı iletkenliğine sahip olduğu belirtilmektedir. Lambda olarak bilinen ısı iletim katsayısı ne kadar düşük olursa o malzeme için o kadar az iletir ve yalıtandır sonucuna varılmaktadır. Ancak binalarda kullanılacak yalıtım malzemeleri için sadece çok düşük ısı iletkenlik katsayısına sahip olması doğru bir malzeme seçimi/tercihi olduğunu belirlemek için yeterli değildir. Isı yalıtım malzemesi üretiminde çeşitli bazı kanserojen kimyasallar katılmaktadır bu da çok düşük ısı iletim katsayısı elde etmeye yardımcı olmaktadır. Fakat bu malzemelerin dış cephede kullanımı için riskler meydana getirmektedir. Bu tarz malzemeler yanıcı olup hem de hava geçişine izin vermemektedir. Bu nedenle küf ve rutubet oluşumuna sebep olmaktadır. Rutubet ve nem bu malzemelerin çürümesine bu yüzden de ısı yalıtım performansının işlevselliğini yitirmesine sebep olmaktadır. Bu yüzden yalıtım malzemesi için sadece ısı iletkenlik katsayısına bakmak yeterli olmayacaktır.

Yalıtım malzemesi özellikleri için ısı iletkenlik dışında önemli özellikler vardır. Bunların başında ısı dayanıklılığı gelmektedir. Isı yalıtım malzemeleri ısıya dayanıklı olmalıdır. Isıya dayanıklılığı düşük/yüksek ısı direncine sahip olmayan bir ısı yalıtkanın, erime veya yanma riski yüksektir. Hava geçirgenliği ise havanın gözeneklerden geçmesine izin veren bir özellik olup nefes alan özellikteki ısı yalıtım malzemeleri temiz bir iç mekân ve sağlık açısından iyi atmosfer ortamı sağlamaktadır. Nefes almayan bir yalıtım malzemesi iç ortamda bakteri, küf ve rutubete sebep olmaktadır. Bu durum bazı alerjik, solunum gibi sağlık sorunlarının ortaya çıkmasına ortam yaratmaktadır. Su geçirmezlik özelliği ise yalıtım malzemesinin izolasyon performansını iyileştirerek iç ortam da meydana gelebilecek küf ve rutubetin önüne geçmektedir. Bunların dışında ısı yalıtım malzemeleri özelliklerine; havayı geçirmeli ve nefes almalıdır, yanıcı olmamalıdır, mikro ve bakteri üretmemelidir, kokusuz olmalı ve yeniden kullanılabilir olmalıdır. Isı yalıtım malzemelerinde yapay ve doğal içerikler kullanılmaktadır.

İzolasyon malzemesi çeşitleri 3'e ayrılmaktadır; konvansiyonel, son teknoloji ve sürdürülebilir. Binalarda uygulanan yalıtım malzemeleri kimyasal maddelerine, bulunabilirliklerine ve esas olarak kökenlerine göre sınıflandırılmaktadır (Kumar ve ark., 2020).

Geleneksel yalıtım malzemeleri organik yalıtım malzemesi ve inorganik yalıtım malzemesi olarak ikiye ayrılmaktadır. Bu tarz yalıtım malzemelerinin ticareti yapılmakla birlikte binalarda da kullanılmaktadır.

İnorganik yalıtım malzemeleri de kendi içinde ikiye ayrılmaktadır; lifli yalıtım malzemeleri ve hücreli yalıtım malzemeleri. Lifli yalıtım malzemeleri mineral yün, cam, kaya ve cüruf yünü olarak bilinmektedir. Bunların elde edilişi ise kuvars kumu, cam kırıntısı, bazalttan ve diyabazdan gerçekleşmektedir. Ticari olarak kullanım alanları levha ve keçe şeklinde olmaktadır. Yün levhaların kullanım alanları yapılarına göre değişmektedir. Yoğun ve sert mineral yün levhalar duvar, zemin ve çatıda kullanılmaktadır. Hafif ve yumuşak yapıdaki yün levhalar ise bir çerçevede evde ve diğer farklı alanlarda uygulanabilmektedir. Mineral yün yalıtkanından taş yünü elde etmek için cam türü olarak bilinen borosilikattan cam elyafı oluşturmak için kayayı 1500°C eritmek bunun içinde yüksek sıcaklık gerekliliği sebebiyle üretim sırasında çok fazla enerji tüketilmektedir. Termal ve diğer özellikleri iyileştirmek için toz azaltma yağı ve fenolik reçineler; kayayı ve cam elyafı bağlamaktadır. İnorganik hücreli yalıtım malzemeleri ise köpük cam, vermikülit, kalsiyum silikat ve perlit olarak bilinmektedir. Hücreli yalıtım malzemelerinin temeli kum, selüloz lifleri, tebeşir, dolomit, cam kırıntıları, magnezyum-alüminyum ve silikon-alüminyumdur. Düşük ısı iletkenliğine sahip olan köpüklü yalıtımların yapısı higroskopik (nem çekme) özelliklerini geliştiren yüksek gözenekli yapıda olup mekanik mukavemetlerini düşürmektedir (Abu-Jdayil ve ark., 2019). Bu da köpüklü yalıtımın düşük ısı iletkenliği olmasına sebep olmaktadır.

Organik yalıtım malzemesi polistiren, formaldehit, poliüretan ve poliizosiyanürat, selüloz ve mantar olarak beş gruba ayrılmaktadır. Monomer haldeki stirenden polimerizasyon ile üretilen bir polimer olan polistiren yalıtımlar ticari olarak büyütülmesi/genişletilmesi ve ekstrüzyon edilmesiyle mevcuttur (Cai ve ark., 2017). Organik hücreli plastik malzemelerden elde edilmektedir. Genleşme maddesi olarak bilinen propan dâhil ham yağın bir yan ürünü olan küçük polistiren, genişletilmiş polistiren yalıtım oluşturmak için su buharı ile ısıtılmaktadır. Formaldehit yalıtım malzemeleri üre ve fenole dayanmaktadır (Tseng, 2002). Panel şeklinde bulunan fenol formaldehitler çekirdek malzemesi olarak kapalı hücreli sert köpük içermektedir. Fenol/reçine maddeler sertleştirme, köpürme ve yangınla mücadele ve diğer katkı maddeleri ile karıştırılarak hazırlanmaktadır. Poliüretan ve poliizosiyanürat yalıtım malzemeleri izosiyanat ve polioller arasındaki reaksiyon sonucu oluşmaktadır (Somarathna ve ark., 2018). Selüloz yalıtım ise termal özellikleri iyileştirmek için geri dönüştürülmüş ağaç lifi, kâğıt ve boraks asit kullanılarak formüle edilmiştir (Hurtado ve ark., 2016). Dolgu maddesi olarak ticari olarak temin edilebilmektedir. Son olarak

mantar yalıtım malzemeleri mantar meşesinden elde edilmektedir (Hernandez-Olivares ve ark., 1999). Yalıtım levhası ve dolgu malzemesi olarak piyasada mevcuttur. Basınç dayanımlı ve yüksek termal dirençli bir malzemedir.

1.7.1. Selülozik yalıtım

Selüloz sürdürülebilir bir malzeme olarak bilinmektedir. Kimyasal formülü $C_6H_{10}O_5$ olan selüloz; bitki hücrelerinde hücre duvarını oluşturan organik bir bileşiktir. Selülozun en büyük avantajı/önemi Dünya genelinde en çok bulunan organik polimer bir bileşik olmasıdır. En yaygın kullanım alanı ise kâğıt sektörüdür. Doğal kâğıt ilk defa milattan önce üretilmiştir. Bu üretim ise selülozun var olduğu bitki lifleri toplanarak pişirilmesi ve ezilmesiyle elde edilen hamurla selüloz içerikli doğal kâğıt üretimi gerçekleştirilmiştir. Kâğıt üretiminde kullanılan selüloz ise toplanarak yeni bir hayat kazanabilmektedir. Bitki lifindeki selüloz, selüloz esaslı yalıtım malzemesi olarak dayanıklı ve güçlü doğal bir malzemeye dönüşebilmektedir. Bu üretilen yalıtım malzemesi sürdürülebilir bir seçenek olmasıyla birlikte çok önemli avantajlara da sahip olmaktadır. Selüloz yalıtım malzemesi üretim aşamasında geri dönüştürülmüş malzemelerden meydana gelmektedir. Bu geri dönüştürülmüş malzeme oranı %85'tir. Selüloz esaslı yalıtım malzemesi üretim aşamasında diğer yalıtım türlerine kıyasla daha az enerji harcamaktadır. Örnek olarak kâğıt, gazete ve selüloz esaslı atıkların sağlanması tedarik edilmesi kolay olması, üretim aşamasında daha az enerji harcaması, hammaddedeki bolluk sayesinde selüloz esaslı yalıtım malzemeleri hem çevreye duyarlı hem de bu özelliklerden dolayı avantajlı olmaktadır.

Yalıtım malzemesi olarak kullanılmadan önce selülozun yanmaya karşı direnç kazandırılması gerekmektedir. Alevlerin dağılmasını önlemede selüloz yalıtım malzemesi etkilidir. Selüloz esaslı yalıtım malzemesinin senelerce/uzun yıllar boyunca dayanıklılık özelliğini kaybetmeyeceği yapılan hızlandırılmış yaşlanma testleriyle gösterilmiştir. Selüloz maddenin yoğunluğu fazladır bu özelliği sayesinde yalıtım sağlamak için hava akımını en aza indirmektedir. Isı iletkenlik katsayısı ne kadar sıfıra yakın olursa ısı iletkenliği o kadar az anlamına gelmektedir. Selüloz yalıtım malzemesinde ise bu ısı iletkenlik katsayısı $\lambda=0.037 \text{ W/mK}$ ' dir. Selüloz malzemesi ayrıca havadaki nemi/hidroscopik tutabilme özelliğine sahiptir. Havadaki nemi tutabilme özelliği selüloz yalıtım malzemesinde aynı amaçla kullanılan diğer yalıtım malzemelerine kıyasla havada ki nemi yönetebilen tek yalıtım malzemesi olarak

bilinmektedir (Anonim, 2019). Çizelge 1.5’te doğal ve geri dönüştürülmüş yalıtım malzemelerinin özellikleri verilmiştir (Kumar ve ark., 2020).

Çizelge 1.5. Doğal ve geri dönüştürülmüş yapı yalıtım malzemelerinin özellikleri

İzolasyon Tipi	Yoğunluk	Termal İletkenlik	Özgül Isı Kapasitesi	Buhar Difüzyon Direnç Faktörü	Ses Yutma Katsayısı	Yangına Teepki
Kavram (birim)	ρ (kg/m ³)	k (mW / m · K)	c_p (J / g ° C)	μ (-)	α (-)	Φ (-)
Doğal Yapı Yalıtım Malzemeleri Özellikleri						
Bambu Lifleri	431-538	77-88	1.79-1.96	8.7-15.4	-	-
Ayçiçeği	36-152	38-50	-	-	0.7	-
Pirinç Kabuğu	130-170	48-80	1.2-2.7	2	0.15-0.66	-
Buğday Kabuğu	480	0.1	0.718	2-12	0.29-0.78	-
Kahve Chaff	350	76	-	-	0.1-0.9	-
Geri Dönüştürülmüş Yapı Yalıtım Malzemeleri Özellikleri						
Selüloz	85	40-50	1.8	1	-	-
Atık Kağıt	170-646	36-61	-	-	0.72	-

1.8. Çalışmanın Amacı

Bu tez çalışması kapsamında özellikle selüloz içeriği çok yüksek olan kahve atığı ele alınmıştır. Türkiye’de çeşitli kahve ürünlerinin servisi üzerine faaliyet gösteren kahve firmasından toplanan kahve atıklarının özellikleri ve çevresel etkileri ortaya konulmuş, ön işlemsiz ve ön işlemlili (mikrodalga ve ultrases) olarak yalıtım malzemesi içerisinde değerlendirilmesi araştırılmıştır. Bu tez çalışması ile ön işlemsiz ham kahve atığının, ön işlemlili mikrodalga ve ultrases kahve atıklarının karakterizasyonu değerlendirilmiştir. Ön işlemsiz (ham) ve ön işlemlili (mikrodalga ve ultrases) kahve atıklarının değişen dozlarda %10, %20 ve %30 yalıtım malzemesinin içerisinde katkı malzeme olarak kullanılarak yalıtım malzemesinin ısı iletkenlik, ses yutumu, birim hacim kütle, yangına dayanım, basınç dayanım, bağ dayanım ve kılcal kapiler su emme etkilerinin ortaya konması amaçlanmıştır. Bu sayede önemli bir çevresel sorun olan kahve atıklarının geri kazanılarak farklı bir alanda değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Kahve Atığını (KA) Geri Kazanma Yöntemleri, Geri Kazanılan KA'nın Kullanım Alanları İle İlgili Literatür Çalışmaları

Kahve atıklarının literatürde ve uygulamada çeşitli kompozit malzemelerin üretimi, enerji eldesi, toprak düzenleyici madde üretimi gibi farklı alanlarda geri kazanılması ve değerlendirilmesine yönelik pek çok çalışma mevcuttur.

Yun ve arkadaşları (2020) ses emici panel üretimi için kahve atığını ele alarak ses emici panellerde kullanılabilirliğini incelemiştir. Bu çalışmada kahve atığından ses emilim malzemesi üretmek için, kahve atığı ve üre reçinesi kullanılmıştır. Üre reçinesi ile karıştırıldıktan sonra belirlenen zaman ve sıcaklıktan sonra kahve atığından ses emilim malzemesi üretimi gerçekleştirilmiştir (Yun ve ark., 2020). Üretilen malzemenin gözenek yapısını belirlemek, ses emilimi için kahve atığının gözenek yapısını analiz etmek için deneyler gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak gerçekleştirilen bu çalışmada ses emici malzemelerin üretiminde kahve atığı geri kazanılarak kahve atıklı ses emici malzeme üretimi gerçekleştirilmiştir. Uygulama alanı olarak da kafe alanında uygulanmıştır. Yun ve arkadaşları, ses emici olmadan yankılanma süresinin 1.2 saniye olduğunu; kahve atığı ses emilimi malzemesiyle bu yankılanmanın 0.7 saniyeye düştüğünü gözlemlemiş ve ses basıncında ise 7 dB azalma olduğunu belirlemiştir. Bu çalışmanın amacı; kahve atığından üretilen malzemenin, kafede uygulanarak kahvedeki bu artışın israf değil de kazanım olmasını sağlamaktır. Sonuç olarak kahve atığından ses emici malzemeler üretilerek uygulama alanında güzel kazanımların elde edilebilmekte olduğu görülmektedir.

Bitkilerde hücre duvarında çok fazla bulunan mikrofibrilleri meydana çıkarmak için çokça yöntem vardır. Bu yöntemler mekanik ve ardışık kimyasal işlemlere dayanmakla birlikte buhar patlaması yöntemi, çevre dostu ve ümit verici olmasıyla göz önündedir. Sauvageon ve ark. (2017) ön işlem olarak buhar patlaması teknolojisini geniş olarak incelemişlerdir. Buhar patlaması yöntemi kahve atığı olarak bilinen parşömen için selülozun yapısını bileşimini parçalamak için kullanılan bir termomekanik yöntemdir. Bu yöntem kahve atığının yüksek basınçta, 10-35 bar basınç altında, 180-240°C sıcak su ile işleminden geçirilmesiyle patlayıcı formda atmosfer basıncına bırakıldığı süreçtir. Bu işlem sonucunda biyokütledeki sert lif formunun bozulması ve baştaki biyokütle formunun lifli ve dağılmış katıya dönüştüğü

gözlemlenmiştir. Buhar patlaması standartları, koşulları başta biyokütle kaynağına sonra istenen ürüne bağlı olmaktadır. Bu koşullar reaktördeki reaksiyon süresi ve basınçtır (Reis ve ark., 2020). Ele alınan çalışmada başlangıç olarak kahve atığı olan parşömen lifleri analitik olarak karakterize edilmiştir. Sonra lignin ve hemiselülozun bir kısmı çıkarılmak için sodyum hidroksit (NaOH) ile bir ön işleminden geçirilmiştir. Burada esas amaç yüzey pürüzlülüğünü artırmak için su veya buharın lif yapısına işlemlerini kolaylaştırmaktır. Sonuç olarak elde edilen selülozik malzeme daha sonra analiz edilerek daha dayanıklı daha uzun zincirli mikrofibrile selüloz üretmek için defibrilasyonu iyileştirmeyi amaçlayarak yüksek kesme ile mekanik olarak işlenebilmektedir (Sauvageon ve ark., 2017).

Reis ve arkadaşları (2020) potansiyel kompozit takviye olarak mikrofibrile selüloz etmek için kahve atığı olarak bilinen parşömenin içinde bulunan lignoselülozik bileşenler incelemiştir. Selülozun yanında hemiselüloz ve lignininde tanımlanabilmesi için FTIR (Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi) ve TGA (Termogravimetrik Analiz) teknikleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre kahve atığında yaklaşık %22 selülozun varlığı belirlenmiştir. Mikrofibrile selüloz üretmek için ise buhar patlaması işlemi hafif şartlar altında gerçekleştirilmiştir. TGA ile sabit; XRD (X-ışınları Difraktometresi) ile ise kristallikte artış ve gelişme gözlenmiştir. Son analiz ise SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) ile gerçekleşmiş ve selüloz fibrillerin daha çok meydana çıktığı gözlenmiştir. Ek olarak selüloz fibrillerin SEM analizinde nanometrik ve mikro boyutlara ulaştığı doğrulanmıştır. Sonuç olarak mikrofibrillenmiş selüloz ile kompozit malzemeyi güçlendirme potansiyeli olduğu belirlenmiştir (Reis ve ark., 2020).

Kahve atığının veya kahve telvesi atığının değerlendirilmesi ve gelecek kullanım stratejilerinin belirlenmesi ile ilgili de birçok çalışma vardır. Ele alınan en yeni çalışmalardan olan kahve atığının değerlendirme yöntemleri çalışmasında, kahve telvesi büyük miktarda katı atık oluşturduğu tespit edilmiştir. Farklı atık türleri kullanılarak çevreye duyarlı ve yenilikçi çalışmaların ilgi odağı olmasıyla birlikte bu atıklara ek olarak kahve telvesi ele alınmıştır (Kourmentza ve ark., 2018).

Garcia ve arkadaşları (2015) elektrik, kompost, biyo-sentez gazı, biyo-dizel ve yeşil kompozitlerin (biyo-kompozit) üretimi için doğrudan kullanımı ile ilgili öngörude bulunmuşlar ve tartışmışlardır. Bu çalışmada selülozun geri kazanımının nasıl sağlandığı, kahve telvesindeki selüloz varlığının olup olmadığı varsa ne kadar olduğu ve

hangi yöntemlerle nasıl bir yol izlendiği örnek çalışmalarla açıklanmıştır (Garcia-Garcia ve ark., 2015).

Zarrinbakhsh ve arkadaşları (2016) ağırlıkça %75 polipropilen ve ağırlıkça %25 kahve telvesi atığından oluşan polimer kompozitlerin çekme testleri, morfoloji ve termal sabitlik açısından değerlendirmişlerdir. Eldeki kompozit bir malzemeyi oluşturan malzemeler içerisinde en az bir malzemenin doğal kökenli lif bir malzeme olması o kompozit malzemeyi biyo (yeşil) kompozit malzeme yapmaktadır. Kahve atığı fonksiyonel takviye ve dolgu maddesi veya katkı maddesi olarak kullanılabilir. Kahve telvesi atığını yükseltmenin farklı yollarından birisi kompozitlerin yapısının iyileştirilmesine yardımcı olarak biyolojik parçalanabilirliklerini artırmaktır. Polipropilen ile kahve telvesi atığı oranı kompoziti, polipropilen ile kahve samanı oranından daha yüksek uzama gösterirken daha düşük de gerilme mukavemeti göstermiştir. Bu gözlem sonucu plastikleştirici fonksiyonu olan kahve telvesi atığının daha yüksek yağ içerdiği hipotezine varılmıştır (García-García ve ark., 2015). Taramalı elektron mikroskobu analizinde, polipropilen ile kahve samanı oranı için lifli ve yoğun bir mikro yapıda olduğu; polipropilen ile kahve telvesi atığı oranı için nispeten granüler gözenekli bir form sonucunu ortaya çıkarmıştır. Termogravimetrik analiz sonuçları, sırasıyla sıcaklıkları 214°C ve 179°C'de %2 kütle kaybı meydana geldiği için polipropilen ile kahve samanı oranının polipropilen ile kahve telvesi atığından daha kolay işlendiği sonucuna varılmıştır (Zarrinbakhsh ve ark., 2016).

Yakın zamanda Wu ve çalışma arkadaşları (2016) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada ise polipropilen ile yağlanmış kahve telvesi atığı kompozitleri incelenmiştir. Hem ham/işlenmemiş hem de ekstrakte edilmiş kahve telvesi atığı kullanılmıştır. Burada su alımı, yapıbilimi, termal özellikleri, mekanik özellikleri ve hızlandırılmış yaşlanma testleri incelenmiştir. Düşük hidrojen bağına sebep olan ester grupları içeriğinin azaltılmasından sorumlu olan yağın varlığından dolayı su alımı polipropilen ile kahve telvesi atığı için yüksektir. Polipropilen ile kullanılmış kahve telvesi atığı oranı yüzey yapıbilimine, önceki ultrasonik yağ ekstraksiyonu işlemi sebebiyle partikül parçacıklarının daha küçük olduğunu, polipropilen matrisinde homojen şekilde dağıldığı ve daha iyi bir ara yüzey etkileşimi çıkardığı sonucunu ortaya çıkarmıştır. Kahve telvesi atığındaki yağ sebebiyle yapışmada azalmanın olduğu, bu da topaklaşmaya ve zayıf mekanik özelliklere sebep olduğunun göstergesidir. Polipropilen ile kahve telvesi atıklı kompozit malzemelerin çekme modülü düşüktür. Sebebi ise plastikleştirici olarak görev yapan yağdır. Kahve telvesi ile polipropilen matrisi arasındaki zayıf yapışmanın

yöneltmesiyle, kahve telvesi atığının dâhil edilmesiyle çekme mukavemetini azaltmıştır. Fakat polipropilen ile ekstrakte edilmiş kahve telvesi atıklı kompozit malzemelerin gerilme mukavemeti daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Termogravimetrik analiz yüksek sıcaklıklarla ortaya çıkan PP/ ESCG'nin ayrışmasını göstermiştir. Ek olarak, altı döngüde hızlandırılmış yaşlanmanın ardından gerilme modülünde polipropilen ile kahve telvesi atıklı kompozit malzemelerinde %9.6'lık düşüş; polipropilen ile ekstrakte edilmiş kahve telvesi atıklı kompozit malzemelerinde ise %8.9'luk düşüş gözlenmiştir (Wu ve ark., 2016).

Garcia ve çalışma arkadaşları (2015) gerçekleştirdikleri çalışma sonucunda kahve telvesi atığının fizikokimyasal özellikleri sebebiyle doğrudan biyo-sentez gazı elde etmek için kullanılabilirliği, elektrik, kompost üretmek için, biyobozunurluklarını artırarak biyo-kompozit dahil edilebileceği gözlenmiştir (Kourmentza ve ark., 2018). Yüksek yağ içeriğinin %10-20 transesterifikasyonundan sonra biyo-dizele dönüştürülebilirliği de gözlenmiştir. Kahve telvesi atığı kalıntıları fermente olabilen şekerler elde etmek için hidrolize edilebilmektedir. Ek olarak kalıntıları bertaraf etmeden önce biyogaz üretimine veya enerji kazanımına iletilmektedir. Bahsedilen senaryolarda kahve telvesi atığının değerlendirilmesi için entegre bir biyorefineri yaklaşımları söz konusudur. Çokluğu ve değerli bileşiklerinin yanında mevcut politika ve mevzuatlar göz önüne alındığında kahve telvesi atığı veya kahve ile ilgili her türlü atığın araştırılması ve geliştirilmesine ilişkin yakın gelecekte de bu atığın yönetim alanının artacağı öngörülmektedir (Kourmentza, 2018).

Lessa ve çalışma arkadaşları (2018) kitosan/kahve telvesi bazlı kompozitlerin sentezini ve bunların sudan ilaçların uzaklaştırılması için adsorpsiyon kapasitelerini araştırmışlardır. Bu çalışmada kahve telvesi atığı, geliştirilmiş adsorpsiyon kapasitesine sahip bir kompozit malzeme elde etmeyi amaçlayan kitosanlar ile ilişkilendirilmiştir. Polivinil alkol, filmojenik, plastikleştirici ve hidrofilik özelliklerinden dolayı kompozit formülasyonda kullanılmıştır (Alves ve ark., 2016). Ek olarak kafein, asetaminofen, asetilsalisilik asit ve metamizol, farmasötik modeller olarak seçilmiştir. Deneysel çalışmalar ilk olarak kahve telvesi atığını hazırlamak için yerel bir kahve markası olan işletmeden temin edilen kahve atığının 100°C'de gece boyunca fırında kurutma işlemi ile başlamıştır. Elde edilen kuru kahve telvesi atığı, kalıntı organik atıkları uzaklaştırmak için oda sıcaklığında manyetik karıştırma altında heksan, etanol ve damıtılmış su ile (~50 ml) yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir. Bundan sonra saflaştırılmış kahve telvesi atığı 100°C'de fırında gece boyunca kurutma işlemi

gerçekleştirilmiştir. Kitosan/Kahve telvesi atığı kompozitlerinin sentezi için solvent döküm yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Farklı miktarlardaki kahve telvesi içeren kompozitleri, kitosan ve polivinil alkol ile sentezlemişlerdir. Kitosan/Polivinil alkol matrisi içindeki ağırlıkça %10'a kadar kahve telvesi atığı, bu dolgu maddesinin iyi bir dağılımını ve polimerik ağ ile iyi etkileşimini garanti ettiğini gözlemlemişlerdir. Kompozitlerin adsorpsiyon kapasitesini, farmasötiklerin sudan çıkarılmasına bağlı olarak test edilmiştir. Ağırlıkça %5 kahve telvesi atığı, kompozit saf numuneyle kıyaslandığında seçilen kafein, asetaminofen, asetilsalisilik ve metamizol farmasötikleri adsorpsiyonunda görülür bir şekilde %10-40'luk bir artış sergilemiştir. Kitosan/Polivinil alkol matrisinde kahve telvesi atığının varlığı adsorban yüzey üzerindeki adsorpsiyon alan sayısını artırarak adsorpsiyon sürecini desteklediği öngörülmektedir. Lessa ve çalışma arkadaşları (2018) sonuç olarak pH 6'da en yüksek uzaklaştırma verimliliği kaydetmişlerdir. Farmasötikleri giderme işlemi ise asetilsalisilik asit >kafein> asetaminofen > metamizol sırasını izlemiştir. Toplu ele alındığında bu sonuçlar, kahve telvesi içeren kompozitlerin, atık sudan farmasötiklerin çıkarılması için çevre dostu, umut verici ve düşük maliyetli adsorbanlar olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır (Lessa ve ark., 2018).

Kahve telvesi atığının değerlendirilerek bu atıktaki polisakkarit açısından zengin kısmının, film imalatı için biyometaryel olarak kullanılabilirliği incelenmiştir (Batista ve ark., 2020). Kullanılmış kahve telvesi atığının alkalın hidrojen peroksit ile işlenmesiyle polisakkarit bakımından zengin biyopolimerik filmler hazırlanmıştır. Hazırlanan filmlerin engellemeleri, mekanik özellikleri ve fizikokimyasal yapısı belirlenmiştir. Bunların kaynaklardaki diğer benzer filmlere kıyasla su buharı geçirgenlikleri gerilme mukavemetleri çok daha yüksektir. Kahve telvesi atığı Brezilya' da ticari bir kuruluştan temin edilmiştir. SCG'nin 105°C'de 16 saat fırında kurutma işlemine tabi tutulmuş ve oda sıcaklığında polipropilen ambalajda saklanmış ve H₂O₂, %50 NaOH ve gliserol Synth elde edilmiştir. Polisakkaritlerin zengin fraksiyonu, Vilela ve çalışma arkadaşları tarafından açıklanan yönteme göre hazırlanmıştır (2016). İlk olarak H₂O₂ (1:5 ağırlık/hacim) içindeki kahve telvesi atığı süspansiyonuna %40 NaOH (kütle/hacim) solüsyonu pH yaklaşık 11.5 olana kadar damla damla eklenmiştir. Süspansiyon 120 rpm de 18 saat yörüngesel çalkalayıcıda karıştırılmıştır. Nötralize işlemi için süspansiyon %10 (h/h) asetik asit ile muamele edilmiştir. Çözünmeyen kısımlar süzülerek toplanmıştır. Malzemeler işlemiden geçirildikten sonra 16 saat

55°C’de konveksiyon fırında kurutma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu işlem alkalın hidrojen peroksit işlemi olarak adlandırılmış ve polisakkarit fraksiyonunu zenginleştirmek için kullanılmış kahve telvesi atığından lignin ve proteinleri uzaklaştırmak amaçlanmıştır (Batista ve ark., 2020). Bu çalışmada filmin biyolojik olarak parçalanabilir olduğunu, indüklenen kimyasal reaksiyonlar meydana gelmeden ve biyolojik olarak parçalanamayan kimyasallar eklenmeden de sadece biyolojik olarak parçalanabilir malzemelerden de film üretiminin gerçekleştirilebileceği sonucuna ulaşılmıştır (Batista ve ark., 2020).

Vidal ve çalışma arkadaşları (2020) karboksimetil selülozun biyoaktif filmlerde üretimi için yeşil kahve yağı ve kalıntıları ile biyoaktif filmleri zenginleştirerek ortaya güzel bir çalışma sunmuşlardır. Kaliteli bir yeşil kahve yağı üretmek için ilk olarak kahve çekirdekleri preslenir ve bu işlem ne ısı ne de kimyasal ayırma (ekstraksiyon) içermemektedir. Ek olarak bu işlem pres hamurundan/kekinden çok fazla artık biyokütle ve ham yağın arıtılmasından sonra da yüksek miktarda tortular bırakmaktadır. Bu çalışmanın amacı soğuk presleme ile elde edilen yeşil kahve yağı ve kalıntıları hidroalkolik özütlerin birleştirilmesiyle karboksimetil selüloz tabanlı filmler geliştirmektir (Vidal ve ark., 2020). Yeşil kahve yağının, kek ve tortu ekstraktların %20-40 arasında değişen oranlarda filmlere olan etkisi kimyasal, fiziksel, mekanik, optik ve morfolojik olarak araştırılmıştır. Kütle spektroskopisinde fenolik bileşikler, yeşil kahve yağı ve kalıntıları kimyasal olarak karakterize edilmiş ve bileşimlerin fiziksel, mekanik, mikroyapı, renk ve antioksidan özellikler üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. FTIR’ da ise karboksimetil selülozun fenolik bileşikler ve yağ asitleri arasındaki etkileşimleri incelenmiştir. Bu çalışmanın amacı yeşil kahve yağı ile birleştirilen karboksimetil selüloz yapılı biyoaktif filmleri gıda ambalajında potansiyel uygulanmasıdır. Sonuç olarak genel gözlemler bu filmlerin gıda uygulamaları için aktif ambalaj malzemesi olarak kullanılabilirliğini göstermiştir.

Matrapazi ve Zabaniotou (2020) gerçekleştirdikleri çalışmada kahve atıkları üzerinde helyum ortamında 450°C sıcaklık ile 750°C sıcaklık arasında 50°C/s bir ısıtma hızıyla piroliz deneyleri gerçekleştirilerek ürünlerin en iyi işlem koşullarını ve verimlerini belirlemek amaçlamışlardır. Piroliz çalışmasının sonucunda kahve telvesi atığı kullanılarak malzeme ve enerji kazanım gibi değerli ürün elde edilebileceği gözlenmiştir. Bu ürünlerin başında biyogaz gelmektedir. Çalışmanın sonuçları, döngüsel ekonomiden geçen/geçmekte olan diğer kent ve ülkeler için kahve işletmesi sektörü, atık yönetimi yetkilileri, geri dönüşüm sektörü, bölge ve şehir liderleri için faydalı

olabileceğini savunmaktadır. Ekonomik sonuçların başlangıç olarak başarılı olduğu gözlenmiş ve uygulama alanları için gerçekçi ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Matrapazi ve Zabaniotou, 2020).

Edathil ve arkadaşları (2018) Fe_3O_4 nanopartiküllerini tek bir kap çökteltme yöntemi ile yüzeyine dağıtarak yeni bir manyetik kahve atığını (MCW) sentezlemek için yüksek miktarda kahve atığını matris olarak ele almışlardır. MCW'nin sulu çözeltiden Pb(II)'yi uzaklaştırma potansiyeli değerlendirilmiştir. Sentezlenen adsorban, sorpsiyon işleminde yüzey yapılarının ve fonksiyonel grupların rolünü öngörmek için XRD, FTIR ve SEM-EDX kullanılarak karakterize edilmiştir. Sulu çözeltiden Pb(II)'nin emilimi üzerindeki Fe_3O_4 yüklemesi, çözelti pH'ı, temas süresi, adsorban dozajı, başlangıç Pb(II) konsantrasyonu ve sıcaklığın etkisi gibi çeşitli çalışma koşulları incelenmiştir. Sorpsiyon verileri, Freundlich, Langmuir, Temkin ve Dubinin-Radushkevich (D-R) adsorpsiyon modelleri kullanılarak ayarlanmıştır. Langmuir izotermi, deneysel verilere en iyi şekilde $R^2 > 0.99$ ve 25°C 'de 41.15 mg/g maksimum Pb(II) adsorpsiyon kapasitesi ile uydurarak tek tabakalı adsorpsiyona işaret ettiği gözlenmiştir. Termodinamik analiz, soğurmanın endotermik ve doğada kendiliğinden olduğunu ortaya koymuştur. MCW'ler, manyetik kuvvetler kullanılarak kolay ayırma avantajı ile Pb(II)'nin sulu çözeltilerden uzaklaştırılması için bir adsorban olarak kullanılmak üzere dikkate değer bir potansiyel gösterdiği sonucuna varılmıştır (Edathil ve ark., 2018). Özetle Edathil ve çalışma arkadaşlarının gerçekleştirdiği bu çalışmada biyokütleyle dayalı yeni bir düşük maliyetli manyetik adsorban, kahve atıklarından büyük miktarlarda başarıyla hazırlanmıştır. Fe_3O_4 nanopartikülleri, gözenekli kahve atığının yüzeylerine tek kapta birlikte çökteltme yöntemi ile başarıyla dağıtılmıştır. Yapısal, kimyasal ve ayrıntılı morfolojik analiz, hazırlanan gözenekli malzemenin yüzeyde Fe_3O_4 parçacıklarıyla başarılı bir şekilde çöktüğünü göstermiştir. X-ışınları difraktometre analizi, Fe_3O_4 /kahve nanokompozitlerinin oluşumunu doğrularken, FTIR spektrumları kahve zirveleri ile birlikte Fe-O bağlarının varlığını da göstermiştir. Fe_3O_4 yüklemesinin kurşun uzaklaştırma verimliliği üzerindeki etkisi incelenerek MCW-2'nin 25°C 'de Langmuir modeline göre yaklaşık 41.15 mg/g maksimum adsorpsiyon kapasitesi ile en verimli olduğu sonucuna varılmıştır. Neredeyse %100 Pb(II) uzaklaştırmanın daha hızlı kinetiği, 7.3 pH'ta MCW-2 için 30 dakika içinde elde edilmiştir. D-R modeline adsorpsiyon izotermine takılmasıyla analizler doğrulanmıştır. Ayrıca, elde edilen deneysel sonuçlar, MCW-2'nin yüzeyinin enerjik olarak homojen olduğunu ve adsorpsiyon sürecinin bir endotermik mekanizma tarafından yönetildiğini

göstermektedir. Manyetik kahve atığı, endüstriyel atık su akışlarından Pb(II)'nin uzaklaştırılması için yeni bir adsorban olarak kullanılabilir sonucuna varılmıştır (Edathil ve ark., 2018).

2.2. Yalıtım Malzemeleri İle İlgili Yapılan Literatür Çalışmaları

Organik atık olarak kabul edilen pamuk saplarını ele alan Zhou ve çalışma arkadaşları (2010) bağlayıcı madde olmadan ısı yalıtım levhası üretimini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada ilk olarak deneysel süreç belirlenmiştir. Bu süreç pamuk saplarının temizlenmesi, küçültülmesi ile başlamıştır. Elde edilen 25×10×5 mm boyutundaki yontalı/iri parçalara su eklenerek bir gece suda bekletilmiş ve basınçlı bir tankta buhar ile yumuşatılması ile devam etmiştir. Ardından öğütme işlemi gerçekleştirilerek lif üretimi için uygun boyuta ulaşılmıştır. Son işlem ise 100°C'de kurutma işlemi %7, %10 ve %13 nem oranlarında gerçekleştirilmiştir. En son işlem ise kurutulmuş liflerin farklı basınç ve yoğunluk altında bağlayıcı olmadan lif levha haline getirilmiştir (Zhou ve ark., 2010). Üretim sonucu pamuk saplı yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı 0.058-0.0081 W/m°C değerleri arasında bulunmuştur. Yoğunluk ise 150-450 kg/m³ değerleri arasında bulunmuştur. Sonuç olarak lif levhaların üretim sürecinde esas enerji tüketimi liflerin hazırlanması, sıcak presleme ve kurutulması aşamasında gerçekleşmektedir. Atık pamuktan üretilen lif levhaların üretimi ahşap yünü levhalarına benzemektedir. Ahşap yünü levhaları ile farkı ise pamuk saplarından üretilen lif levhaların üretimi için gerekli enerji gereksinimi daha az olmaktadır (Özer, 2017; Zhou ve ark., 2010).

Ceviz 2008 yılında yaptığı çalışmada ise üre formaldehiti bağlayıcı olarak kullanarak atık ahşap talaşı ve perliti ele almıştır. Deneysel çalışmalarda amonyum sülfat sertleştirici katkı maddesi olarak kullanılırken sıcak pres işlemi ile ısı yalıtımlı dış cephe kaplama ürünü geliştirilmesi konusunda deneysel çalışmalar yürütülmüştür. Çalışma kapsamında perlit ve atık ahşap talaşı çapı 1 mm olan elekten geçirilerek üre formaldehit bağlayıcı, amonyum sülfat ve parafin ilave edilmiştir. Ardından 150°C sıcaklıkta 5 dakika presleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Sadece atık ahşap talaşı ile üretilen ve %50 perlit, %50 atık ahşap talaşı ile üretilen ürünlerin sonuçları karşılaştırılmıştır. Yalnızca atık ahşap talaşından 5.68-22.77 kg/cm² basınçlar altında üretilen numunenin ısı iletkenlik değeri 0.086-0.090 W/m°C sonucuna varılmıştır. Basınç dayanımı ise 1126-1936 kPa arasında bulunurken su emme değeri 0.63-1.13

kg/m³ arasında olduğu sonucuna varılmıştır. %50 perlit %50 atık ahşap talaşı da aynı basınç altında üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen levhanın ısı iletkenlik değeri 0.067-0.078 W/m°C arasında olduğu gözlemlenirken basınç dayanım 648-1056 kPa ve su emmesi 0.73-1.59 kg/m² arasında olduğu sonucuna varılmıştır (Ceviz, 2008; Özer, 2017).

Drochytka ve çalışma arkadaşları 2017 yılında yaptıkları çalışmada atık polyester lifini ele almışlardır. Atık polyester lifi çatılardaki su yalıtım membranlarında kullanılan çok katmanlı sentetik yapıda membran üretimini sonucu ortaya çıkan polivinil klorür granül kalıntıları olarak bilinmektedir. Bu çalışmada bağlayıcı olarak farklı özellikleri olan iki polimerden yapılmış iki bileşenli sentetik elyaf kullanılmıştır. Atık polyester lifi ve bağlayıcı olarak kullanılacak sentetik elyaf homojen hale getirilip yalıtım levhası oluşturulmuştur. Bu işlem 90°C sıcaklıkta kütleme ve soğutma ile gerçekleştirilmiştir. Numunelerin üretimi manuel olarak gerçekleştirilmiştir. Atık polyester elyaflarının %5, %7.5, %10, %15 ve %20 dozajında bağlayıcı görevi olan en az iki bileşenli elyaf ile hazırlanmıştır. Sonuç olarak ölçülen değerlerin termal özelliklerin sıcaklığına ve yoğunluğuna bağlı olduğunu ve polyester liflerin sıcaklık düştükçe yalıtım değerinin bir kısmını kaybettiği sonucuna varılmıştır. Üretilen levhaların ısı iletkenlik değerinin 0.043-0.055 W/m°C aralığında olduğu, yoğunluğun ise 65-95 kg/m³ arasında olduğu gözlenmiştir. Polyester liflerinden üretilen yalıtım malzemesinde kimyasal bir bağlayıcı olmadan üretildiği için toksik değildir, bozulmalara karşı yüksek direnç göstermektedir ve geri dönüştürülmüş hammadde ile üretildiği için sürdürülebilir bir malzeme olmuştur (Drochytka ve ark., 2017).

Binici ve çalışma arkadaşları yalıtım malzemesi üretimi için ele aldıkları organik atık mısır koçanı olmuştur (2014). Bağlayıcı olarak epoksi ve çimento-alçı kullanılmış ve ilk olarak mısır koçanları kurutularak uygun boyutlara gelinceye kadar öğütme işlemi gerçekleştirilmiştir. Epoksi bağlayıcı olarak kullanıldığı deneylerde öğütülen mısır koçanlarının epoksi ile karıştırıldıktan sonra sıcaklık ve basınç altında presleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Ardından elde edilen malzeme 50°C sıcaklıkta fırında 50 saat kurutma işlemi gerçekleştirildikten sonra sabit hale getirilip boyutlandırılmıştır. Bağlayıcı olarak çimento-alçının kullanıldığı deney çalışmasında ise öğütülen mısır koçanı farklı çimento-alçı oranlarında karıştırılmıştır. Sonrasında sodyum hidroksit, su ve alüminyum tozu kullanılarak malzemenin yapısı gözenekli hale getirilmiştir. Sonuçlar epoksi kullanılan yalıtım malzemesinde ısı iletkenlik değerinin 0.075 W/m°C, yoğunluğun 260-310 kg/m³ ve su emme %25-26 arasında gözlemlendiği sonucuna

varılmıştır. Çimento-alçı ile üretilen yalıtım malzemesinde ise ısı iletim katsayısının 0.10-0.19 W/m°C, birim hacim kütlesi 500-800 kg/m³ ve su emme %12-24 olarak gözlenmiştir. Bu çalışmada mısır koçanı ile epoksi kullanılarak ısı yalıtım malzemesi üretiminin gerçekleştirilebileceği sonucuna varılmıştır. Epoksi bağlayıcı ile üretilen yalıtım malzemesinde ısı iletkenlik katsayısında en yüksek değere sahip numunenin 60 g mısır koçanı, 45 g epoksi; en düşük değere sahip numune 60 g mısır koçanı, 30 g epoksi kullanılmıştır. Bunun sebebi ise kullanılan malzemenin epoksinin ve basıncının azalması, malzemelerin boşluk yapısının artması ve yalıtım değerini düşmesi ile açıklanmıştır (Binici ve ark., 2014; Binici ve Aksogan, 2017; Özer, 2017).

Panyakaew ve Fotios 2011 yılında yaptıkları çalışmada kimyasal bağlayıcı katkı maddeleri kullanılmadan da Hindistan cevizi ve özü alınmış meyveden kalan bölümüyle yapılan düşük yoğunluklu ısı yalıtım levhalarının üretimini incelemişlerdir. Burada düşük yoğunluklu levhaların avantajı, yüksek yoğunluklu levhalara kıyasla daha düşük ısı iletkenliğine sahip olma eğiliminde olmasıdır. Bu da onları ısı yalıtım levhaları olarak kullanımı için uygun kılmaktadır. Bağlayıcısız levhalar, sıcak presleme koşulları altında, yoğunluğu, hammaddelerin oranı ve boyutunun yalıtım levhasının özelliklerine etkisini araştırmak amacıyla sıcak presleme yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yüksek selüloz içeriğine sahip bu atıklar 511-13 ve %6-7 oranlarında nem içerecek şekilde fırınlarda kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Kurutma işleminden sonra uygun boyutlarda öğütülen atıklar kalıplanarak değişik yoğunluk, süre ve sıcaklıklarda preslenmiştir. Sonuç olarak üretilen levhaların ısı iletim katsayısı 0.046-0.068 W/m°C ve 0.049-0.055 W/m°C arasında olduğu gözlenmiştir. Yoğunluk ise 250-350 kg/m³ arasında bulunmuştur. Diğer çalışmalarla kıyaslandığımız zaman bu çalışmada su emme ve nem içeriği kontrolü gibi çalışmaların incelenmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır (Özer, 2017; Panyakaew ve Fotios, 2011).

Lachheb ve arkadaşları kahve atığı kullanılarak yapı malzemesinde ısı yalıtımının iyileştirilmesi hedeflenerek deneysel ve simülasyon çalışması gerçekleştirmişlerdir (2019). Başlangıçta üretilen kompozit malzemenin termal iletkenliği ve termal ısı yayılma özelliği, kutu yöntemi kullanılarak karakterize edilmiştir ve bundan sonra önerilen malzemenin Fas'ta bulunun bir konut binasında kullanılmasının enerji ve çevresel faydalarını kanıtlamak için yıllık simülasyon çalışması yapılmıştır. Bu çalışma binaların ısıtma/soğutma yüklerini azaltmak için ümit verici bir yol olarak kahve telvesi atıkları kullanılarak kompozit sıvalara dâhil edilip sıvaların yeni termal özellikleri tanımlanmıştır. Çalışmada sıva ağırlıkça %2, %4 ve %6

kahve telvesi atıklarıyla karıştırılarak bir dizi termal karakterizasyon deneyi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak kahve atıklarının temel malzemeye eklenmesiyle termal iletkenliğin azaldığı ve deneysel sonuçların ağırlıkça %6 kahve atığının sıvaya eklenmesiyle termal iletkenliğin 0.31 W/mK'ye düşürebileceği sonucuna varılmıştır. Kısaca ısı iletkenlik değerinin kahve atığı oranının artmasıyla azalacağına sonucuna varılmıştır. Kahve atığının eklenmesi ısı difüzyonunu azaltmak için elde edilen kompozitin hassasiyetini artırmaktadır bu da termal yayılımı ağırlıkça %6 kahve atığı ile $35.6 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ ' ye düşürmekte olduğu gözlenmiştir. Fas Marakes'te bulunan tipik bir konutta yıllık simülasyon çalışmasının sonuçları ise daha iyi ısı yalıtım özelliği ile bu tür kompozit malzemelerin kullanılmasıyla yaklaşık %24.35'lik bir enerji tasarrufu sağlanabileceği sonucuna varılmıştır (Lachheb ve ark., 2019).



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Kahve atığı

Çalışmada kullandığımız organik kahve atıkları Konya’da faaliyet gösteren kahve firmasından temin edilmiştir. Şekil 3.1’de toplanan ham kahve atıklarının ıslak hali gösterilmiştir. Toplanan kahve atıklarının kurutma işlemi güneş altında yapılmıştır. Kurutma işlemi tamamlanan kahve atıkları 1.5 mm boyutundaki elekten geçirilmiştir. Şekil 3.2’de kurutma işlemi tamamlandıktan sonra elekten geçirilmiş ham kahve atığı gösterilmiştir. Çalışma kapsamında kahve atıklarına mikrodalga ve ultrases işlemleri uygulanarak iki ayrı ön işleme tabi tutulmuş (atık kodu: MKA ve UKA) ve ön işlemsiz (ham) kahve atığı (atık kodu: KA) ile ön işlem uygulanan atıklar yalıtım malzemesi içerisine belli oranlarda katılmıştır.



Şekil 3.1. Toplanan ham kahve atığının ıslak hali



Şekil 3.2. Ham kahve atığının kurutulmuş son hali

3.1.2. Sıva

Çalışmada Konya ve Bursa’da üretimi gerçekleştirilen doğal borlu yalıtım sıvası kullanılmıştır. Her iki yalıtım sıvası içerisinde; bor madeni (işlenmiş türevi) ağırlıklı olmak üzere, pomza, perlit, çimento, selüloz yünü ve inorganik kökenli katkı maddeleri bulunmakta olup aynı bileşim ve özelliktedirler.

3.1.2.1. Su

Yalıtım sıvası harcının hazırlanmasında kullanılan su sıva malzemesine akıcılık (kıvam) kazandırmak için 1:1 ölçekte kullanılmıştır. Sıva harcının hazırlanmasında şebeke suyu kullanılmıştır. FEBAS Çevre Laboratuvarı tarafından gerçekleştirilen Konya şebeke suyu analiz sonuçları Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Konya şebeke suyu analiz sonuçları

Parametre	Birim	Sonuç	Kullanılan Metot
Ph (Sıcaklık: 15.7°C)	-	7.2	TS EN ISO 10523
İletkenlik	$\mu\text{S/cm}$	1585	TS 9748 EN 27888
Alkalinite	mg/L	320	SM 2320 B
Çökebilir Katı Madde	mg/L	0.3	TS 7092
Klorür	mg/L	128	SM 4500 Cl^- B
Sülfat	mg/L	322	SM 4500 SO_4^{2-} E
Nitrat	mg/L	0.952	EPA 352.1
Fosfat	mg/L	0.031	SM 4500 P C SM 4500 P E
Çinko (Zn)	mg/L	0.0085	TS EN ISO 17294-1/2
Kurşun (Pb)	mg/L	<0.001	TS EN ISO 17294-1/2
Sodyumoksit	mg/L	127	TS EN ISO 17294-1/2
Potasyumoksit	mg/L	15.2	TS EN ISO 17294-1/2
Koku	-	Yok	TS EN 1008 (Bölüm 6.1.1.)
Renk	-	Berrak	TS EN 1008 (Bölüm 6.1.1.)
Sıvı- Katı Yağlar	-	Yok	TS EN 1008 (Bölüm 6.1.1.)
Deterjan	-	Yok	TS EN 1008 (Bölüm 6.1.1.)
Organik Madde	-	Oluşan Renk Uygun	TS EN 1008 (Bölüm 6.1.2.)
Yoğunluk	g/cm^3	0.092	İşletme İçi Metot

3.1.3. Mikser

Sıva harcını karıştırmak için FORE marka 1000-1200 devirlik düşey eksenli mikser kullanılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Fore marka mikser

3.1.4. Kalıplar

Ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atığı katkılı yalıtım sıvası test numunelerinin üretimi için demir ve tahta kalıplar kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan 4x4x16 cm boyutunda demir kalıplar Şekil 3.4’te; 5x20x40 cm boyutunda tahta kalıplar Şekil 3.5’te verilmiştir.



Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan demir kalıplar



Şekil 3.5. Çalışmada kullanılan tahta kalıplar

3.1.5. Etüv

Çalışmada ultrases ön işleminden sonra kahve atıklarının kurutma işlemi için ve 3 gün priz süresini tamamlamış ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atığı katkılı yalıtım malzemesi numunelerinin kurutma işlemini gerçekleştirmek için etüv kullanılmıştır. MMM marka Venticell 22 Laboratory Oven Eco Line w/ 2 Racks modelde 65-70°C’de kurutma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan etüv Şekil 3.6’da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Ultrases ön işlemlili kahve atığının ve numunelerin kurutulmasında kullanılan etüv

3.1.6. Ön işlemlili ve ön işlemsiz kahve atıklarının karakterizasyonunda kullanılan cihazlar

3.1.6.1. Taramalı elektron mikroskobu / SEM

Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) elektronik ve optik sistemlerin birlikte kullanımı ile yüksek büyütmelemlerde üzerinde işlem ve analizler yapılabilen görüntülerin elde edildiği cihazlardan biridir. Çalışmada kahve atıklarının yüksek çözünürlüğe sahip topoğrafik görüntüsü SEM tekniği ile alınmıştır. Kahve atıklarının SEM görüntüsü Zeiss marka EVO LS10 model taramalı elektron mikroskobu kullanılarak alınmıştır (Şekil 3.8). Zeiss EVO LS10 tamamen dijitalleştirilmiş bir taramalı elektron mikroskobudur. Vakum aralığı değiştirilerek çok çeşitli şekillerde kullanılabilir. Yüksek vakumda çalıştığı için numunelerin su içermemesine ve ince bir metal ile kaplanması gerekmektedir. Numuneler bunun için özel hazırlanmalıdır. Çalışmada analizden önce kahve atıkları altın ile kaplanmıştır. Numunelerin altın kaplama işlemi Şekil 3.7’de gösterilmiştir. Bunun aksine, numunelerin doğasına ve boyutların bağlı olarak, mikroskopi sonrasında daha ileri analizler için hazır olabilmeleri için numuneler önceden hazırlanmadan da ve kaplanmadan analiz etme imkânı sunmaktadır. Ek olarak cihaz, numunelerin kalitatif ve kantitatif element analizi için Oxford Instruments (Wiesbaden) tarafından sağlanan bir EDX sistemine de sahiptir.



Şekil 3.7. Metal kaplama cihazı



Şekil 3.8. Zeiss marka taramalı elektron mikroskobu cihazı

3.1.6.2. Fourier transform infrared / FTIR

FTIR organik yapıdaki bileşiklerin yapılarındaki fonksiyonel gruplar, yapıdaki bağların durumu, iki bileşiğin aynı olup olmadığı, yapının alifatik ya da aromatik olup olmadığı ve bağlanma yerleri belirlenirken ek olarak biyokimyasal yapı analizleri için belirleyicidir. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi bir çeşit titreşim spektroskopisidir ve FTIR matematiksel Fourier dönüşümü yöntemi ile ışığın infrared yoğunluğuna karşı dalga sayısını ölçen kimyasal analitik yöntemdir. İnfrared ışınları molekülün titreşim hareketleri tarafından soğrulmakta ve matematiksek fourier dönüşümü spektroskopisinde ışıma şiddeti zamanın bir fonksiyonu olarak alınmaktadır. Her boyut için ayrı ayrı tarama gerekmemektedir. Hızlı ve yüksek çözünürlükte spektrumlar elde edilerek bu yöntem ile moleküler bağ karakterizasyonu yapılmaktadır. FTIR malzeme karakterizasyonu için en çok kullanılan yöntemlerden olup avantajları; analiz süresinin kısa olması, elde edilen detaylı bilgiler, analizleri gerçekleştirmek için herhangi bir sarf malzeme maliyetine gerek duyulmaması olarak söylenmektedir (Beşergil, 2016).

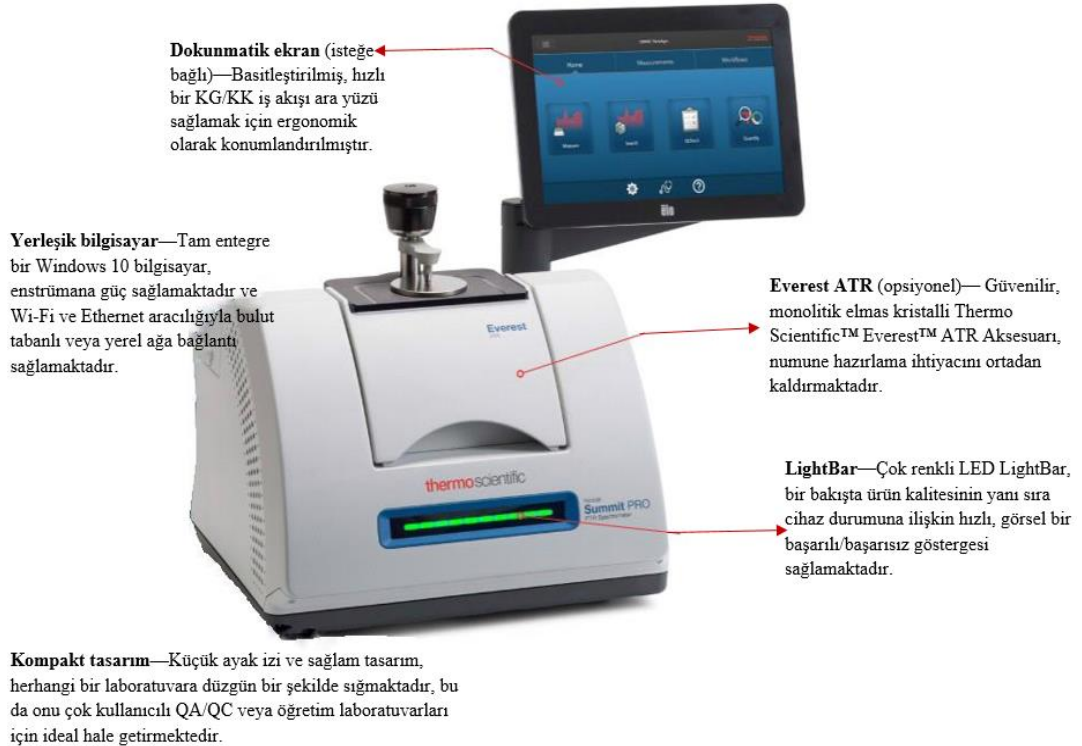
Çalışmada ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atıklarının FTIR analizi için Thermo Scientific™ marka Nicolet™ İS™ 5 FTIR Spectrometer model Fourier Dönüşümlü Kızıl Ötesi Spektrometre cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.9-Şekil 3.10). Şekil 3.11’de FTIR analiz cihazının çalışma koşulları gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Scientific marka fourier dönüşümlü kızıl ötesi spektrometre cihazı



Şekil 3.10. FTIR spektrometre cihazında örnek analiz yöntemi



Şekil 3.11. Scientific marka fourier dönüşümlü kızılötesi spektrometre cihazının çalışma koşulları

3.1.6.3. Termogravimetrik analiz cihazı / TGA

TGA analizinde örnek sıcaklığı çevre koşullarından başlayarak 1200°C'ye ulaşan sıcaklıklara kadar ısıtılırken kütlesi/ağırlığı sürekli olarak izlenerek kütlenin sıcaklığa karşı çizilen termogram grafiği ile kalitatif/kantitatif tayinlerde kullanılmaktadır. Termogravimetrik analizinde en önemli uygulama polimerlerdir. Farklı türde polimerik maddelerin bozunma mekanizmaları termogramlardan alınan bilgilerle açıklanarak her tip polimer için karakteristik olan bozunma davranışlarından polimerlerin teşhisinde yararlanılmaktadır (Beşergil, 2016).

Çalışmada ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atıklarının TGA analizi için PerkinElmer marka TGA 4000 model termogravimetrik analiz cihazı kullanılmıştır ve bu cihaz Şekil 3.12'de gösterildiği şekildedir.



Şekil 3.12. PerkinElmer marka TGA 4000 model termogravimetrik analiz cihazı

3.2. Yöntemler

3.2.1. Mikrodalga ön işlemlili kahve atığının elde edilmesi

Mikrodalga görünür ışık ve kızılötesinden daha uzun bir elektromanyetik ışıma sahiptir ancak görünür ışık ve kızılötesi gibi iletilmekte, yansımakta ve absorbe edilmektedir. Mikrodalga fırın içinde enerji dalgalarının duvarlarından yansıyabileceği şekilde tasarlanmış metalik kutu sistemidir. Mikrodalgalar seramik, plastik, kağıt, cam ve bir çok organik maddenin içinden geçebilme özelliğine sahiptir (Agarwal ve ark.,

2005; Kılıç, 2009). Mikrodalga enerjisi kullanılarak bir maddenin ısıtılması, o maddenin üzerine gelen mikrodalga ışınımını absorbe etmesine ve bünyesine aldığı enerjinin yardımıyla, molekülleri arasında meydana gelen titreşim ve sürtünmeler sonucunda sıcaklığın artması ilkesine dayanmakta olup o maddenin mikrodalga ile etkileşime geçip ısı üreten kısımları polar molekül olarak adlandırılmaktadır (Kılıç, 2009; McGill ve ark., 1988; Ohlsson ve ark., 1978).

Çalışmada ev tipi VESTEL marka MW-GD23 AL model mikrodalga fırın kullanılmıştır. Şekil 3.13'te çalışmada kullanılan mikrodalga fırın verilmiştir. Mikrodalga işleminde ilk olarak kahve atıkları farklı sürelerde (3 dakika, 5 dakika, 7 dakika ve 4 dakika) 220 V- 50 Hz frekans aralığında değişen 1400 W güce tabii tutulmuştur. Mikrodalgada kahve atığında 1400 W güçte 5'inci dakikadan sonra yanma gözlenmiştir. Mikrodalgada kahve atığının ön işlemi için uygun süre 4 dakika olarak belirlenmiştir. Mikrodalgada ön işlemi tamamlanan kahve atıkları 1.5 mm boyutundaki elekten geçirilmiştir. Mikrodalga ön işlemi tamamlanan kahve atığının elekten geçirildikten sonraki görüntüsü Şekil 3.14'te verilmiştir.



Şekil 3.13. Çalışmada kullanılan ev tipi VESTEL marka mikrodalga fırın



Şekil 3.14. Mikrodalga ön işlemleri tamamlanmış kahve atığı

3.2.2. Ultrases ön işlemleri kahve atığının elde edilmesi

Ultrases insan kulağının işitebileceğinin üzerindeki frekansa sahip ses dalgaları olarak adlandırılmaktadır. Ultrases akustik bir enerji olup bir ortamdan geçerken; farklı uygulamalarda kullanılmasına imkan sağlayan ve ses dalgasının frekansına ve genliğine bağlı olarak oluşan bir çok kimyasal, fiziksel ve biyokimyasal etki oluşturmaktadır (Knorr ve ark., 2004; Tüfekçi ve Özkal, 2015). Ultrases yüksek şiddetli ses alanı ile numuneden suyun uzaklaştırılması kısaca akustik kurutma işlemi gerçekleştirilmektedir.

Ultrasonik homojenleştiricilerin amacı yüksek genliklere sahip yüksek güçlü ultrason üreterek işlenecek sulu numuneneye sonda uzunluğu boyunca salınımların iletilmesi ve yükseltilmesidir. Ultrasonik homojenizatörler laboratuvarlarda, hastanelerde ve endüstriyel araştırmalarda numune hazırlama, kalite kontrol ve bilimsel deneylerin yanı sıra analiz veya kısa üretim çalışmalarında çeşitli görevleri çözmek için kullanılmaktadır. Uygulama alanlarına örnek olarak; sıvıların homojenizasyonunda, kimyasal reaksiyonların hızlandırılmasında, hücre bozulmasında (mikroorganizmaların, doku hücrelerinin çıkarılması) ve çevre analizlerinde numune hazırlanmasında kullanılmaktadır. Ek olarak ultrasonik homojenizatörler, organik materyalin ultrasonik arıtılmasında ayrıntılı görüş elde etmek için laboratuvarlarda in vitro teşhis işlemleri için de kullanılmaktadır.

Ultrasonik homojenizatörlerin çalışma prensibi HF (yüksek frekans) jeneratörü alınan gücü (50 veya 60 Hz'lik güç frekansları) 20 khz'lik bir frekansta yüksek frekanslı güce dönüştürmektedir. HF jeneratörüne bağlı ultrasonik dönüştürücü, HF jeneratöründen gelen yüksek frekanslı gücü ultrasona dönüştürerek onu bir tür mekanik

enerjiye dönüştürmektedir. Bu verimli bir PZT (kurşun zirkonat titanat) ultrasonik dönüştürücü sistemi ile elde edilmektedir ve bu sebeple probun ucu da 20 kHz frekansında titreşir ve bu titreşimleri yüksek güç yoğunluğu ile sonikasyonlu örneğe aktarmaktadır. İzin verilen maksimum güç aşılmadığı takdirde, ultrasonik dönüştürücüden gelen sinyalleri geri besleyerek prob üzerindeki yüklerden bağımsız olarak titreşimlerin genliği sabit tutulmaktadır. Böylece proses validasyonu için proses parametrelerinin tekrarlanabilirliği sağlanmaktadır. Probu standart veya mikro uçlar, konik uçlar veya titanyum düz uçlar ultrasonik dönüştürücüye monte edilmektedir. Bunlar mekanik transformatörler olarak hizmet etmekte ve uçtaki ultrasonik titreşimlerin genliğini büyük bir faktörle yükseltmektedir.

Çalışmada BANDELİN marka SONOPULS Ultrasonic Homogenizers HD 3200 model ultrases cihazı kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan ultrases cihazı Şekil 3.15'te verilmiştir. Kurutma işlemi gerçekleştirilen 200 gr ham kahve atığına 500 ml su ilave edilip homojen hale getirilmiştir. Homojen hale getirilen kahve atığı ultrases cihazına yerleştirilip 150 W güçte 5 dakika ön işleme tabii tutulduktan sonra etüvde 70°C'de 1 gün boyunca kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.16'da kahve atığının ultrases ön işlem aşamaları gösterilmiştir. Kurutma işlemi tamamlanan ultrases ön işlemli kahve atığı 1 mm boyutundaki elekten geçirilmiştir (Şekil 3.17).



Şekil 3.15. Çalışmada kullanılan BANDELİN marka ultrases cihazı



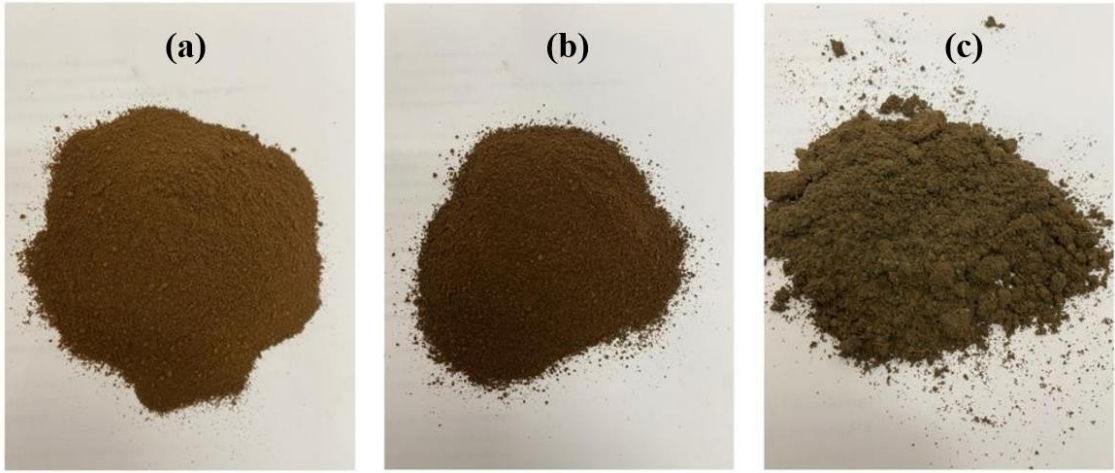
Şekil 3.16. Kahve atığının ultrases ön işlemi



Şekil 3.17. Ultrases ön işlemi tamamlanmış kahve atığı

3.2.3. Yalıtım malzemelerinin üretimi

Yalıtım sıvası üretimi için ham (ön işlemsiz), mikrodalga ve ultrases ön işlemleri kahve atıkları (Şekil 3.18) ağırlıkça %10, %20 ve %30 oranlarında yalıtım sıvası ile yer değiştirilmiştir.



Şekil 3.18. Numunelerin hazırlanmasında kullanılan ön işlemsiz ve ön işlemlı kahve atıkları a)Ham kahve atığı, b)Mikrodalga ön işlemlı kahve atığı, c) Ultrases ön işlemlı kahve atığı

Sıva karışımı için sıva malzemesi, kahve atığı ve su mikser yardımıyla homojen hale getirilmiştir. Karışım sonrası sıva malzemesi kalıplara dökülmüştür. Kalıplara dökülen numunelerin 3 gün priz süresi tamamlandığında kalıplardan çıkarılmıştır. Daha sonra numunelerin etüvde 70°C’de 3 gün kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Her bir kahve atığı oranından (%10, %20 ve %30) 4×4×16 cm boyutunda 6 adet; 5×20×40 cm boyutunda 2 adet toplamda ham ön işlemsiz kahve atığı, mikrodalga ve ultrases ön işlemlı kahve atığı katkılı sıva yalıtım numunesinden 72 adet numune üretilmiştir. Örnek numuneler Şekil 3.19 ve Şekil 3.20’de gösterilmiştir.



Şekil 3.19. %10, %20 ve %30 oranlarında üretilen ham kahve atığı katkılı yalıtım sıvası numuneleri (4×4×16 cm)



Şekil 3.20. %10, %20 ve %30 oranlarında üretilen ham kahve atığı katkılı yalıtım sıvası numuneleri (5×20×40 cm)

Yöntem olarak TSE 998-1 standart kapsamında öngörülen deney yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemler farklı gruplarda hazırlanan numune için ve bu gruplar içerisinde farklı dozlarda üretimi gerçekleştirilen her bir numune için deneysel çalışmalar yürütülmüştür.

3.2.4. Kahve atıklarının ve yalıtım malzemelerinin karakterizasyonu

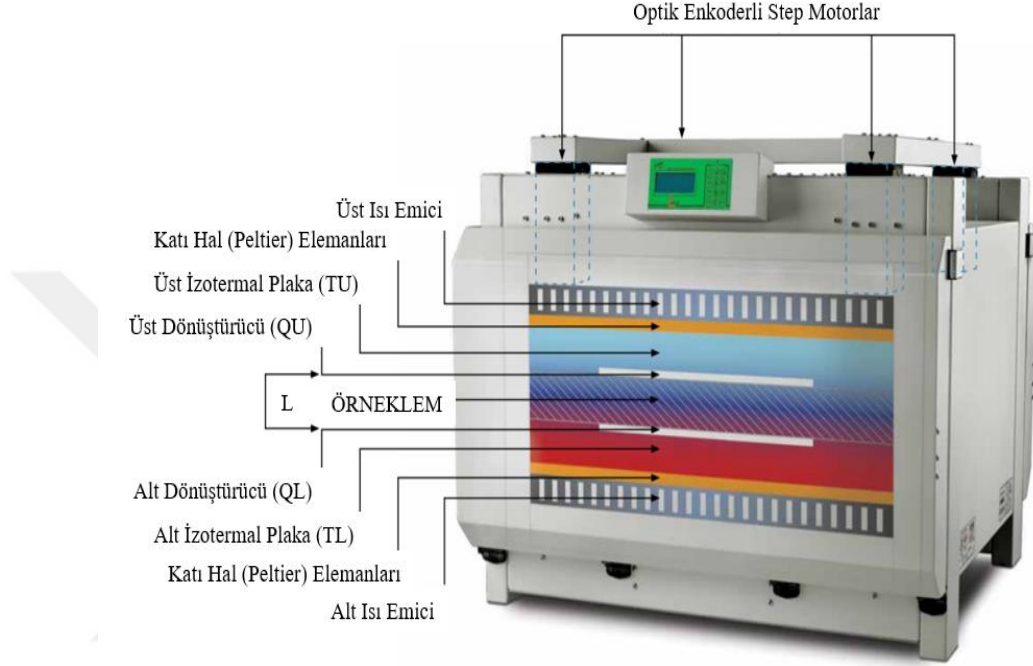
Kahve atıklarının ve bu atıklardan üretilen yalıtım malzemelerinin karakterizasyonu ile ilgili analizler bölümümüz laboratuvarları ve Selçuk Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma Merkezi (İLTEK), Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (BİTAM) ve TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Malzeme Enstitüsü Laboratuvarları'nda gerçekleştirilmiştir.

3.2.4.1. Isı iletkenlik değeri analizi

Günümüz şartları gereği enerji verimliliği çalışmalarının etkinliği artmaktadır. Buna bağlı olarak enerji tüketimini azaltmak büyük bir önem ifade etmektedir. Bu doğrultuda ısı yalıtımı sağlayan yapı malzemelerinin ısı ve fiziksel performans deneyleri Ar-Ge çalışmaları olarak yürütülmektedir. TS 825 (2013) binalarda ısı yalıtım kuralları standardına uygun şekilde analizler gerçekleştirilmektedir. Bu deneyler mahfazalı sıcak plaka cihazı, ısı akış sayacı cihazı, mahfazalı sıcak kutu cihazı, mahfazalı

sıcak boru cihazı, çekme basma cihazı, su buharı tartım cihazları, çekip koparma cihazı, etüvler, tartılar, iklimlendirme cihazları aracılığıyla gerçekleştirilmektedir.

Çalışmada ise ısı iletkenlik değeri analizi için Lasercomp marka HFM Fox-314 ölçüm cihazı kullanılarak uygun yazılım programı ile veriler elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan ölçüm cihazı Şekil 3.21’de gösterilmiştir.



Şekil 3.21. Lasercomp marka HFM Fox-314 ölçüm cihazının çalışma prensibi

Hesap Metodu:

✓ **Tek Tabakalı Yapı Bileşenlerinin Isı Geçirgenlik Direncinin (R) Hesaplanması**

Isı geçirgenlik direnci (R); yapı bileşenin kalınlık (d) değerinin, ısı iletkenlik hesap değerine (λ_h) bölünmesi ile hesaplanmıştır.

$$R = d / \lambda_h \quad (3.1)$$

Burada:

R: Isı Geçirgenlik Direnci ($m^2.K/W$)

d: Yapı Bileşeninin Kalınlığı (m)

λ_h : Isı İletkenlik Hesap ($W/m.K$) değeridir.

✓ **Toplam Isı Geçirgenlik Direncinin (1/U) Hesaplanması**

Bir yapı bileşenin toplam ısı geçirgenlik direnci ($1/U$), yapı bileşenlerinin ısı geçirgenlik dirençlerine (R), yüzeysel ısı iletim direnç değeri (R_i , R_e) eklenerek hesaplanmıştır.

$$1/U = R_i + R + R_e \quad (3.2)$$

Burada:

$1/U$:Yapı Bileşenin Toplam Isı Geçirgenlik Direnci ($m^2.K/W$)

R_i : İç Yüzeyin Yüzeysel Isı İletim Direnci ($m^2.K/W$)

R_e :Dış Yüzeyin Yüzeysel Isı İletim Direnci ($m^2.K/W$) 'dir.

✓ ***Tek Tabakalı Yapı Bileşenlerinin Toplam Isı Geçirgenlik Katsayısının (U) Hesaplanması***

Bir yapı bileşenin toplam ısı geçirgenlik katsayısı (U), aşağıda verilen eşitliğe göre hesaplanmıştır.

$$U = 1 / (R_i + R + R_e) \quad (3.3)$$

Burada;

U :Yapı Bileşenin Toplam Isı Geçirgenlik Katsayısı ($W/m^2.K$)'dır.

3.2.4.2. Akustik/Ses geçiş kaybı değerinin analizi

Akustik/ses geçiş kaybı değeri analizi empedans tüpleriyle ve çınlama kabinleri veya odaları ile gerçekleştirilmektedir. Empedans tüpü ile gerçekleştirilen ses yutum analizlerinde ölçüm aralığı 63 Hz-8000 Hz; düşük frekanslarda 50 Hz-1500 Hz ölçüm için 100 mm'lik tüp ve yüksek frekanslarda 800 Hz-8000 Hz ölçüm için 28 mm'lik tüp gerekmektedir. Gözenekli malzemelerde hava akış direnci (R), hava akış öz direnci (r) ve spesifik hava akış direnci (R_s) parametreleri TS EN 29053 standardına uygun olarak ölçümleri gerçekleştirilmektedir.

Çınlama odalarında veya çınlama kabinlerinde gerçekleştirilen ses absorpsiyon katsayısı ölçümleri numune olmadan ve numune varken olmak üzere iki farklı durumda çınlama süreleri ölçülerek elde edilen veriler NOR 850 yazılımı aracılığı ile işlenerek ses yutum katsayısı belirlenmektedir.

Ses Yutum Katsayısının Hesap Metodu İle Belirlenmesi:

✓ **Boş Çınlama Odasının Eş Değer Ses Absorpsiyon Alanı, A_1 , Metrekare Cinsinden Hesaplanması**

A_1 , aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$A_1 = (55.3V / c \times T_1) - 4Vm_1 \quad (3.4)$$

Burada;

V: Boş çınlama odasının metreküp cinsinden hacmi,

c: Sesin metre/saniye cinsinden havada yayılma hızı,

T_1 : Boş çınlama odasının saniye cinsinden çınlama süresi,

m_1 : Ölçüm boyunca boş çınlama odasında mevcut olan iklim şartları kullanılarak ISO 9613-1'e göre hesaplanan 1/metre cinsinden güç azalma katsayısıdır ve m 'nin değeri ISO 9613-1'de kullanılan azalma katsayısından, a, aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$m = a / 101g(e) \quad (3.5)$$

✓ **C, 15°C ile 30°C Aralığındaki Sıcaklıklar için C'nin Hesaplanması**

C aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$c = (331 + 0.6t/^{\circ}C) \text{ m/s} \quad (3.6)$$

Burada t Celsius cinsinden hava sıcaklığıdır.

✓ **Bir Deney Numunesi İçeren Çınlama Odasının Eş Değer Ses Absorpsiyon Alanı, A_2 , Hesaplanması**

A_2 , metrekare cinsinden aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$A_2 = (55.3V / c \times T_2) - 4Vm_2 \quad (3.7)$$

Burada;

V: Boş çınlama odasının metreküp cinsinden hacmi,

c: Sesin metre/saniye cinsinden havada yayılma hızı,

T_1 : Boş çınlama odasının saniye cinsinden çınlama süresi,

m_1 : Ölçüm boyunca boş çınlama odasında mevcut olan iklim şartları kullanılarak ISO 9613-1'e göre hesaplanan 1/metre cinsinden güç azalma katsayısıdır.

✓ **Deney Numunesinin Eş Değer Ses Absorpsiyon Alanı, A_T , Hesaplanması**

A_T , metrekare cinsinden aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$A_T = A_2 - A_1 = 55.3V (1/c_2 T_2 - 1/c_1 T_1) - 4V(m_2 - m_1) \quad (3.8)$$

✓ ***Bir Düzlem Absorplayıcı Veya Belirli Bir Düzendeki Deney Nesnelerinin Ses Absorpsiyon Katsayısının Hesaplanması***

Aşağıdaki formül kullanılarak ses absorpsiyon katsayısı hesaplanmıştır.

$$a_s = A_T / S \quad (3.9)$$

Burada;

A_T : Deney numunesinin eş değer ses absorplama alanı,

S : Deney numunesinin kapladığı metrekare cinsinden alandır.

Çalışmada empedans tüpü ölçüm yöntemi kullanılmıştır. Empedans tüpü ile ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atıklı yalıtım malzemeleri TS EN ISO 10534-2 (2003) standardına uygun şekilde değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan empedans tüpü Şekil 3.22’de gösterilmiştir. Empedans tüpünün avantajı en hızlı ses yutum katsayılarını belirleme sistemi olarak bilinmesidir. Akustik yalıtım performansı ölçülmek istenen malzemelerden alınan küçük numune ile kısa sürede sonuç alınmıştır. Numuneden yansıyan ve numuneyi etkileyen ses dalgaları ölçülerek, elde edilen yüzey empedansından ses yutum katsayısı hesaplanmıştır. Ölçüm sonuçları uygun bilgisayar programı ile analiz edilerek ses yutum katsayıları elde edilmiştir.



Şekil 3.22. Empedans tüpü

3.2.4.3. Yangına karşı dayanım testi

Bir malzemenin veya sistemin yangına direnç gösterme ve idealdeki iki bağımsız bölüm arasında yangının ve yanma gazlarının geçişini engelleme yetenekleri yangına dayanım testi ile belirlenmektedir. Çalışmada yangına dayanım analizi TS EN 14470-1 (2007) standardına uyumlu, yatay ve dikey fırınlarda ve duman sızdırmazlık test fırınlarında gerçekleştirilmiştir.

3.2.4.4. Basınç dayanımı/ mukavemet analizi

TS EN 12390-3 (2019) standartlarına göre basınç laboratuvarında hidrolik ve pnömatik basınç ortamlarında mutlak (absolute) ve bağıl (relative) basınç ölçümleri yapılmaktadır. Basınç ölçümleri pnömatik (azot veya hava ile çalışan) sistemlerde laboratuvarında mevcut 20 adet pistonlu basınç standardı (dead weight) kullanılarak, 20 Pa-100 Mpa aralığında, yaklaşık 25-44 ppm aralığındaki belirsizlik değeri ile gerçekleştirilmektedir. Hidrolik basınç ölçümleri ise 15 adet pistonlu basınç standardı (dead weight) kullanılarak, 0.8-500 mPa aralığında, yaklaşık 49-110 ppm belirsizlik değerinde gerçekleştirilmektedir (TÜBİTAK UME).

Basınç laboratuvarında referans cihaz ve sistemler olarak birincil seviye basınç ölçüm cihazları olarak bilinen pistonlu basınç standartları (dead weight tester) kullanılmıştır. Kalibrasyonu yapılacak test cihazının belirsizliği göz önünde bulundurularak, kalibrasyonlarda yüksek doğrulukta basınç kalibratörleri kullanılmıştır.

Her bir deney numuneleri için basınç dayanımı tayini ayrı ayrı yapılmıştır (TS EN 12390-3). Numune deney makinesine yük uygulama yönü beton döküm yönüne dik olacak ve belirtilmiş boyutunun $\pm \%1$ doğrulukta merkeze yerleştirilmiştir. Yükleme 0.2 MPa/s ($\text{N/mm}^2.\text{s}$)- 1.0 MPa/s ($\text{N/mm}^2.\text{s}$) arasında sabit bir yükleme hızı seçilerek yük numuneye darbe tesiri olmaksızın seçilen hızdan $\pm \%10$ 'u geçmeyecek şekilde en büyük yüke ulaşıncaya kadar sabit bir hızda uygulanmıştır ve göstergede en büyük yük kaydedilmiştir.

✓ *Basınç Dayanımının Formül Kullanılarak Hesaplanması*

$$f_c = F/A_c \quad (3.10)$$

Burada:

f_c : Basınç Dayanımı, MPa (N/mm^2),

F: Kırılma Anında Ulaşılan En Büyük Yük, N,

A_c : Numunenin üzerine basınç yükünün uygulandığı en kesit alanı, mm^2 . Bu alanda numunenin belirtilen ölçüleri kullanılarak TS EN 12390-1 (2021) standardına uygun şekilde numune üzerine ölçülen gerçek boyutlar kullanılarak hesaplanmıştır.

3.2.4.5. Bağ dayanımı değeri

Sertleşmiş sıva ve örgü harcının alt tabakaya yapışma dayanımının tayini bağ dayanımı/çekip koparma BESMAK marka BCO-116/8 model test cihazı ile gerçekleştirilmiştir. TS EN 1015-12 (2016) standart kapsamında deneyler gerçekleştirilmiştir. Burada cihaz temelde bir yük hücreğine bağlanmış dinamometreden ve yüksek çözünürlüklü dijital gösterge ünitesinden oluşmakta olup direk çekme kuvveti cihaz üzerinde bulunan el tekeri çevrilerek uygulanmıştır. Cihaz el çarkının döndürülmesi ile doğrudan çekme kuvveti uygulanarak ve yüksek çözünürlüklü dijital ekran yardımıyla uygulanan yük oranı göstergeden takip edilip değerler kaydedilmiştir.

3.2.4.6. Birim hacim kütle değeri

Birim hacim kütle değeri analizi TS EN 1015-10 (2013) standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.4.7. Kılcal kapiler su emme değeri

Sertleşmiş numuneler için kapiler etkiden kaynaklanan su emme katsayısının tayini için TS EN 1015-18 (2014) standartları kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu tez projesinde kahve atığının kurutma işleminden sonra ön işlemsiz (ham) kahve atığı ve mikrodalga ve ultrases ön işlemlili kahve atığı olarak 3 grupta farklı dozlarda yalıtım malzemesi içerisinde değerlendirilmiştir. Bu bölümde ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atıklarının karakterizasyonu, kahve atığından üretilen yalıtım malzemelerinin karakterizasyonu ve analiz bulguları sunulmuştur.

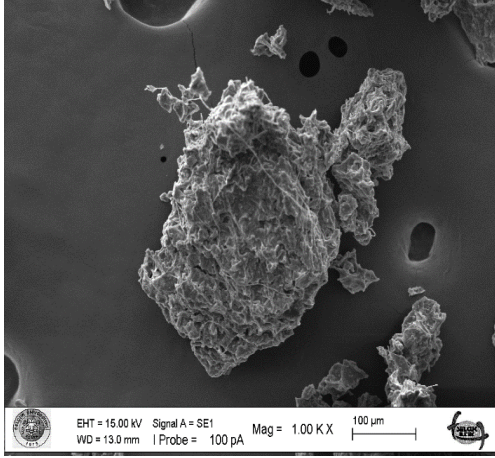
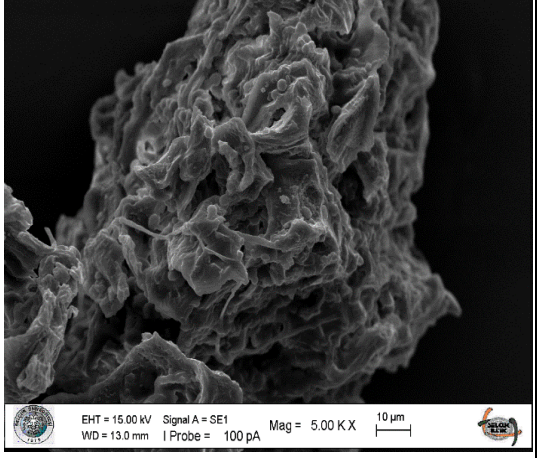
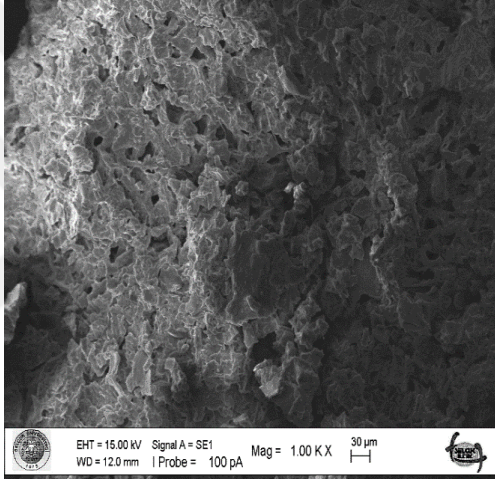
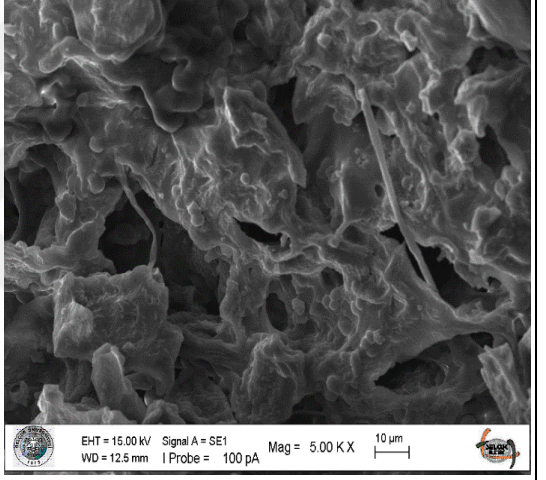
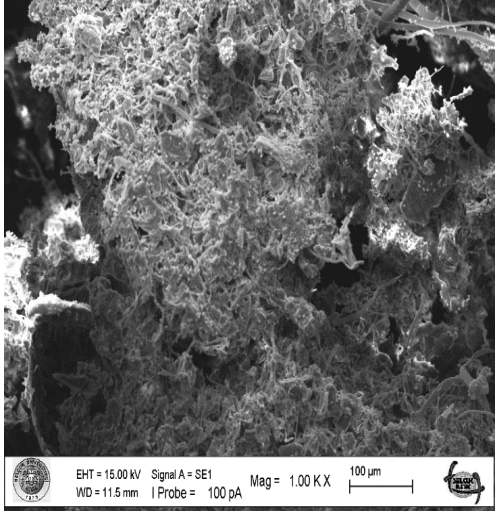
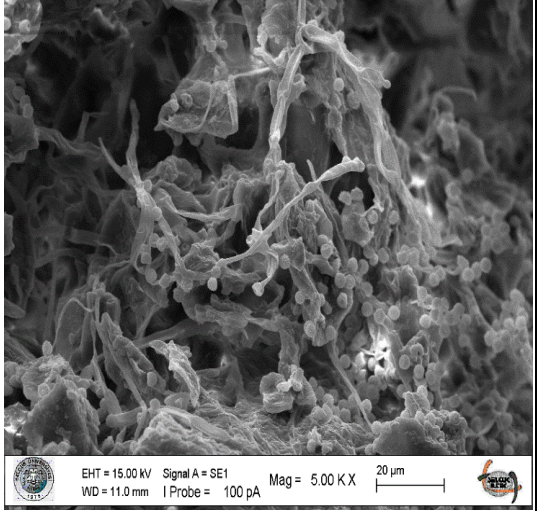
4.1. Kahve Atığı Karakterizasyonu

4.1.1. Ön İşlemsiz ve ön işlemlili kahve atıklarının taramalı elektron mikroskop (SEM) görüntüleri ve EDS bulguları

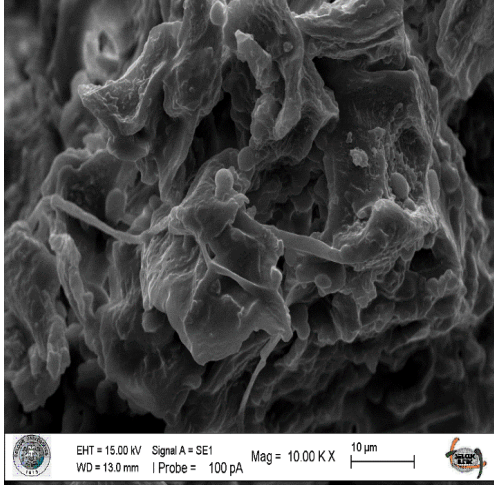
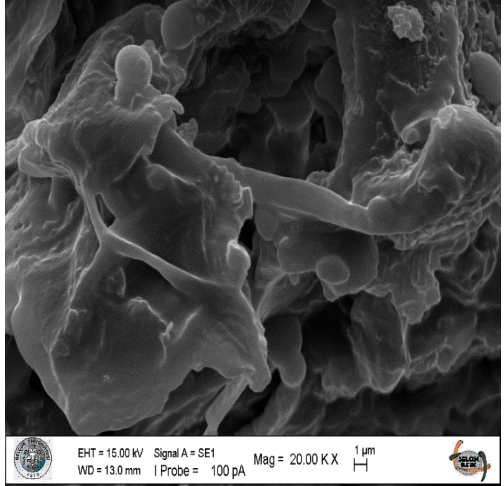
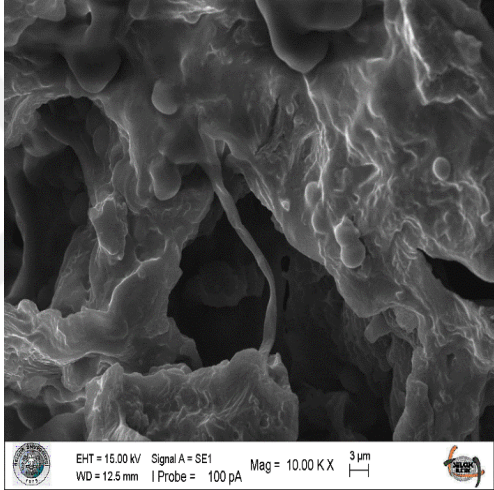
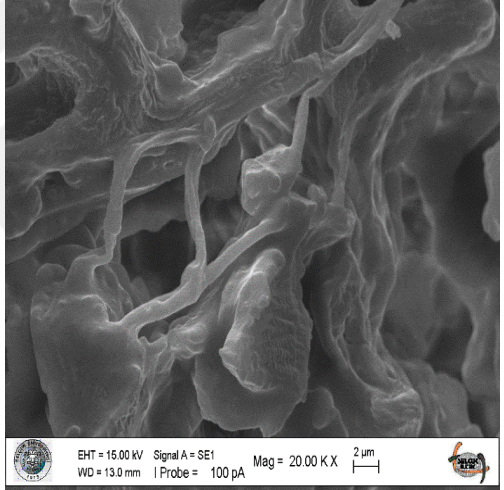
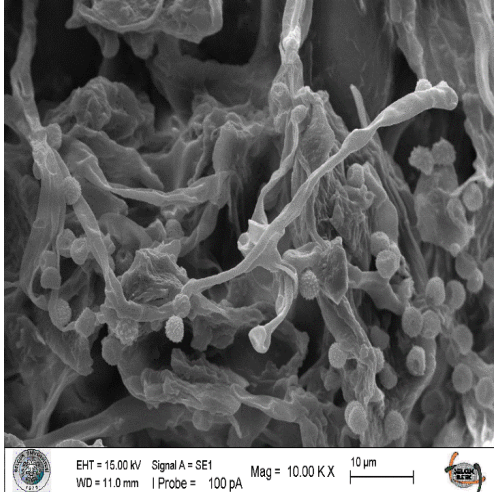
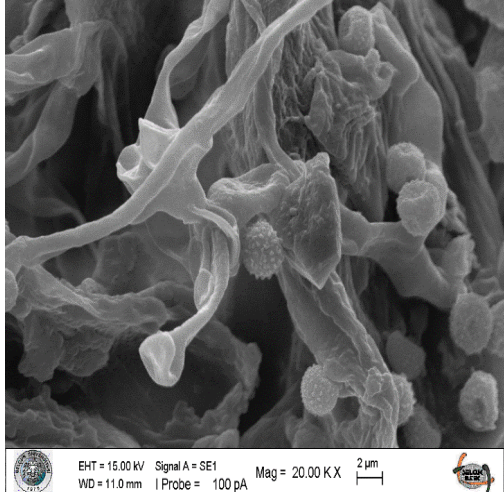
Kahve atığının yüzey morfolojisi ve elementel bileşimlerini araştırmak için SEM/EDS analizi kullanılmıştır. Kahve atıklarının SEM görüntüsü Zeiss marka EVO LS10 model taramalı elektron mikroskobu kullanılarak farklı (1000, 5000, 10000 ve 20000 kat) büyütmelerde ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atıklarının görüntüleri alınmıştır. Çizelge 4.1’de ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atıklarının 1000 ve 5000 kat büyütmedeki SEM görüntüleri verilmiştir. Çizelge 4.2’de ise ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atıklarının 10000 ve 20000 kat büyütmedeki SEM görüntüleri verilmiştir.

Ön işlemsiz ham kahve atığının yüzey yapısının pürüzlü ve gözenekli bir yapıda olduğu görülmektedir. İşlem görmüş kahve atıklarında ise bu pürüzlülük ve gözenek yapısının azaldığı görülmektedir. Burada ön işlem olarak gerçekleştirdiğimiz mikrodalga ve ultrases işleminde kahve atığının yapısındaki lignoselülozik ve hemiselülozik yapıların parçalandığı sonucuna varılmaktadır. Ham kahve atığındaki selülozik liflerin kalın ve uzun olduğu; mikrodalga ve ultrases işlem görmüş kahve atıklarında ise liflerin ham kahve atığına kıyasla incelendiği, kısaldığı ve liflerin birbirine daha da yaklaşarak boşlukların azaldığı gözlenmiştir. Ham kahve atığındaki selülozik liflerin sayısının ve gözenek yapısının kahve atığının ön işlem görmesiyle azaldığı gözlenmiştir. Ultrases ön işlemlili kahve atıklarının yapısındaki liflerin ise ham kahve atığına ve mikrodalga ön işlemlili kahve atığına göre daha ince yapılı olduğu gözlenmektedir. Buradan ultrases ön işleminin organik maddeleri parçalayarak selülozik yapılı liflerin morfolojisini değiştirdiği söylenebilir.

Çizelge 4.1. Ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atıklarının görüntüleri (X 1000 ve X 5000)

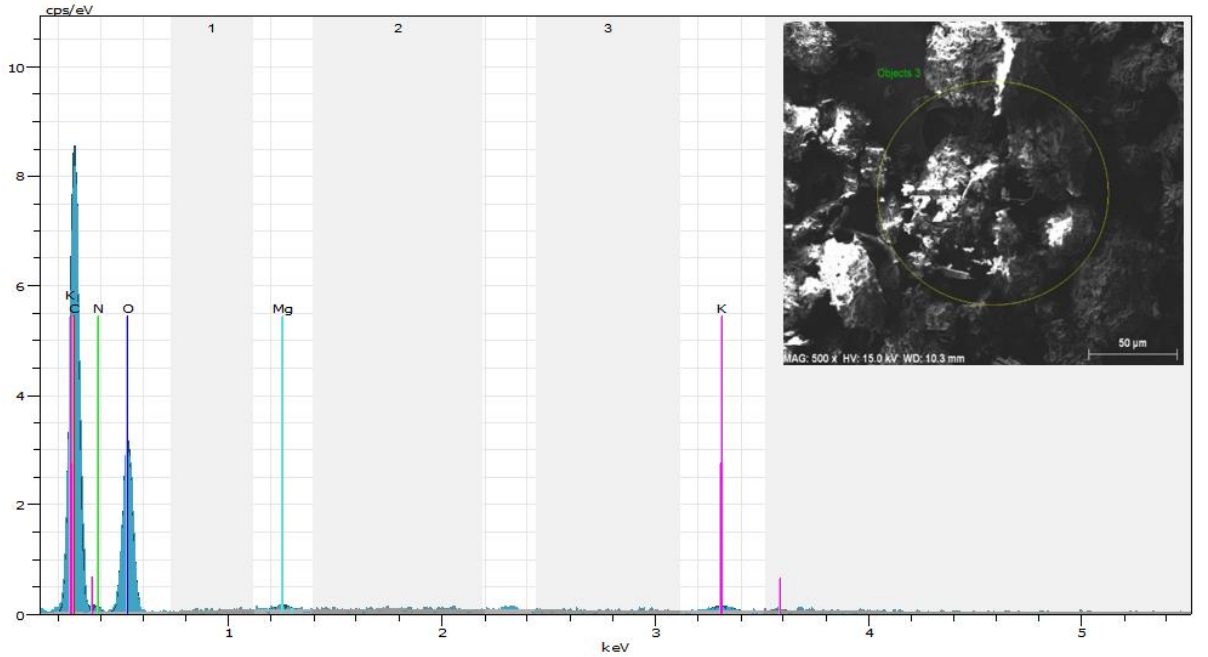
Atık Türü	X 1000	X 5000
Ham Kahve Atığı (KA)		
Mikrodalga Ön İşlemlili Kahve Atığı (MKA)		
Ultrases Ön İşlemlili Kahve Atığı (UKA)		

Çizelge 4.2. Ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atıklarının görüntüleri (X 10000 ve X 20000)

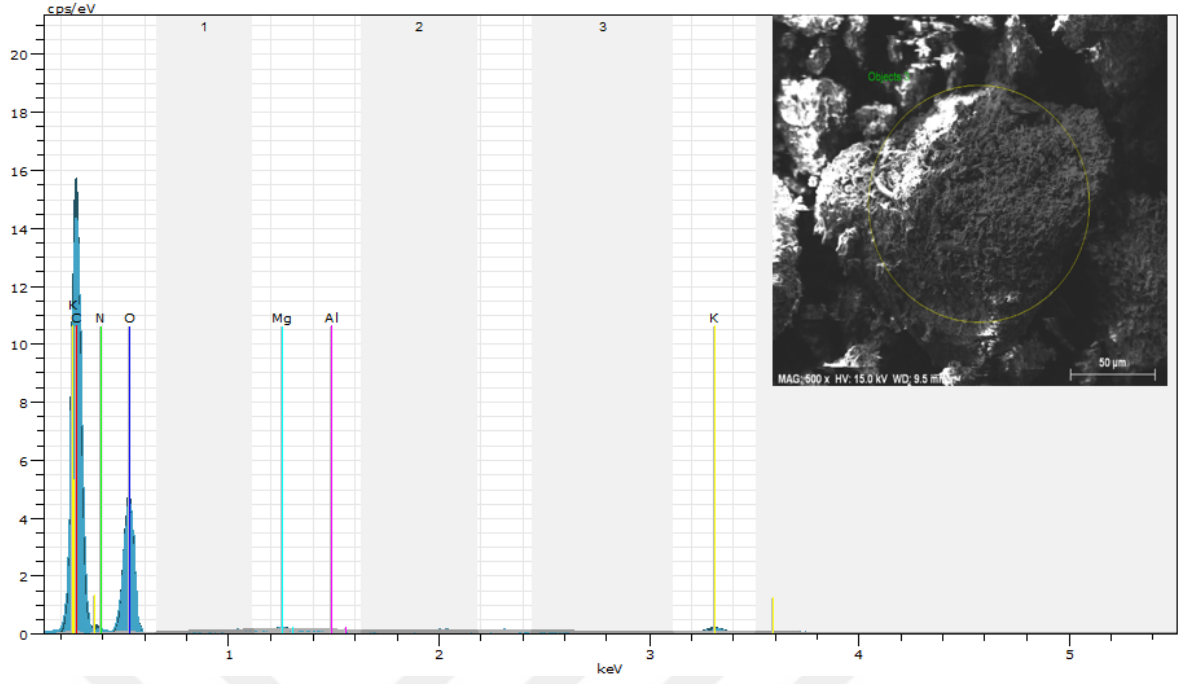
Atık Türü	X 10000	X 20000
Ham Kahve Atığı (KA)		
Mikrodalga Ön İşlemlili Kahve Atığı (MKA)		
Ultrases Ön İşlemlili Kahve Atığı (UKA)		

Ön işlemsiz ham kahve atığının ve mikrodalga ve ultrases ön işlemlili kahve atıklarının elementel bileşimlerini tespit etmek için EDS analizi gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.1’de ham kahve atığı Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’te sırasıyla mikrodalga ve ultrases ön işlemlili kahve atıkları için EDS sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlardan elde edilen elementel bileşimler ise Çizelge 4.3’te verilmiştir.

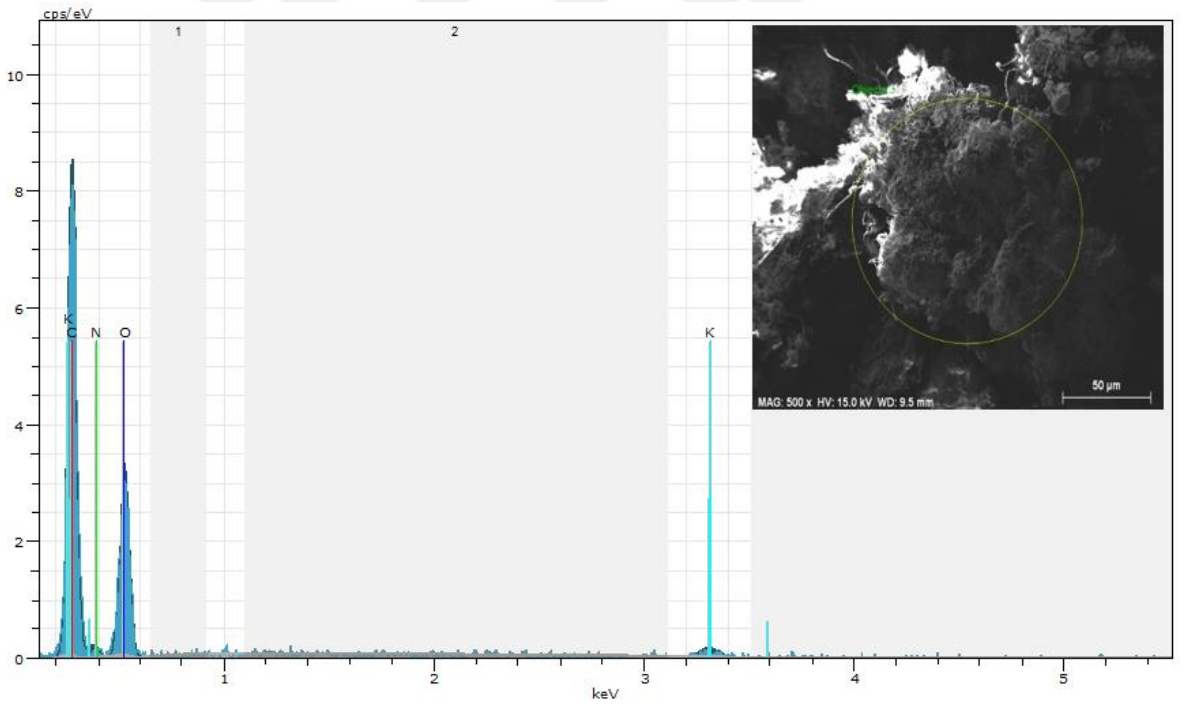
Çizelge 4.3’e göre ön işlem görmüş kahve atıklarında karbon ve oksijen oranının ham kahve atığına göre arttığı görülmektedir. Ham kahve atığında C, O ve N içeriği sırasıyla %38.44, %57.15 ve %3.14 olarak belirlenirken mikrodalga ön işlemlili kahve atığında C, O ve N içeriği sırasıyla %40.15, %54.43 ve %4.39 olarak belirlenmiştir. Ultrases ön işlemlili kahve atığında ise %34.70, %57.30 ve %6.37 olarak belirlenmiştir. Ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atıklarındaki karbon ve oksijenin varlığı selüloz ($C_6H_{10}O_5$) varlığını göstermektedir. Ön işleme tabi tutulan kahve atıklarındaki karbon oranının artması kahve atığındaki selülozik yapıların ön işlemler sırasında parçalandığını göstermekte ve SEM görüntüleri ile de bu durum desteklenmektedir (Çizelge 4.2-Çizelge 4.3). Ayrıca ham kahve atığına göre mikrodalga ve ultrases ön işlemlili atıkların N içerikleri daha yüksektir. Bu durumun kahve atığının bünyesindeki protein ve kafeinin parçalanmasından kaynaklı olduğu söylenilebilir.



Şekil 4.1. Ham kahve atığının EDS sonuçları



Şekil 4.2. Mikrodalga ön işlemlı kahve atığının EDS sonuçları



Şekil 4.3. Ultrases ön işlemlı kahve atığının EDS sonuçları

Çizelge 4.3. Ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atıklarının EDS sonuçları

Element	Ağırlık, %		
	Ön İşlemsiz Ham K.A.	Mikrodalga Ön İşlemlili K.A.	Ultrases Ön İşlemlili K.A.
C	38.44	40.15	34.70
N	3.44	4.39	6.37
O	57.15	54.43	57.30
Mg	0.39	0.21	-
Al	-	0.12	-
K	0.58	0.70	1.64

4.1.2. Ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atıklarının FTIR bulguları

Ham kahve atığının, mikrodalga ön işlemlili kahve atığının ve ultrases ön işlemlili kahve atığının FTIR spektrumları incelendiğinde ham kahve atığında 3310 cm^{-1} dalga boyunda sekonder amin N-H orta gerilme pikleri görülürken (Şekil 4.4); mikrodalga ve ultrases ön işlemlili kahve atıklarında $3300\text{-}2500\text{ cm}^{-1}$ dalga boylarında karbositik asit O-H şiddetli gerilme pikleri görülmektedir (Şekil 4.5-Şekil 4.6). $3000\text{-}3600\text{ cm}^{-1}$ ve $600\text{-}1500\text{ cm}^{-1}$ aralığındaki pikler O-H germe bölgesinin absorpsiyonunu göstermektedir. Ham kahve atığının ön işleme tabi tutulmasıyla hem mikrodalga ön işlemlili kahve atığında hem de ultrases ön işlemlili kahve atığında O-H varlığı daha yüksek yoğunluk göstermiştir. Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da görülmektedir. Ham kahve atığına kıyasla mikrodalga ve ultrases ön işlemlili kahve atıklarından elde edilen spektrumlarda daha düşük absorbans değerleri görülmektedir. N-H gerilmeleri $3300\text{-}3500\text{ cm}^{-1}$ dalga boyları arasında orta derecede soğurma pikleri olup sekonder amin bir alifatik-aromatik amindir. Karbositik asitlerde O-H gerilme titreşimleri dimer haldeki yapıları nedeniyle (Hidrojen bağları) çok geniştir ve $2500\text{-}3300\text{ cm}^{-1}$ bölgesinde, C-H gerilme bölgelerinde içermektedir (Gür, 2011).

Ham kahve atığında ve mikrodalga ön işlemlili kahve atığında $2000\text{-}1650\text{ cm}^{-1}$ dalga boyu arasında aromatik bileşik C-H zayıf eğilme pikleri görülmektedir. 2850 cm^{-1} ve 2920 cm^{-1} 'lik pikler alifatik zincirlerde C-H bağlarının asimetrik ve simetrik gerilmesine atfedilen metil ve metilen grubunun varlığını temsil etmektedir (Şekil 4.4-Şekil 4.5). Ham kahve atığında, mikrodalga ön işlemlili kahve atığında ve ultrases ön işlemlili kahve atığında görülen 2850 cm^{-1} ve 2920 cm^{-1} 'deki pikler kafeinli içecekler için beklenen pik sonuçlarıdır. Bu pikler kafein molekülündeki metil (C-H₃) grubunun

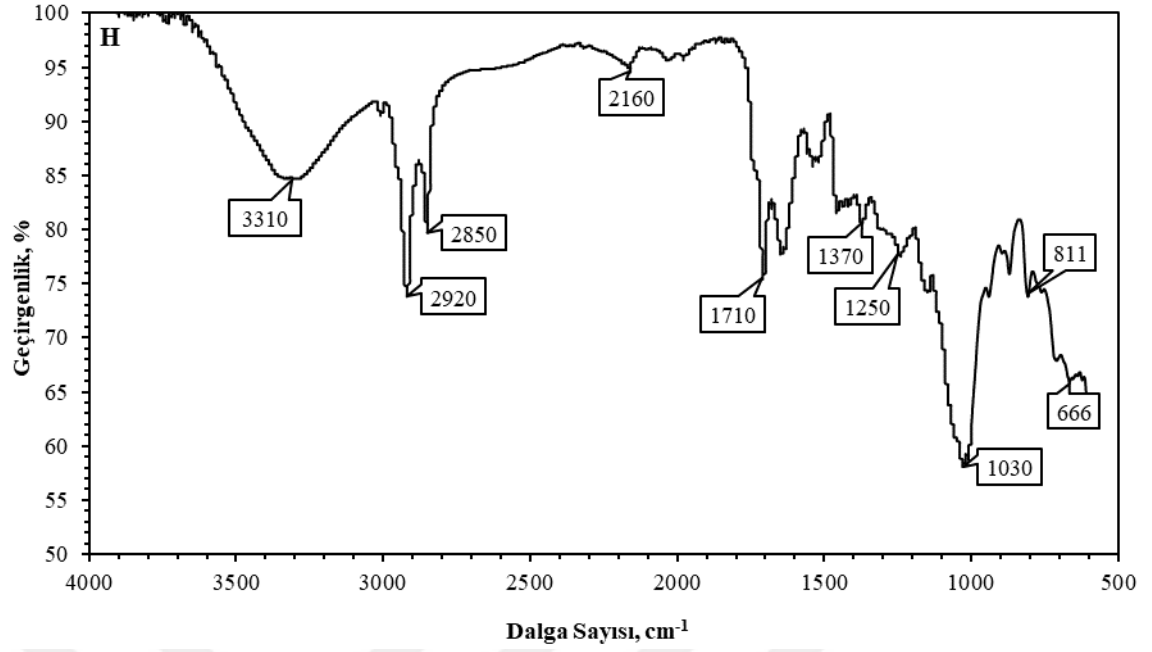
C-H bağlarının gerilmesine bağlanmıştır (Paradkar ve Irudayaraj, 2002). Kafeinin ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atıklarındaki varlığını bildirmiştir.

1600 ile 1700 cm^{-1} arasında değişen dalga sayıları, kahve atıklarındaki klorojenik asitler ve kafein konsantrasyonu ile yüksek oranda ilişkilidir (Ribeiro ve ark., 2010). Ham kahve atığında ve mikrodalga ön işlemlili kahve atığında 1710 cm^{-1} 'de keskin pik görülmektedir. Bu dalga boyundaki pikler esterlerdeki karbonil (CO) titreşimine atfedilmektedir (Şekil 4.4-Şekil 4.5). Literatür geneline bakıldığında bu bandın zayıf olması veya ultrases ön işlemlili kahve atığındaki gibi pik görülmemesi; lipid konsantrasyonu ile ilişkilendirilebileceğinin güçlü bir göstergesidir (Reis ve ark., 2013). Bu pik aralığında ultrases ön işlemlili kahve atığı pik vermezken; ham kahve atığı mikrodalga ön işlemlili kahve atığına kıyasla daha yüksek absorpsiyon değeri göstermiştir.

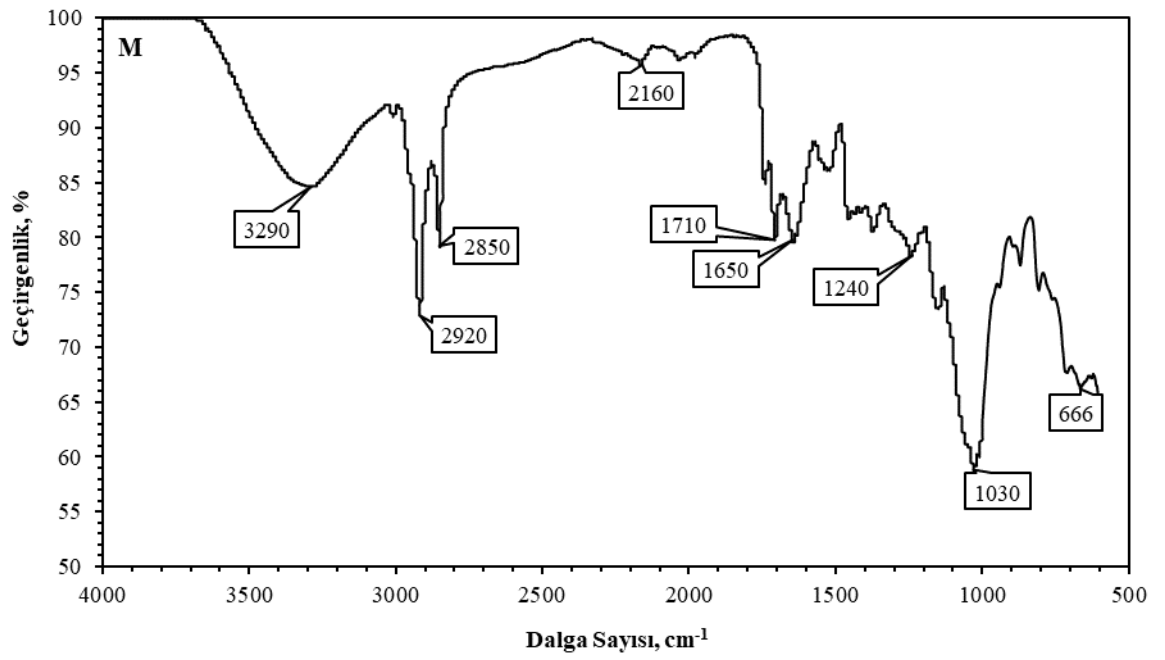
1600-1400 cm^{-1} aralığında ham kahve atığında 1450 cm^{-1} ve 1540 cm^{-1} pikler görülürken mikrodalga ön işlemlili kahve atığında 1455 cm^{-1} ve 1520 cm^{-1} pikler görülmektedir. Buradaki pikler bir piridin olan trigonellerdir ve bu aralıktaki bazı bantlar trigonellinin aromatik halkasındaki C=C ve C=N bağlarının eksenel deformasyonuna bağlanmaktadır (Szafran ve ark., 2002).

Ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atıklarında 1250-1020 cm^{-1} amin C-N orta gerilme pikleri görülmektedir. 1150-1085 cm^{-1} dalga boyları arasında ham kahve atığında ve ultrases ön işlemlili kahve atığında alifatik eter C-O şiddetli gerilme pikleri görülmektedir (Şekil 4.4-Şekil 4.6). Bu dalga boyundaki pikler alkollerden, eter içindeki C-O ve fenolik gruplardaki C-OH ve O-H geriliminden kaynaklanmaktadır (Arpacı, 2019). Ham kahve atığında, mikrodalga ön işlemlili kahve atığında ve ultrases ön işlemlili kahve atığında görülen 1030 cm^{-1} pik selüloz varlığına atfedilmiştir. 1000-650 cm^{-1} dalga boylarında ön işlemlili ve ön işlemsiz kahve atıklarında alken C=C şiddetli eğilme pikleri görülmüştür.

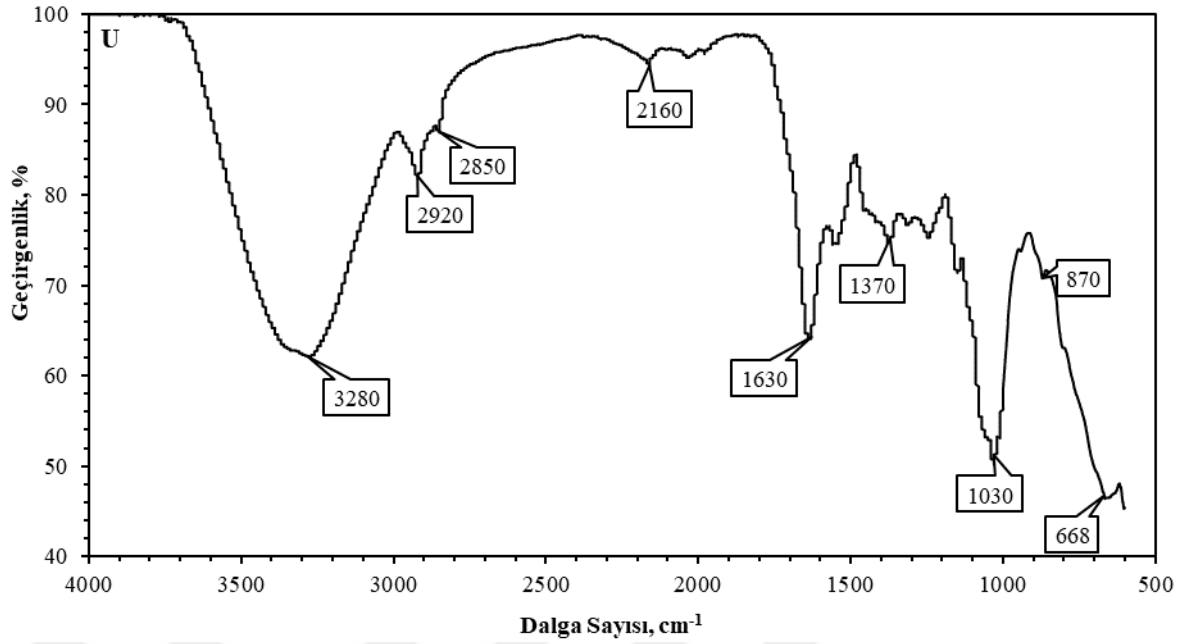
FTIR analizi sonucunda ham kahve atığının ve ön işlemlili kahve atıklarının aromatik yapısı tespit edilmiştir. Selüloza atfedilen dalga boyları arasında ön işlemlili ve ön işlemsiz kahve atıklarında pikler gözlenmiştir.



Şekil 4.4. Ham kahve atığının FTIR spektrumu



Şekil 4.5. Mikrodalga ön işlemlı kahve atığının FTIR spektrumu

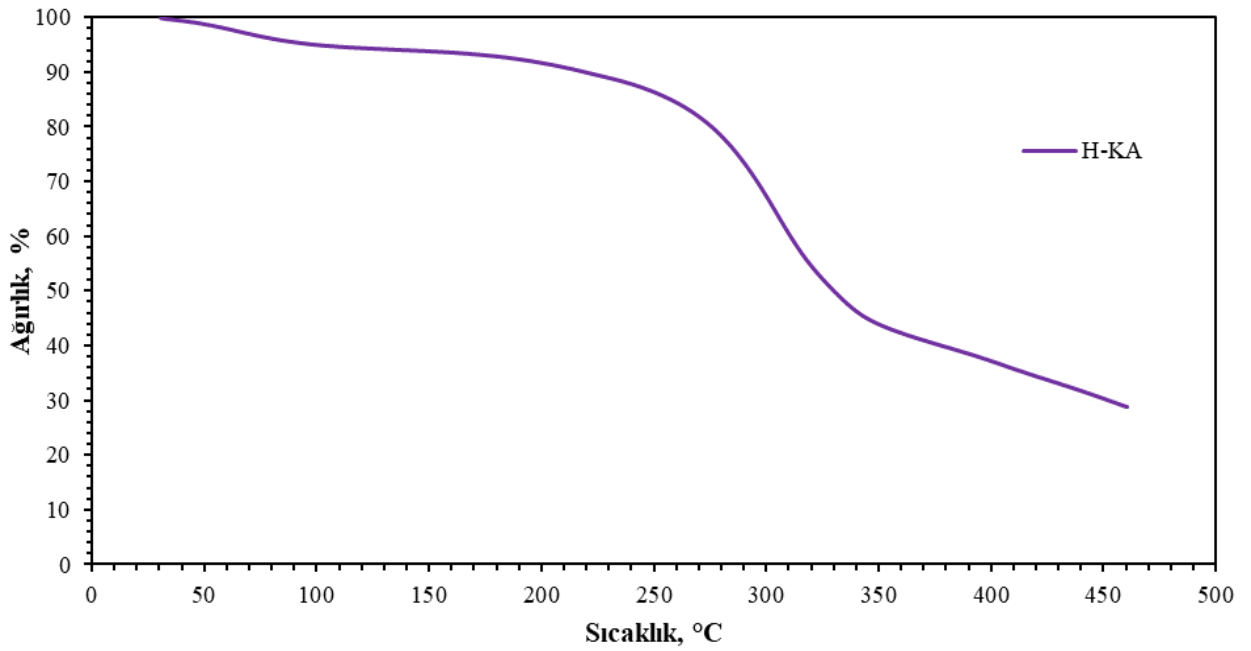


Şekil 4.6. Ultrases ön işlemlenmiş kahve atığının FTIR spektrumu

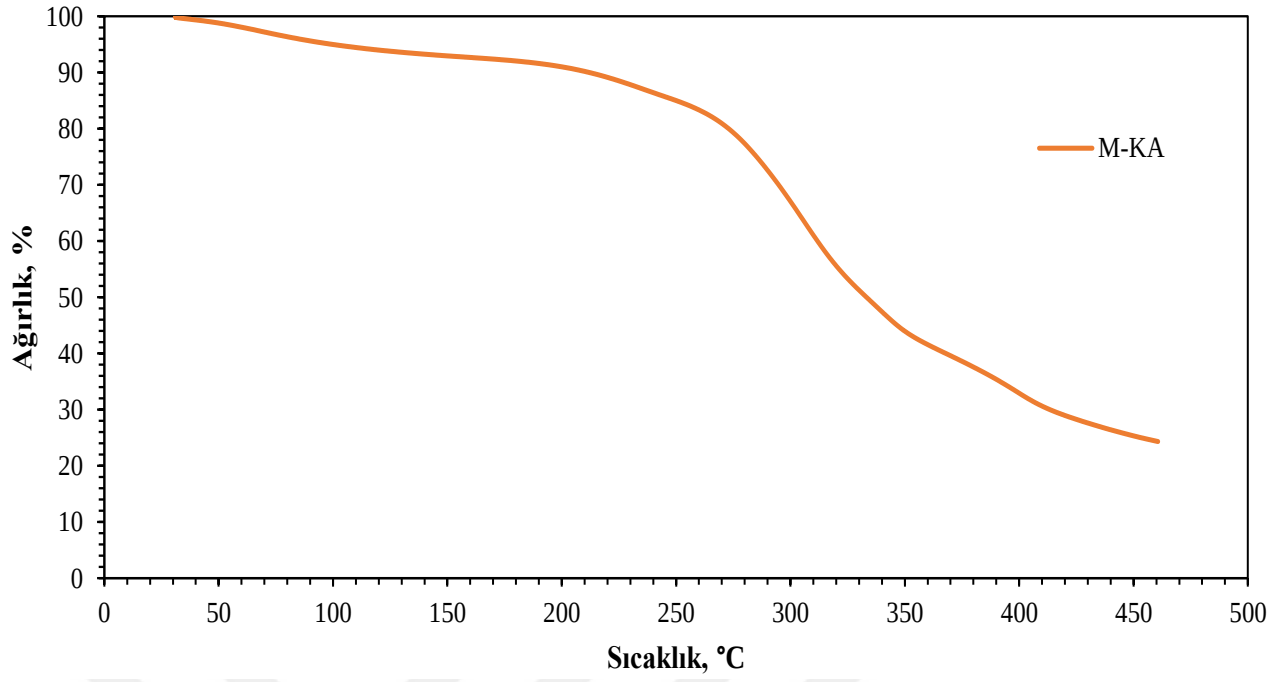
4.1.3. Ön işlemsiz ve ön işlemlenmiş kahve atıklarının TGA bulguları

Termogravimetrik analiz kahve atıklarının artan sıcaklığa bağlı meydana gelen ağırlık değişimlerini kantitatif olarak veren bir tekniktir. Bu analiz ile kahve atıklarının dehidrasyonu/bozunması sırasındaki ağırlık değişimleri sıcaklığa bağlı olarak gözlemlenmiştir. Ağırlık değişimleri yüksek sıcaklıklarda kimyasal veya fiziksel bağların kopması sonucu meydana gelmektedir. Ham kahve atığı, mikrodalga ve ultrases ön işlemlenmiş kahve atıkları 500°C'ye kadar 10°C/dakika ısıtma hızında artırılarak kütle yüzdesinin sıcaklığa karşı çizilen termogramları oluşturulmuştur. Şekil 4.7'ye göre ham kahve atığının başlangıç termal bozunma sıcaklığı 228°C'de gerçekleşmiştir. Şekil 4.8'de mikrodalga ön işlemlenmiş kahve atığının başlangıç termal bozunma sıcaklığı 257°C'dir. Şekil 4.9'da ön işlemlenmiş ultrases kahve atığının başlangıç termal bozunma sıcaklığı 262.78°C'de gerçekleşmiştir. Ham kahve atığının mikrodalga ve ultrases ön işleme tabi tutulması ile atığın bünyesindeki selülozik yapılar parçalanarak aromatik alken grupları oluşmuş ve yapı inert hale gelmiştir. Bu durum da mikrodalga ve ultrases ön işlem görmüş kahve atıklarının termal dayanımını arttırmıştır (Çizelge 4.4). FTIR sonuçları da bu durumu desteklemektedir (Şekil 4.5-Şekil 4.6). HKA, MKA ve UKA'da ağırlıkça < %3 kütle kaybı ve $T < 100^{\circ}\text{C}$ 'de endotermik etki sergileyen olmamıştır; bu durum literatür çalışmalarındaki raporlara göre nemin uzaklaştırılmasına atfedilmektedir.

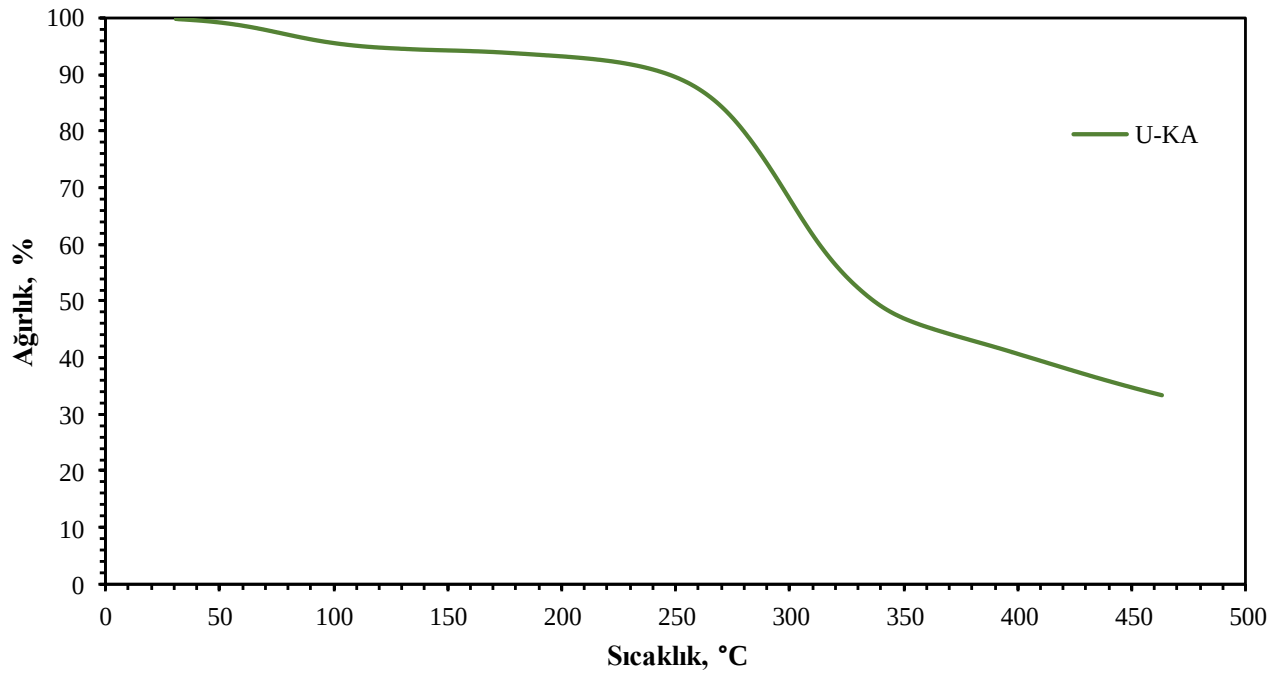
(Brachi ve ark., 2021). Mikrodalga ön işlemlili kahve atığının ikincil termal bozunma sıcaklığı 359°C’de gerçekleşmiştir. Ham kahve atığında ve ultrases ön işlemlili kahve atığında ikincil termal bozunma gözlenmemiştir. Ham kahve atığında ve ultrases ön işlemlili kahve atığında tek aşamalı bozunma gözlemlenirken; mikrodalga ön işlemlili kahve atığında çok aşamalı bozunma gözlenmiştir. Mikrodalga ön işlemlili kahve atığında tepkime adımları kolaylıkla anlaşılabilmektedir. Esas değişim ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atıklarında, organik bileşiklerin bozunmasına karşılık gelen 180-500°C arasındaki sıcaklıklarda meydana gelmiştir. Hemiselüloz ve selülozun bozunma sıcaklığı 220-370°C arasında, yağların bozunma sıcaklığı 370-700°C arasında ve ligninin bozunma sıcaklığı 150-620°C arasındaki sıcaklıklarda gerçekleşmektedir (Ly ve ark., 2022). Buna göre ön işlemsiz kahve atıklarındaki selüloz, hemiselüloz ve lignin bileşiklerinde sıcaklık artışı ile termal bozunmanın gerçekleştiği ancak mikrodalga ve ultrases ön işlem ile elde edilen kahve atığının termal dayanımının ham atığa göre arttığı gözlenmiştir (Şekil 4.10).



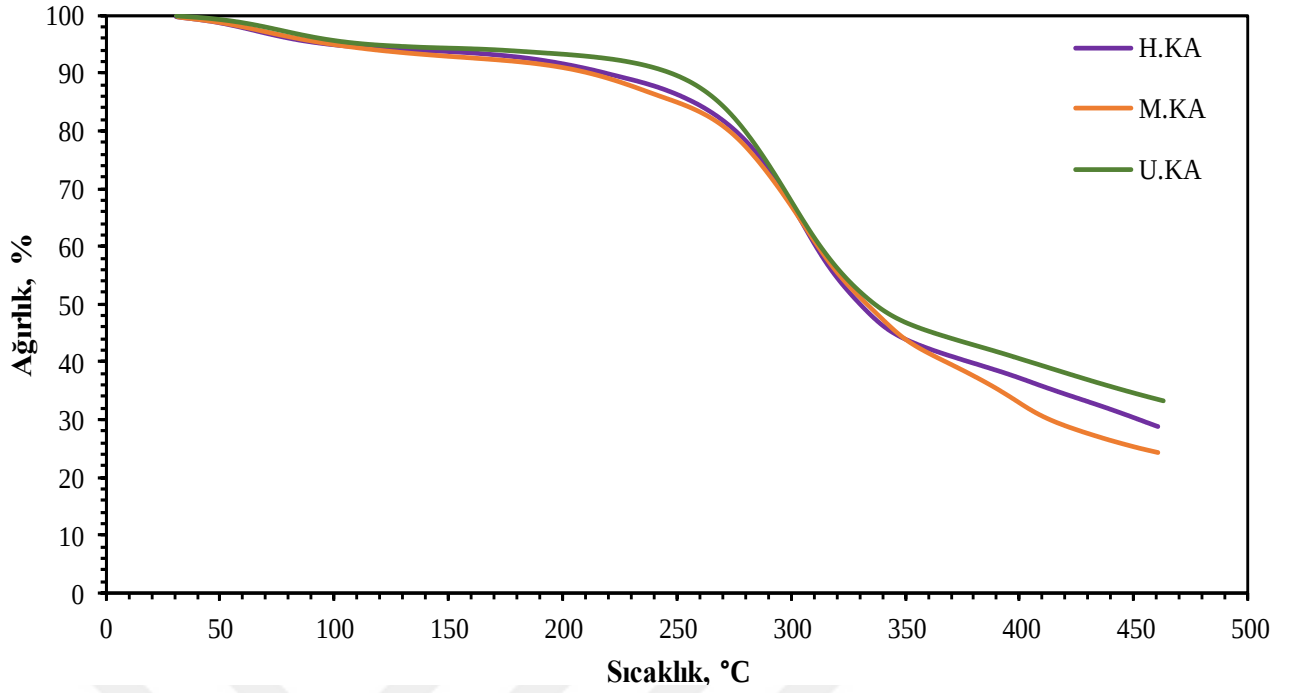
Şekil 4.7. Ön işlemsiz ham kahve atığının TGA grafiği



Şekil 4.8. Mikrodalga ön işlemlı kahve atığının TGA grafiğı



Şekil 4.9. Ultrases ön işlemlı kahve atığının TGA grafiğı



Şekil 4.10. Ön işlemsiz ve ön işlemlı kahve atıklarının toplu TGA grafikleri

Çizelge 4.4. Ham ve ön işlemlı kahve atığının termal dayanım değerleri

Numune	Termal Dayanım Değerleri					
	BBS*	İBS**	T ₅	T ₁₀	T ₅₀	500°C'de kalıntı (%)
KA	228.77	-	97.82	218.85	330.1	25.28
MKA	257.01	359.22	99.14	211.63	332.99	22.1
UKA	262.78	-	114.51	247.37	336.5	30.17

BBS: Başlangıç Bozunma Sıcaklığı,

İBS: İkincil Bozunma Sıcaklığı,

T₅: %5'de Gerçekleşen Bozunma Sıcaklığı; T₁₀: %10'da Gerçekleşen Bozunma Sıcaklığı; T₅₀: %50'de Gerçekleşen Bozunma Sıcaklığı.

4.2. Kahve Atığından Üretilen Yalıtım Malzemelerinin Karakterizasyonu

4.2.1. Isı iletkenlik bulguları

Ön işlemsiz ve ön işlemlı kahve atıklarından, farklı oranlarda (%10, %20 ve %30) üretilen yalıtım malzemesinin ısı iletkenlik değeri Lasercomp marka HFM Fox-314 ölçüm cihazı ile belirlenmiştir. Ölçüm cihazı ile ısı iletkenlik katsayısını, ısı akış

ölçer yöntemini kullanarak, bilgisayara kalibre edilmiş yazılım ile ısı iletkenlik hesabı ve kayıt işlemi gerçekleştirilmiştir.

Ön işlemsiz ve ön işlemlı kahve atıkları ile üretilen yalıtım malzemesinin ısı iletkenlik değeri Çizelge 4.5'te verilmiştir. Yalıtım sıvasının içerisine ön işlemsiz ham kahve atığının ilave edilmesiyle (%10, %20 ve %30) ısı iletkenlik değeri kahve atığı oranının artmasıyla yükselmiştir. Mikrodalga ön işlemlı kahve atıklarının yalıtım sıvasının içerisine %10, %20 ve %30 oranlarında ilave edilmesiyle ısı iletkenlik değerinin üç doz için de benzer sonuçlar gösterdiği; referans ve standart (TS EN 998-1) numuneye oldukça yakın ısı iletkenlik değeri verdikleri gözlenmiştir. Ultrases ön işlemlı kahve atığının yalıtım sıvasına %10, %20 ve %30 oranında ilave edilmesiyle ısı iletkenlik değeri %10 oranı için 0.074 W/mK, %20 oranı için 0.066 W/mK ve %30 oranı için 0.065 W/mK'dir. Bir malzemenin ısı iletkenlik değeri ne kadar küçük olursa ısıyı o kadar az iletmektedir ve ısı yalıtım malzemelerinde bu değerin olabildiğince sıfıra yakın olması tercih edilmektedir. Diğer bir ifadeyle ısı iletkenlik değeri küçüldükçe malzemenin ısı yalıtım performansında o kadar artmaktadır. Çalışmada tercih edilen katkısız (referans) ısı yalıtım sıvasının ısı iletkenlik değeri 0.07 W/mK'dır. Bu referans değer ile kıyaslandığında %20 ve %30 atık dozu için ultrases ön işlemlı kahve atığının yalıtım sıvasının ısı iletkenlik değerini azaltarak malzemenin ısı geçirgenlik açısından termal özelliğini geliştirdiği söylenebilir. Ön işlemsiz kahve atığına göre hem mikrodalga ön işlemlı hem de ultrases ön işlemlı atıklardan üretilen yalıtım malzemelerinde ısı iletkenlik performansı çok daha iyi olduğu söylenebilir. Ham kahve atığı üzerinde uygulanan mikrodalga ve ultrases ön işlemleri ile atığın yapısındaki selülozik yapıların (protein ve lipid bileşimli) parçalanarak uçucu bileşiklerin ortamdan uzaklaştığı FTIR analizleri ile doğrulanmıştı (Şekil 4.5- Şekil 4.6). Bu durumun sonucunda SEM analizlerine göre (Çizelge 4.1-Çizelge 4.2) ön işlemlı atıkların yapısındaki lif sıklığının artması ve boşlukların azalmasının ham kahve atığına göre yalıtım malzemesinin ısı iletkenlik performansını arttırmasının nedeni olarak söylenebilir. Kahve atığının ön işlemlı ile MKA ve UKA yalıtım malzemelerinde lifler arasındaki serbest hava kanallarının genişliği ve sayısı azalmıştır. Buna bağlı olarak birim hacim kütle değerinde (yoğunluk) düşüş gözlenmiştir (Çizelge 4.7). Lifler arasında oluşan hava tabakaları taşınım oluşacak ısı transferine karşı direnç oluşturmaktadır. Bunun sonucunda da ısı transferini en az indirmektedir.

Çizelge 4.5. Ön işlemsiz ve ön işlemlili yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik değerleri

Ağırlıkça (%)	Isı İletkenlik Değerleri (W/mK)		
	KA Yalıtım Malzemesi	MKA Yalıtım Malzemesi	UKA Yalıtım Malzemesi
10	0.081	0.075	0.074
20	0.084	0.077	0.066
30	0.091	0.074	0.065
Referans	0.07		
Standart	0.07		

4.2.2. Akustik/Ses yutum bulguları

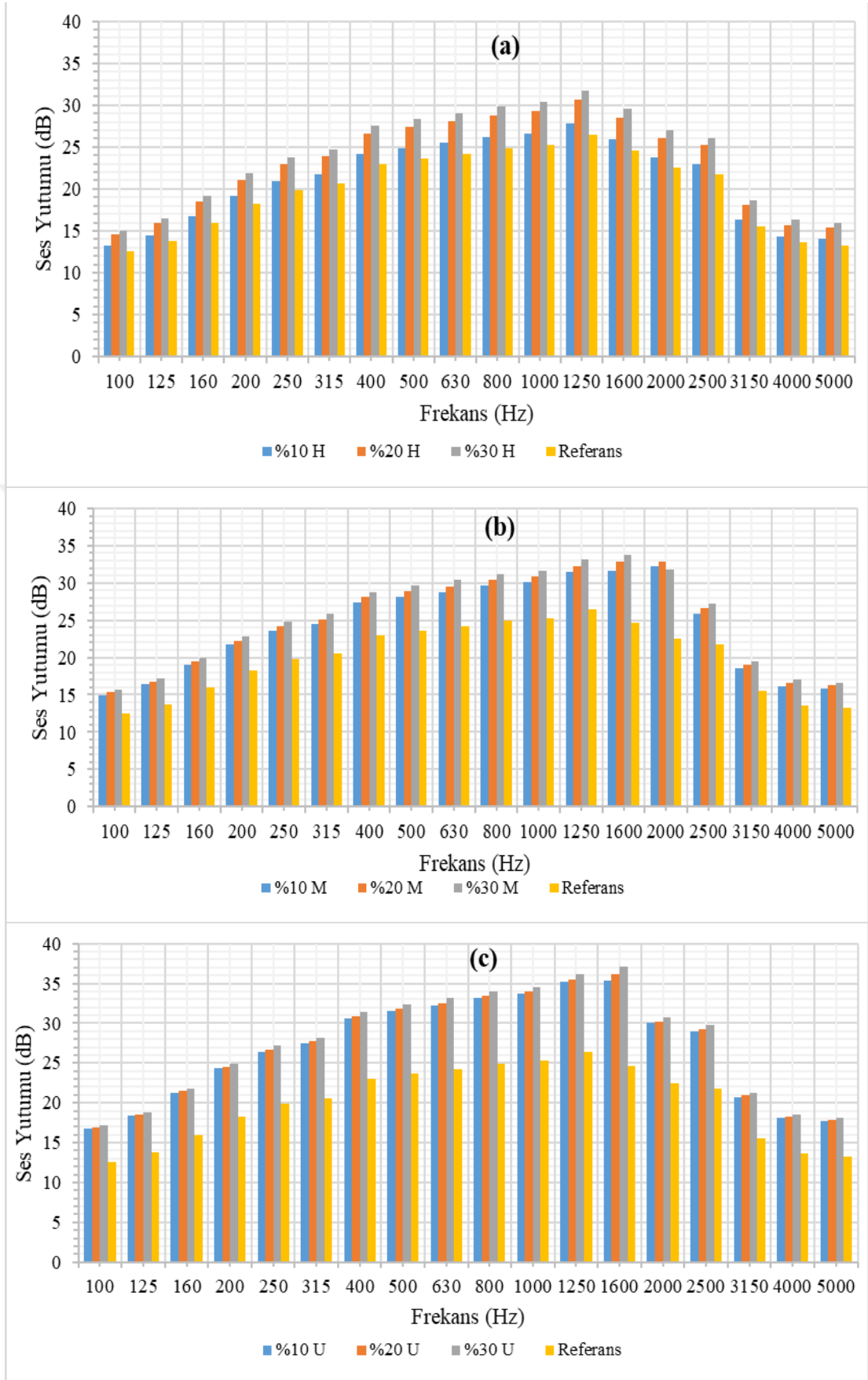
Akustik yutuculuk değeri (ses yutumu) empedans tüpü ile 100 Hz-5000 Hz ölçüm aralığında TS EN ISO 10534-2 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sonuçları uygun bilgisayar program yazılımı ile analiz edilerek veriler elde edilmiştir. Akustik yutuculuk değerinin belirli bir standart değeri yoktur. Çalışmada referans olarak ele aldığımız veriler kahve atığı olmadan yalıtım numunesinin ses yutum verileridir. Çizelge 4.6’da belirlenen frekans aralığında ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atığı katkılı yalıtım malzemelerinin ses yutum değerleri verilmiştir. %10 ham kahve atığı katkılı yalıtım malzemesinin 100 Hz frekansta ses yutma katsayısı 13.2 dB, ön işlemlili %10 mikrodalga kahve atığı katkılı yalıtım malzemesinin 14.9 dB, ön işlemlili %10 ultrases kahve atığı katkılı yalıtım malzemesinin 16.9 dB olarak ölçülmüştür. %10 ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atığı katkılı yalıtım malzemelerinin ses yutum değerleri referans ses yutum değerinden (12.5 dB) yüksek çıkmıştır. Frekansa göre ses yutma katsayısı değerlerinde; en yüksek ses yutma katsayısı değeri 1250 Hz’de %30 ön işlemsiz ham kahve atığı katkılı yalıtım malzemesinde 31.7 dB, %30 mikrodalga ön işlemlili kahve atığı katkılı yalıtım malzemesinde 33.1 dB ve %30 ön işlemlili ultrases kahve atığı katkılı yalıtım malzemesinde 36.1 dB olarak ölçülmüştür. Frekansın 100 Hz’den 1250 Hz’e yükselmesiyle ses yutum değerleri artmıştır. 1250 Hz’den sonra ses yutum değerlerinde tüm numuneler için düşüş gözlenmiştir.

Ön işlemsiz ham kahve atığı katkılı yalıtım malzemelerine, ön işleme (mikrodalga ve ultrases) tabii tutulup ilave edilmesiyle ses yutum değerlerinin 1250 Hz’ e kadar yükselmesine sebep olmuştur. Ses yutum için kullanılacak malzemenin lifli yapıda veya gözenekli yapıda olması lifler arasındaki hava moleküllerinin sesin az ya da

çok, bir bölümünün ısı enerjisine dönüşmesine yol açmaktadır. Ses yutum katsayısının büyüklüğü, titreşim hareketlerini olumlu etkileyeceğinden liflerin ince sık olmasına bağlanmaktadır (DeBenedetti ve ark., 2007). Genel olarak ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atıklarının yalıtım malzemelerine artan dozlarda ilave edilmesiyle ses yutum değerlerinin arttığı gözlenmiştir (Şekil 4.11). Yalıtım malzemesi içerisinde büyük ölçüde protein yapılı olan selülozik yapılı kahve atığının miktarının artması ses yutum katsayısını arttırmıştır. Bu atık grupları içerisinde mikrodalga ve ultrases ön işlemlili kahve atığından üretilen yalıtım malzemeleri ise ham atıktan üretilen malzemeye göre daha yüksek ses yutum değerleri göstermiştir. Bu duruma selülozik yapıdaki boşlukların ön işlemliler ile azalmasının neden olduğu söylenebilir (Çizelge 4.1–Çizelge 4.2). Ultrases ön işlemlili atıkların değerlendirildiği yalıtım malzemelerinde ise mikrodalga ön işleme göre daha iyi ses yutum değerleri elde edilerek ses izolasyonu açısından daha iyi performans göstermiştir. Kahve katkılı yalıtım malzemelerinin ses emiliminde malzeme yoğunluğu, selüloz liflerinin varlığı ve yüzey yapılarının sonucunda yüksek ses yutum sonuçları vermiştir.

Çizelge 4.6. Ön işlemsiz ve ön işlemlı kahve atığı katkılı yalıtım malzemelerinin ses yutumu verileri

Oktav Bant (Hz)	Ses Yutumu (dB)									
	KA Yalıtım Malzemesi			MKA Yalıtım Malzemesi			UKA Yalıtım Malzemesi			Referans
	%10	%20	%30	%10	%20	%30	%10	%20	%30	
100	13.2	14.5	15.0	14.9	15.3	15.7	16.7	16.9	17.2	12.5
125	14.5	16.0	16.5	16.4	16.8	17.3	18.4	18.5	18.8	13.8
160	16.8	18.5	19.2	19.0	19.5	20.0	21.3	21.5	21.8	16.0
200	19.2	21.1	21.9	21.7	22.3	22.8	24.3	24.5	25.0	18.2
250	20.9	23.0	23.8	23.6	24.2	24.9	26.5	26.7	27.2	19.9
315	21.7	23.9	24.7	24.5	25.2	25.8	27.5	27.7	28.2	20.6
400	24.2	26.6	27.6	27.3	28.1	28.8	30.6	30.9	31.4	23.0
500	24.9	27.4	28.4	28.1	28.9	29.6	31.5	31.8	32.4	23.7
630	25.5	28.1	29.1	28.8	29.6	30.3	32.3	32.6	33.1	24.2
800	26.2	28.8	29.9	29.6	30.4	31.2	33.2	33.5	34.0	24.9
1000	26.6	29.3	30.3	30.1	30.9	31.7	33.7	34.0	34.6	25.3
1250	27.8	30.6	31.7	31.4	32.2	33.1	35.2	35.5	36.1	26.4
1600	25.9	28.5	29.5	31.6	32.8	33.7	35.4	36.2	37.1	24.6
2000	23.7	26.1	27.0	32.2	32.9	31.8	30.0	30.3	30.8	22.5
2500	22.9	25.2	26.1	25.9	26.6	27.3	29.0	29.2	29.8	21.8
3150	16.4	18.0	18.7	18.5	19.0	19.5	20.8	20.9	21.3	15.6
4000	14.3	15.7	16.3	16.2	16.6	17.0	18.1	18.3	18.6	13.6
5000	14	15.4	16.0	15.8	16.2	16.7	17.7	17.9	18.2	13.3



Şekil 4.11. Ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atığı katkılı yalıtım malzemelerinin ses yutum grafiği
a) KA, b) MKA, c) UKA

4.2.3. Birim hacim kütle bulguları

Yapılan ölçümler neticesinde farklı oranlarda (%10, %20 ve %30) ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atıkları ile üretimi gerçekleştirilen yalıtım malzemelerinin birim hacim kütle değerleri Çizelge 4.7’de verilmiştir. Bir malzemenin birim hacim değeri, malzemenin boşluk miktarının yani gözeneklerinin artmasıyla azalmaktadır. Ön işlemsiz %10 oranında kahve atığı katkılı yalıtım malzemesinin birim hacim kütle değeri 397 kg/m^3 ; ön işlemlili %10 oranında kahve atığı katkılı yalıtım malzemelerinin birim hacim kütle değeri 388 kg/m^3 olarak belirlenmiştir. En yüksek birim hacim kütle değerini %30 oranında KA yalıtım malzemesi 419 kg/m^3 olarak verirken; %30 oranında MKA ve UKA yalıtım malzemeleri 405 kg/m^3 olarak vermiştir. Her bir grup için kahve atığı dozlarının artmasıyla birim hacim kütle değerinde artış gözlemlenirken, ham kahve atığı katkılı yalıtım malzemesine kıyasla ön işlemlili yalıtım malzemelerinin birim hacim kütle değerleri daha düşüktür. MKA ve UKA yalıtım malzemeleri referans değere daha yakın sonuç vermiştir. Isı yalıtım malzemelerinde düşük birim hacim kütle aranan bir özelliktir. Düşük birim hacim değeri yüksek boşluk hacmiyle düşük ısı iletkenlik ile ilişkilendirilmektedir. Isı yalıtım malzemelerinde genellikle tercih edilen birim hacim kütle değeri $20\text{-}100 \text{ kg/m}^3$ arasında olup daha düşük yoğunluklarda ısı yalıtım yoluyla ısı iletimi artarken, daha yüksek birim hacim kütle değerinde taşınım yoluyla ısı iletimi artmaktadır. Kullanım alanlarına göre birim hacim kütle değerleri değişmektedir (Anonim, 2019). MKA ve UKA yalıtım malzemelerinin KA yalıtım malzemesine kıyasla daha düşük birim hacim kütle değeri vermesini ön işlem ile kahve atığının yoğunluğundaki ve yapısındaki değişim olduğu düşünülmektedir. FTIR analizlerine göre kahve atıklarına uygulanan mikrodalga ve ultrases ön işlemlerinin kahve atığının yapısındaki kompleks fonksiyonel organik grupları basit karbonlu bileşiklere dönüştürmesi ve atık yapısındaki uçucu aromatiklerin kaybolması (Şekil 4.4- Şekil 4.6) ile ön işlemlili yalıtım malzemelerinin birim hacim kütle değerlerinin ham kahve atığı katkılı malzemeye göre azaldığı söylenebilir. Birim hacim kütle değerinin MKA ve UKA yalıtım malzemelerinde azalması ısı iletkenlik değerinde (Çizelge 4.5) azalmasına neden olmuştur.

Çizelge 4.7. Ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atığı katkılı yalıtım malzemelerinin birim hacim kütle değerleri

Ağırlıkça (%)	Birim Hacim Kütle Değeri (kg/m ³)		
	KA Yalıtım Malzemesi	MKA Yalıtım Malzemesi	UKA Yalıtım Malzemesi
10	397	388	388
20	412	397	397
30	419	405	405
Referans	317		
Standart	≥ 200		

4.2.4. Yangına dayanım bulguları

Yangına dayanım analizi Alman Standardı DIN 4102-2 yapı malzemelerinin ve elemanlarının yangın davranışı, yapı bileşenleri kavramları, gereksinimleri ve testlerine göre analiz edilip sınıflandırılmıştır. Ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atığı katkılı yalıtım malzemelerinin yangına dayanım sınıfı Çizelge 4.8'e göre belirlenmiştir. Ön işlemsiz kahve atığından elde edilen yalıtım malzemelerinde artan organik madde ile birlikte atık dozu arttıkça yangına dayanım süresi de azalmıştır. Kahve atıklı yalıtım malzemelerinde en iyi yangına dayanım süresi veren malzemeler; 94 dakika ile %10 KA yalıtım malzemesi, 95 dakika ile %20 ve %30 MKA yalıtım malzemesi ve 92 dakika ile %20 UKA yalıtım malzemesi olmuştur. Mikrodalga ve ultrases ön işlemlili atığın yapısındaki organik bileşim ise ham atığa göre daha az olduğundan bu grupta ise doz arttıkça yangına dayanım süresi artmıştır. TGA analizi sonuçlarına göre, ham atığa göre mikrodalga ve ultrases ön işlemlili atıkların termal dayanımlarının daha fazla olması da ön işlemlili kahve atığından üretilen yalıtım malzemelerinin yangına karşı daha dayanımlı olduğunu doğrulamaktadır (Çizelge 4.4). Yangına karşı en iyi dayanım süresini 95 dk ile %20 ve %30 dozda mikrodalga ön işlemlili kahve atığı katkılı yalıtım malzemesi vermiştir (Çizelge 4.9). Yapı malzemelerinde yapıların yangın güvenliği, test ve performans tespiti ve sınıflandırma prosedürlerine ağırlık verilmektedir. Alman standardı (DIN 4102-2) KA, MKA ve UKA yalıtım malzemelerine uygulanarak bu malzemelerin yangın karşısındaki davranışlarına ortaya koymuştur. Alman Standardı sonuçları, referans yalıtım malzemesinin F120 sınıfında yüksek yangına dayanıklı; ön işlemsiz atık içeren yalıtım malzemeleri “yüksek alev geciktirici (RE160-F60)” ve ön

işlemleri kahve atığı katkıyla yalıtım malzemelerinin tümü ise “**yangına dayanıklı (RE190-F90)**” yangın dayanım sınıfında yer almıştır.

Çizelge 4.8. Yangına dayanım sınıfları

Test Tipi	Yangın Dayanım Sınıfı		Yangına Karşı Dayanım Süresi (dk)
	EN 13501-2	DIN 4102-2	
Yangın Geciktirici	REI30	F30	30-59
Yüksek Alev Geciktirici	REI60	F60	60-89
Yangına Dayanıklı	REI90	F90	90-119
Yüksek Yangına Dayanıklı	REI120	F120	120-179
Yüksek Yangına Dayanıklı	REI180	F180	180 ve üzeri

Çizelge 4.9. Ön işlemsiz ve ön işlemleri kahve atığı katkıyla yalıtım malzemelerinin yangına karşı dayanım bulguları

Ön İşlem	Ağırlıkça (%)	Birim Hacim Kütle Değeri (kg/m ³)	Nem İçeriği (%)	Yangına Karşı Dayanım Süresi (dk)
KA Yalıtım Malzemesi	10	397	0.32	84
	20	412	0.32	81
	30	419	0.35	80
MKA Yalıtım Malzemesi	10	388	0.25	94
	20	397	0.27	95
	30	405	0.25	95
UKA Yalıtım Malzemesi	10	388	0.28	91
	20	397	0.26	92
	30	405	0.27	90
Referans	-	317	0.24	120

4.2.5. Basınç dayanım bulguları

Basınç dayanım testleri yüksek doğrulukta basınç kalibratörleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Basınç dayanım analiz değerleri Çizelge 4.10’da verilmiştir. Referans yalıtım malzemesine uygulanan max. yük 944 N olup ön işlemsiz ve ön işlemleri kahve atığı katkıyla yalıtım malzemelerine uygulanan max. yük değerleri kahve atık oranlarına bağlı olarak değişmektedir. Referans yalıtım malzemesine uygulanan max. yükte (944 N) basınç dayanım değeri 59.0 N/cm²’dir. Referans değere yakın sonuç veren kahve atığı katkıyla yalıtım malzemelerinin basınç dayanımları ön işlemsiz %20 oranında 52.2 N/cm², mikrodalga ön işlemleri %30 oranında 57.8 N/cm² ve ultrases ön

işlemleri %30 oranında 57.2 N/cm^2 'dir. Ön işlemleri kahve atığı katkılı yalıtım malzemelerinde kahve atık oranının artmasıyla uygulanan max. yük; kahve atığının ön işlemi ile uygulanan max. yüke kıyasla daha azdır. Ön işlemleri kahve atığı katkılı yalıtım malzemelerinin basınç dayanım değerleri standarda yakın sonuç vermiş olup, mikrodalga ön işlemleri kahve atıklarından elde edilen yalıtım malzemesinin basınç dayanımı artan atık dozlarına da bağlı olarak ham ve ultrases ön işlemleri atığa göre daha fazladır. Bu gruptaki kahve atıklarının mikrodalga ön işleme tabi tutulması ile atığın yapısındaki organik bileşikler parçalanarak atık daha sert ve parçalanması zor bileşiklere sahip (inert) bir yapıya dönüştüğünden mekanik dayanımı da daha iyi performans göstermiştir. Referans yalıtım malzemesi, ön işlemleri ve ön işlemleri kahve atığı katkılı yalıtım malzemeleri basınç dayanım sınıfı CS1 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.10. Ön işlemleri ve ön işlemleri kahve atığı katkılı yalıtım malzemelerinin basınç dayanımı değerleri

Ön İşlem	Ağırlıkça (%)	Başlık Boyutu (cm)	Uygulanan Max. Yük (N)	Basınç Dayanımı (N/cm^2)
KA Yalıtım Malzemesi	10	4	812	50.8
	20	4	835	52.2
	30	4	827	51.7
MKA Yalıtım Malzemesi	10	4	823	51.4
	20	4	885	55.3
	30	4	924	57.8
UKA Yalıtım Malzemesi	10	4	836	52.3
	20	4	875	54.7
	30	4	915	57.2
Referans	-	4	944	59.0

4.2.6. Bağ dayanımı bulguları

Bağ/çekip koparma analizleri Besmak marka BCO-11618 model test cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Cihazdaki el çarkının döndürülmesi ile doğrudan çekme kuvveti uygulanarak yüksek çözünürlüklü dijital ekran ünitesi ile uygulanan yük oranı takip edilerek bağ dayanım sonuçları elde edilmiştir (Çizelge 4.11).

Referans yalıtım malzemesine ön işlemleri ve ön işlemleri kahve atıklarının ilave edilmesiyle bağ dayanım değerleri artmıştır. Bağ dayanım ölçüm sonuçlarına göre ham

kahve atığının ön işlemi ile C, N ve O miktarının artışına bağlı olarak bağ dayanım değeri; %30 oranında KA yalıtım malzemesinde 0.351 MPa'a, MKA yalıtım malzemesinde 0.365 MPa'a, UKA yalıtım malzemesinde 0.354 MPa'a ulaştığı gözlenmiştir. Kahve atık oranı %30 olan yalıtım malzemelerinin bağ dayanım değerleri; %10 ve %20 kahve atığı katkılı yalıtım malzemelerine kıyasla daha iyi sonuç vermiştir. Kahve atık oranının artmasıyla bağ dayanımındaki bu artışı ön işlem ile uçucu bileşiklerin uzaklaşması (Şekil 4.5- Şekil 4.6) ve SEM görüntüleri ile ön işlemlili kahve atıkların lif sıklığının artması ve boşlukların azalması ve kahve atığının C, O ve H elementinin artışı ile iyi bir bağ oluşumuna katkı sağladığı söylenebilir. Referans bağ dayanım değerine (0.392 MPa) en yakın sonuçları veren; %30 oranındaki ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atığı katkılı yalıtım malzemeleri olmuştur (0.35 MPa). Kopma şekli referans yalıtım malzemesi, ön işlemlili ve ön işlemsiz kahve atığı katkılı yalıtım malzemeleri için FP:B ($\geq 0.1 \text{ N/mm}^2$) sınıfı olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.11. Ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atığı katkılı yalıtım malzemelerinin bağ dayanımı değerleri

Ağırlıkça (%)	Bağ Dayanımı, MPa		
	KA Yalıtım Malzemesi	MKA Yalıtım Malzemesi	UKA Yalıtım Malzemesi
10	0.345	0.352	0.342
20	0.339	0.361	0.35
30	0.351	0.365	0.354
Referans	0.392		

4.2.7. Kılcal kapiler su emme bulguları

Kapiler su emme değerleri referans yalıtım malzemesinde, ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atığı katkılı yalıtım malzemelerinde başlangıçtan itibaren ne kadar su emdiklerinin zamana bağlı (10 dk ve 90 dk) olarak $\text{kg/m}^2.\text{dk}$ olarak belirlenmiştir. Analiz verileri Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Analiz verilerine göre ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atığı katkılı yalıtım malzemelerinde en düşük kuru ağırlık %10 oranında mikrodalga ön işlemlili kahve atığı katkılı yalıtım malzemesinde 79.23 gr; en yüksek kuru ağırlık 85.45 gr ile ön işlemsiz %30 oranında ham kahve atığı katkılı yalıtım malzemesindedir. Başlangıç kuru ağırlık değerleri ön işlemlili kahve atığı katkılı yalıtım malzemelerinde daha düşüktür ancak kahve atık oranlarının artmasıyla bütün yalıtım malzemelerinde başlangıç kuru ağırlık

değeri artmıştır. Su emme katsayısı referans yalıtım malzemesinde $0.29 \text{ kg/m}^2.\text{dk}$ 'dır. Su emme katsayısı kahve atığının mikrodalga ve ultrases ön işlemi ile yalıtım malzemesine ilave edilmesiyle su emme katsayısında düşüş gözlemlenmiştir. Su emme katsayısı en düşük; ultrases ön işlemlili %10 kahve atığı katkılı yalıtım malzemesinde $0.252 \text{ kg/m}^2.\text{dk}$ iken su emme katsayısı en yüksek yalıtım malzemesi $0.489 \text{ kg/m}^2.\text{dk}$ ile ön işlemsiz %10 kahve atığı katkılı yalıtım malzemesinde gözlemlenmiştir. Ön işlemsiz kahve atıklarının artan dozda kullanılması yalıtım malzemesinin su emme katsayısını da azaltmıştır. Ultrases ön işlemlili atıklardan üretilen yalıtım malzemelerinde ise referans malzemeye en yakın su emme katsayısı değeri elde edilmiştir. SEM görüntülerine göre ultrases ön işlemlili atığın ön işlemsiz ve mikrodalga ön işlemlili atığa göre daha daha az boşluklu olması üretiminde değerlendirildikleri yalıtım malzemesini de su emmesi dolayısıyla neme karşı dayanım açısından daha avantajlı kılmıştır.

Çizelge 4.12. Ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atığı katkılı yalıtım malzemelerinin su emme katsayıları

Numune	Ağırlıkça (%)	Başlangıç Kuru Ağırlık (gr)	Emilen Su Miktarı (10 dk)	Emilen Su Miktarı (90 dk)	Su Emme Katsayısı ($\text{kg/m}^2.\text{dk}$)
KA Yalıtım Malzemesi	10	82.63	84.23	89.12	0.489
	20	84.15	88.12	92.63	0.451
	30	85.45	89.63	93.74	0.411
MKA Yalıtım Malzemesi	10	79.23	82.12	86.32	0.42
	20	79.51	83.63	87.88	0.425
	30	81.6	84.92	89.12	0.42
UKA Yalıtım Malzemesi	10	81.52	85.5	88.01	0.252
	20	82.41	87.33	90.12	0.279
	30	84.63	88.41	92.23	0.382
Referans	-	82	85.3	88.2	0.29

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu tez çalışmasında ciddi bir çevresel sorun olan ve özellikle selüloz içeriği çok yüksek olan kahve atıklarının yalıtım malzemelerine ilave edilmesiyle yalıtım malzemesinde kullanılan katkı maddelerini en aza indirerek çevreci yeni bir ürün elde etmek hedeflenmiştir. Uygulanan ön işlemler ile kahve atıklarındaki yapısal değişiklikler ve fizikokimyasal özellikleri ortaya konmuştur. Farklı dozlarda ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atığı katkılı yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik, akustik yutuculuk, birim hacim kütle, yangına dayanım, basınç dayanımı, bağ dayanımı ve kılcal kapiler su emme verileri değerlendirilmiştir (Şekil 5.1). Çalışmada elde edilen veriler doğrultusunda elde edilen önemli sonuçlar şu şekildedir;

- ✓ SEM/EDS analizi ile ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atıklarının görüntüleri; KA'nın yüzey yapısının pürüzlü ve gözenekli bir yapıda olduğunu gösterirken; ön işlemler sonrası MKA ve UKA'da pürüzlülük ve gözenek yapısının azaldığı gözlenmiştir.
- ✓ FTIR analizi sonucunda ham kahve atığının ve ön işlemlili kahve atıklarının aromatik yapısının detayları tespit edilmiştir. FTIR bulgularında KA ve MKA'da aromatik bileşik C-H zayıf eğilme pikleri görülmüştür. KA, MKA ve UKA'da görülen kafeinli içecekler için beklenen pik sonuçlarını vermiştir. KA'nın mikrodalga ve ultrases ön işlemlisi ile aromatik yapıdaki bağların bozunduğu tespit edilmiştir.
- ✓ Atıkların termal dayanımlarını tespit etmek üzere gerçekleştirilen TGA analizlerinde ön işlemsiz kahve atıklarındaki selüloz, hemiselüloz ve lignin yapılarından dolayı sıcaklık artışı ile termal bozunmanın gerçekleştiği ve uygulanan ön işlemlilerden sonra kahve atığının termal dayanımının ham atığa göre arttığı gözlenmiştir.

Ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atıklarının yalıtım malzemelerine ilave edilmesiyle yalıtım malzemelerinin karakterizasyonunda önemli sonuçlar elde edilmiştir;

- ✓ Yalıtım sıvasının içerisine KA'nın ilave edilmesiyle %10 oranında 0.081 W/mK, %20 oranında 0.084 W/mK ve %30 oranında 0.091 W/Mk olarak bulunmuştur. KA'da kahve atığı oranının artmasıyla ısı iletkenlik değeri yükselmiştir. MKA'nın yalıtım sıvasına ilave edilmesiyle %10 oranında 0.075 W/mK, %20 oranında 0.077 W/mK ve %30 oranında 0.074 W/Mk olarak bulunmuştur. MKA'da kahve atık oranının artmasıyla ısı iletkenlik değerinin üç doz içinde benzer sonuçlar gösterdiği ancak KA'dan daha iyi ve referans numuneye (0.07 W/mK) oldukça yakın ısı iletkenlik değeri vermiştir. UKA'nın ısı iletkenlik değerini azaltarak malzemenin ısı geçirgenlik açısından termal özelliğini geliştirdiği söylenebilir. Isı iletkenlik sonuçlarına göre ön işlemlili (MKA ve UKA) atıkların yapısındaki lif sıklığının artması ve boşlukların azalmasının ham kahve atığına (KA) göre yalıtım malzemesinin ısı iletkenlik performansını arttırdığı söylenebilir.
- ✓ Yalıtım sıvasının içerisine ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atıklarının ilave edilmesiyle üretilen yalıtım malzemelerinin akustik ses yutum değerleri bulguları; 100 Hz frekansta referans numunenin ses yutum katsayısı 12.5 dB, %10 KA yalıtım malzemesinin ses yutma katsayısı 13.2 dB, MKA yalıtım malzemesinde 14.9 dB ve UKA yalıtım malzemesinde 16.9 dB olarak ölçülmüştür. Ham kahve atığı katkılı yalıtım malzemelerinin 100-5000 frekansta ses yutum değerleri referans yalıtım malzemesinin ses yutum değerinden yüksek çıkmıştır. Frekansa göre ses yutma katsayısı değerlerinde; en yüksek ses yutma katsayısı değeri 1250 Hz'de %30 KA yalıtım malzemesinde 31.7 dB, %30 MKA yalıtım malzemesinde 33.1 dB ve %30 UKA yalıtım malzemesinde 36.1 dB olarak ölçülmüştür. Ön işlemsiz ham kahve atığının yalıtım malzemelerine, ön işleme (mikrodalga ve ultrases) tabii tutulup ilave edilmesiyle ses yutum değerlerinin 1250 Hz' e kadar yükselmesine sebep olmuştur. Genel olarak ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atıklarının yalıtım malzemelerine artan dozlarda ilave edilmesiyle ses yutum

değerlerinin arttığı gözlenmiştir. Kahve atığı grupları içerisinde mikrodalga ve ultrases ön işlemlili kahve atığından üretilen yalıtım malzemeleri ise ham atıktan üretilen malzemeye göre daha yüksek ses yutum değerleri göstermiştir. Bu duruma selülozik yapıdaki boşlukların ön işlemliler ile azalmasının neden olduğu söylenebilir. Ultrases ön işlemlili atıkların değerlendirildiği yalıtım malzemelerinde ise mikrodalga ön işleme göre daha iyi ses yutum değerleri elde edilerek ses izolasyonu açısından daha iyi performans göstermiştir.

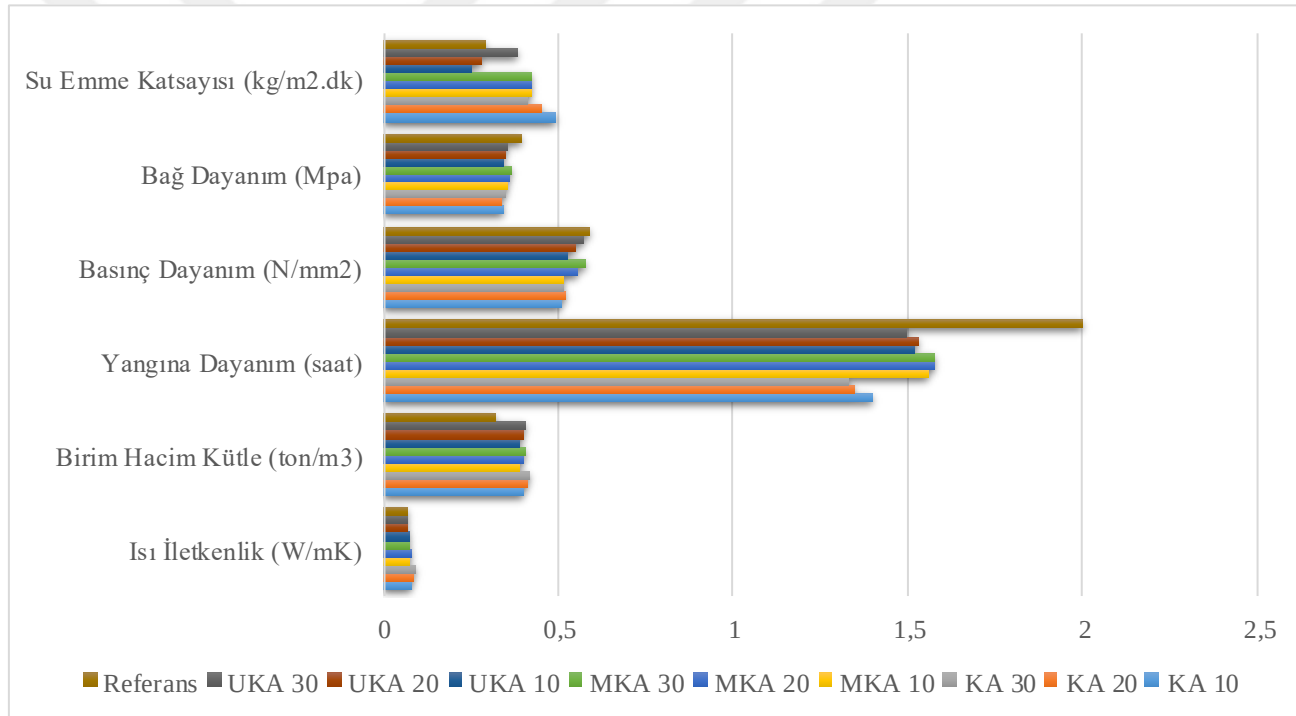
- ✓ Her bir grup için kahve atığı dozlarının artmasıyla birim hacim kütle değerinde artış gözlenmiştir. KA yalıtım malzemesine kıyasla MKA ve UKA yalıtım malzemelerinin birim hacim kütle değerleri daha düşük ve referans yalıtım malzemesine daha yakın sonuç vermiştir. Buradaki düşüş ön işlem ile kahve atığının yoğunluğundaki ve yapısındaki değişim olduğu düşünülmektedir. FTIR analizlerine göre kahve atıklarına uygulanan mikrodalga ve ultrases ön işlemlilerinin kahve atığının yapısındaki kompleks fonksiyonel organik grupları basit karbonlu bileşiklere dönüştürmesi ve atık yapısındaki uçucu aromatiklerin kaybolması ile ön işlemlili yalıtım malzemelerinin birim hacim kütle değerlerinin ham kahve atığı katkılı malzemeye göre azaldığı söylenebilir.
- ✓ KA'dan elde edilen yalıtım malzemelerinde artan organik madde ile birlikte atık dozu arttıkça yangına dayanım süresi de azalmıştır. Mikrodalga ve ultrases ön işlemlili atığın yapısındaki organik bileşim ise ham atığa göre daha az olduğundan bu grupta ise doz arttıkça yangına dayanım süresi artmıştır. TGA analizi sonuçlarına göre, ham atığa göre mikrodalga ve ultrases ön işlemlili atıkların termal dayanımlarının daha fazla olması da ön işlemlili kahve atığından üretilen yalıtım malzemelerinin yangına karşı daha dayanımlı olduğunu doğrulamıştır. Yangına karşı en iyi dayanım süresini 95 dk ile %20 ve %30 oranında MKA yalıtım malzemesi vermiştir. Ön işlemsiz atık içeren yalıtım malzemeleri **“yüksek alev geciktirici (RE160-F60)”** ve ön işlemlili kahve atığı katkılı yalıtım

malzemelerinin tümü ise “**yangına dayanıklı (RE190-F90)**” yangın dayanım sınıfında yer almıştır.

- ✓ MKA ve UKA yalıtım malzemelerinin basınç dayanım değerleri standarda yakın sonuç vermiş olup, MKA’dan elde edilen yalıtım malzemesinin basınç dayanımı artan atık dozlarına da bağlı olarak KA ve UKA yalıtım malzemelerine kıyasla daha fazladır. Bu gruptaki kahve atıklarının mikrodalga ön işleme tabi tutulması ile atığın yapısındaki organik bileşikler parçalanarak atık daha sert ve parçalanması zor bileşiklere sahip (inert) bir yapıya dönüştüğünden mekanik dayanımı da daha iyi performans göstermiştir.
- ✓ Kahve atık oranı %30 olan yalıtım malzemelerinin bağ dayanım değerleri; %10 ve %20 kahve atığı katkılı yalıtım malzemelerine kıyasla daha iyi sonuç vermiştir. Kahve atık oranının artmasıyla bağ dayanımındaki bu artışı ön işlem ile uçucu bileşiklerin uzaklaşması ve ön işlemlili kahve atıklarının lif sıklığının artması, boşlukların azalması ve kahve atığının C, O ve H elementinin artışı ile iyi bir bağ oluşumuna katkı sağladığı söylenebilir. Referans yalıtım malzemesine KA, MKA ve UKA’nın ilave edilmesiyle bağ dayanım değerleri artmıştır ve referans bağ dayanım değerine (0.392 MPa) en yakın sonucu 0.35 MPa ile %30 oranında KA, MKA ve UKA yalıtım malzemeleri olmuştur.
- ✓ Kahve atığı katkılı yalıtım malzemelerinin kapiler su emme bulgularına göre en düşük başlangıç kuru ağırlık %10 oranında 79.23 g ile MKA yalıtım malzemesinde; en yüksek başlangıç kuru ağırlığı ise %30 oranında 85.45 g KA yalıtım malzemesi vermiştir. Kahve atığının ön işlemi ile başlangıç kuru ağırlık değerlerinde düşüş gözlenmiştir. Su emme katsayısı MKA ve UKA’lı yalıtım malzemesinde su emme katsayısında düşüş gözlenmiştir. KA’nın artan dozda kullanılması yalıtım malzemesinin su emme katsayısını da azaltmıştır. UKA yalıtım malzemelerinde ise referans malzemeye en yakın su emme katsayısı değeri elde edilmiştir. SEM görüntülerine göre UKA’nın KA ve MKA’ya göre daha daha az boşluklu olması

üretiminde değerlendirildikleri yalıtım malzemesini de su emmesi dolayısıyla neme karşı dayanım açısından daha avantajlı kılmıştır.

- ✓ Çalışmada ele alınan kahve atıklarının yalıtım malzemesi içerisinde değerlendirilmesi ile depolama alanlarına gönderilecek olan ticari kahve atıklarının bu sahalarda kirlilik yükü oluşturmaması engellenmiş olacaktır. Bunun yanında bu atıkların değerlendirildiği yalıtım malzemesinin üretiminde kullanılan bor, pomza, perlit gibi doğal madenlerin de kullanımı sınırlandırılmış olacağından doğal kaynakların tüketimini engellemeye yönelik önemli bir adım atılmıştır.



Şekil 5.1. Ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atıklı yalıtım malzemelerinin karakterizasyonu

5.2. Öneriler

Bu tez çalışması sonucunda ele alınan ön işlemsiz ve ön işlemlili kahve atıklarının yalıtım malzemelerinin içerisinde değerlendirilebileceği yapılan kahve atıkları üzerinde yapılan karakterizasyon ve bu atıklardan üretilen yalıtım malzemelerinin özelliklerini tespit etmek için gerçekleştirilen analizler ile ortaya koyulmuştur. Yürütülmüş olan bu

Çalışma ve bu çalışmanın bilimsel olarak daha da genişletilmesi adına birtakım önerilerde bulunulmuştur. Şöyle ki;

- ✓ Ön işlemsiz ve ön işlemlı kahve atıkları yalıtım malzemeleri içinde değişen farklı dozlarda katkı olarak denenebilir. Üretilen yalıtım malzemelerinin Türk ve Avrupa standartlarında öngörülen farklı analizleri gerçekleştirilerek diğer mekanik ve termal özellikleri tespit edilebilir ve endüstriyel uygulanabilirliği daha kapsamlı bir çalışma ile araştırılabilir.
- ✓ Tez alışması kapsamında üretilen yalıtım malzemeleri amaca yönelik olarak (örneğin ısı iletkenliğin, yangın dayanımının ya da nem geçirgenliğinin önemli olduğu durumlar için) farklı yapısal alanlarda bor katkı ılı yalıtım sıvası içerisinde hammadde ile yer değiştirilerek kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Abouloula, C. N., Rizwan, M., Selvanathan, V., Abdullah, C. I., Hassan, A., Yahya, R. ve Oueriagli, A., 2018, A novel application for oil palm empty fruit bunch: extraction and modification of cellulose for solid polymer electrolyte, *Ionics*, 24(12), 3827-3836.
- Abu-Jdayil, B., Mourad, A. H., Hittini, W., Hassan, M. ve Hameedi, S., 2019, Traditional, state-of-the-art and renewable thermal building insulation materials: An overview, *Construction and Building Materials*, 214, 709-735.
- Acevedo, F., Rubilar, M., Scheuermann, E., Cancino, B., Uquiche, E., Garcés, M., ... ve Shene, C., 2013, Spent coffee grounds as a renewable source of bioactive compounds, *Journal of Biobased Materials and Bioenergy*, 7(3), 420-428.
- Adams, M. R., ve Dougan, J., 1981, Biological Management Of Coffee Processing Wastes, *Tropical Science*, 23(3), 177-196.
- Agarwal, D. K., Cheng, J., Fang, Y. ve Roy, R., 2005, Microwave processing of ceramics, composites and metallic materials, *Microwave solutions for ceramic engineers*, Ohio: The American Ceramic Society, 205-28.
- Ahn, W., Lee, D. U., Li, G., Feng, K., Wang, X., Yu, A., ... ve Chen, Z., 2016, Highly oriented graphene sponge electrode for ultra high energy density lithium ion hybrid capacitors, *ACS applied materials & interfaces*, 8(38), 25297-25305.
- Ajuria, J., Zarrabeitia, M., Arnaiz, M., Urrea, O., Rojo, T. ve Goikolea, E., 2019, Graphene as vehicle for ultrafast lithium ion capacitor development based on recycled olive pit derived carbons, *Journal of The Electrochemical Society*, 166(13), A2840.
- Akasaka, H., Takahata, T., Toda, I., Ono, H., Ohshio, S., Himeno, S., ... ve Saitoh, H., 2011, Hydrogen storage ability of porous carbon material fabricated from coffee bean wastes, *International Journal of Hydrogen Energy*, 36(1), 580-585.
- Akıncı, H. (2007), Günümüzde Uygulanan Isı Yalıtım Malzemeleri, Özellikleri, Uygulama Teknikleri ve Fiyat Analizleri, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya Üniversitesi Açık Akademik Arşiv Sistemi, 22-32.
- Alves, N. O., da Silva, G. T., Weber, D. M., Luchese, C., Wilhelm, E. A. ve Fajardo, A. R., 2016, Chitosan/poly (vinyl alcohol)/bovine bone powder biocomposites: A potential biomaterial for the treatment of atopic dermatitis-like skin lesions, *Carbohydrate polymers*, 148, 115-124.
- Amatucci, G. G., Badway, F., Du Pasquier, A. ve Zheng, T., 2001, An asymmetric hybrid nonaqueous energy storage cell, *Journal of the Electrochemical Society*, 148(8), A930.

- Anonim, 2014, Yalıtım Malzemelerinin Özellikleri (online), <https://sivaterm.com/isi-yalitim-malzemelerinin-genel-ozellikleri-nelerdir/> [Ziyaret Tarihi: 2 Eylül 2020].
- Anonim, 2015, Kahvenin Bileşenleri Nelerdir? (online), <https://www.toper.com/tr/blog-detay/2/blog/1059/kahvenin-kimyasal-yapisi.aspx>, [Ziyaret Tarihi: 22 Haziran 2020].
- Anonim, 2019, Amount of Coffee Grounds Waste? (online), <https://www.bio-bean.com/news-post/the-significant-value-of-spent-coffee-grounds/#:~:text=With%20an%20estimated%20average%20of,of%20wet%2C%20waste%20coffee%20grounds.>, [Ziyaret Tarihi: 20 Kasım 2020].
- Anonim, 2019, Selüloz Esaslı Yalıtım Malzemeleri (online), <https://www.surdurulebilirmalzemeler.com/seluloz-esasli-yalitim-malzemeleri>, [Ziyaret Tarihi: 18 Ağustos 2020].
- Anonim, 2019, Yalıtım Malzemelerinin Özellikleri (online), <https://www.argeyapiizolasyon.com/isi-yalitim-malzemelerinin-karsilastirilmesi>, [Ziyaret Tarihi: 20 Aralık 2021].
- Arpacı, E. (2019), Kağıt Fabrikası Atık Sularındaki Boyar Maddenin Lignoselülozik Malzemeden Üretilmiş Aktif Karbon ile Giderilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Tez Merkezi, (1-51).
- Atabani, A. E., Mercimek, S. M., Arvindnarayan, S., Shobana, S., Kumar, G., Cadir, M., ve Al-Muhateb, A. A. H., 2018, Valorization of spent coffee grounds recycling as a potential alternative fuel resource in Turkey: An experimental study, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 68(3), 196-214.
- Aus der Beek, T., Weber, F. A., Bergmann, A., Hickmann, S., Ebert, I., Hein, A. ve Küster, A., 2016, Pharmaceuticals in the environment Global occurrences and perspectives, *Environmental toxicology and chemistry*, 35(4), 823-835.
- Azizi, S. (2007), Perlit Katkılı Hafif Betonların Mekanik Özellikleri ve Isı Yalıtımı, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kimya mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Ballesteros, L. F., Cerqueira, M. A., Teixeira, J. A. ve Mussatto, S. I., 2018, Production and physicochemical properties of carboxymethyl cellulose films enriched with spent coffee grounds polysaccharides, *International journal of biological macromolecules*, 106, 647-655.
- Batista, M. J., Avila, A. F., Franca, A.S. ve Oliveira, L. S., 2020, Polysaccharide-rich fraction of spent coffee grounds as promising biomaterial for films fabrication, *Carbohydrate Polymers*, 233, 115851.
- Beşergil, B., 2016, Enstrümantal Analiz- Temel İlkeler, *Gazi Kitabevi*, Ankara, 833.

- Bifani, V., Ramírez, C., Ihl, M., Rubilar, M., García, A. ve Zaritzky, N., 2007, Effects of murta (*Ugni molinae* Turcz) extract on gas and water vapor permeability of carboxymethylcellulose-based edible films, *LWT-Food Science and Technology*, 40(8), 1473-1481.
- Binici, H. ve Aksogan, O., 2017, Insulation material production from onion skin and peanut shell fibres, fly ash, pumice, perlite, barite, cement and gypsum, *Materials Today Communications*, 10, 14-24.
- Binici, H., Sevin, A. H., Mustafa, E. K. E. N. ve Demirhan, C., 2014, Mısır Koçanı Katkılı Isı Yalıtım Malzemesi Üretimi, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29(2), 13-26.
- Binici, H., Sevinç, A. H. ve Durgun, M. Y., 2010, Barit, bazaltik pomza, kolemanit ve yüksek fırın cürufu katkılı betonların özellikleri, *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 13, 1-14.
- Bozkurt, 2018, Türkiye’de Kahve Mağazaları? (online), <https://medium.com/t%C3%BCrkiye/starbucks-magazalari-ve-turkiyenin-magazasi-karnesi-e2553e994229>, [Ziyaret Tarihi:30 Kasım 2020].
- Brachi, P., Santes, V. ve Torres-Garcia, E., 2021, Pyrolytic degradation of spent coffee ground: A thermokinetic analysis through the dependence of activation energy on conversion and temperature, *Fuel*, 4-6.
- Caetano, N. S., Caldeira, D., Martins, A. A. ve Mata, T. M., 2017, Valorisation of spent coffee grounds: production of biodiesel via enzymatic catalysis with ethanol and a co-solvent, *Waste and Biomass Valorization*, 8(6), 1981-1994.
- Cai, S., Zhang, B. ve Cremaschi, L., 2017, Review of moisture behavior and thermal performance of polystyrene insulation in building applications, *Building and Environment*, 123, 50-65.
- Campos-Vega, R., Loarca-Pina, G., Vergara-Castaneda, H. A. ve Oomah, B. D., 2015, Spent coffee grounds: A review on current research and future prospects, *Trends in Food Science & Technology*, 45(1), 24-36.
- Carneiro, R. M. D., Muniz, M. D. F. S., Campos, V. P., Moita, A. W., Gonçalves, W., Almeida, M. R. A. ve Sousa, F. R. D., 2009, Reaction of coffee genotypes to different populations of *Meloidogyne* spp.: detection of a naturally virulent *M. exigua* population, *Tropical Plant Pathology*, 34(6), 370-378.
- Carucci, A., Cappai, G. ve Piredda, M., 2006, Biodegradability and toxicity of pharmaceuticals in biological wastewater treatment plants, *Journal of Environmental Science and Health Part A*, 41(9), 1831-1842.
- Catalan, E., Komilis, D. ve Sanchez, A., 2019, Environmental impact of cellulase production from coffee husks by solid-state fermentation: A life-cycle assessment, *Journal of Cleaner Production*, 233, 954-962.

- Cazón, P., Velazquez, G., Ramírez, J. A. ve Vázquez, M., 2017, Polysaccharide-based films and coatings for food packaging: A review, *Food Hydrocolloids*, 68, 136-148.
- Ceviz, A. (2008), Atık odun talaşı kullanılarak ısı yalıtımlı dış cephe kaplama elemanının geliştirilmesi, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, 35-42.
- Cliffor, M. N., 1999, Chlorogenic acids and other cinnamates-nature, occurrence and dietary burden, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79(3), 362-372.
- Cohen, A. J., Ross Anderson, H., Ostro, B., Pandey, K. D., Krzyzanowski, M., Künzli, N., ... ve Smith, K., 2005, The global burden of disease due to outdoor air pollution, *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 68(13-14), 1301-1307.
- DeBenedetti, B., Maffia, L. ve Rossi, S., 2007, From materials to eco-materials: life-cycle environmental approach for insulation products in building applications. *In Proceedings of the 8th international conference of eco-materials*, Brunel University, UK.
- Drochytka, R., Dvorakova, M. ve Hodna, J., 2017, Performance evaluation and research of alternative thermal insulation based on waste polyester fibers, *Procedia engineering*, 195, 236-243.
- Du, H., Yang, H., Huang, C., He, J., Liu, H. ve Li, Y., 2016, Graphdiyne applied for lithium-ion capacitors displaying high power and energy densities, *Nano Energy*, 22, 615-622.
- Eboh, F. C., Andersson, B. A. ve Richards, T., 2019, Economic evaluation of improvements in a waste-to-energy combined heat and power plant, *Waste Management*, 100, 75-83.
- Edathil, A. A., Shittu, I., Zain, J. H., Banat, F. ve Haija, M. A., 2018, Novel magnetic coffee waste nanocomposite as effective bioadsorbent for Pb (II) removal from aqueous solutions, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(2), 2390-2400.
- Engin, C., 2016, Kahve, *İnovatif Kimya Dergisi*, 8, 1-22.
- Esquivel, P. ve Jimenez, V. M., 2012, Functional properties of coffee and coffee by-products, *Food Research International*, 46(2), 488-495.
- Fernandes, A. S., Mello, F. V. C., Thode Filho, S., Carpes, R. M., Honório, J. G., Marques, M. R. C., ... ve Ferraz, E. R. A., 2017, Impacts of discarded coffee waste on human and environmental health, *Ecotoxicology and environmental safety*, 141, 30-36.

- Franca, A. S., Oliveira, L. S., Oliveira, R. C., Agresti, P. C. M. ve Augusti, R., 2009, A preliminary evaluation of the effect of processing temperature on coffee roasting degree assessment, *Journal of Food Engineering*, 92(3), 345-352.
- Francavilla, M., Kamaterou, P., Intini, S., Monteleone, M. ve Zabaniotou, A., 2015, Cascading microalgae biorefinery: fast pyrolysis of *Dunaliella tertiolecta* lipid extracted-residue, *Algal research*, 11, 184-193.
- Gabriel, T., Belete, A., Syrowatka, F., Neubert, R. H. ve Gebre-Mariam, T., 2020, Extraction and characterization of celluloses from various plant by products, *International Journal of Biological Macromolecules*.
- García-García, D., Carbonell, A., Samper, M. D., García-Sanoguera, D. ve Balart, R., 2015, Green composites based on polypropylene matrix and hydrophobized spend coffee ground (SCG) powder, *Composites part B: engineering*, 78, 256-265.
- Ghanbarzadeh, B. ve Almasi, H., 2011, Physical properties of edible emulsified films based on carboxymethyl cellulose and oleic acid, *International journal of biological Macromolecules*, 48(1), 44-49.
- Gomez-Urbano, J. L., Moreno-Fernández, G., Arnaiz, M., Ajuria, J., Rojo, T. ve Carriazo, D., 2020, Graphene-coffee waste derived carbon composites as electrodes for optimized lithium ion capacitors, *Carbon*, 162, 273-282.
- Gou, G., Wei, W., Jiang, M., Zhang, S., Lu, T., Xie, X., ... ve Zhou, Z., 2018, Environmentally Friendly Method for the Separation of Cellulose from Steam-Exploded Rice Straw and Its High-Value Applications, *Pulp and Paper Processing*, 133.
- Gracia-Lor, E., Sancho, J. V., Serrano, R. ve Hernández, F., 2012, Occurrence and removal of pharmaceuticals in wastewater treatment plants at the Spanish Mediterranean area of Valencia, *Chemosphere*, 87(5), 453-462.
- Gür, M. (2011), Bazı Azo Grubu İçeren Akrilat Polimerlerinin Eldesi ve Spektroskopik Özelliklerinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Tez Merkezi, 44-54.
- Hernández-Olivares, F., Bollati, M. R., Del Rio, M. ve Parga-Landa, B., 1999, Development of cork–gypsum composites for building applications, *Construction and Building Materials*, 13(4), 179-186.
- H. Jones, O. A., Voulvoulis, N. ve Lester, J. N., 2005, Human pharmaceuticals in wastewater treatment processes., *Critical reviews in environmental science and technology*, 35(4), 401-427.
- Hurtado, P. L., Rouilly, A., Vandenbossche, V. ve Raynaud, C., 2016, A review on the properties of cellulose fibre insulation, *Building and Environment*, 96, 170-177.

- International Coffee Organization (ICO), 2018, Dünya Kahve Tüketimi (online), <http://www.ico.org/prices/new-consumptiontable.pdf>, [Ziyaret Tarihi: 22 Ekim 2020].
- International Coffee Organization (ICO), 2021, Dünya Kahve Tüketimi (online), <http://www.ico.org/prices/new-consumption-table.pdf>, [Ziyaret Tarihi: 18 Aralık 2021].
- Janissen, B. ve Huynh, T., 2018, Chemical composition and value-adding applications of coffee industry by-products: A review, *Resources, Conservation and Recycling*, 128, 110-117.
- Jelic, A., Gros, M., Ginebreda, A., Cespedes-Sánchez, R., Ventura, F., Petrovic, M. ve Barceló, D., 2011, Occurrence, partition and removal of pharmaceuticals in sewage water and sludge during wastewater treatment, *Water research*, 45(3), 1165-1176.
- Joseph, K., Rajendiran, S., Senthilnathan, R. ve Rakesh, M., 2012, Integrated approach to solid waste management in Chennai: an Indian metro city, *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 14(2), 75-84.
- Karakundakoğlu R., 2019, Kahve'nin Yapısı? (online), <https://www.toper.com.tr/blog-detay/2/blog/1059/kahvenin-kimyasal-yapisi.aspx>, [Ziyaret Tarihi: 14 Mart 2020].
- Kaya, A., 2021, Bor'un Tarihçesi? (online), <https://www.starbor.com.tr/sayfalar/borun-tarihcesi.html> [Ziyaret Tarihi: 29 Ekim 2021].
- Kaya, G. ve Toker, S., 2019, Kahve Tüketim Alışkanlıklarının İncelenmesi: İstanbul Örneği, *International Journal of Economics, Politics, Humanities & Social Sciences*, 19.
- Kılıç, 2020, Türkiye'de Kahve Tüketimi? (online), <https://www.dunya.com/sektorler/turkiyede-kahve-tuketimi-orta-boya-yaklasiyor-haberi-461180>, [Ziyaret Tarihi: 20 Kasım 2020].
- Kılıç, Ö., 2009, Mikrodalga ile Ön İşlem Uygulamanın Kireçtaşı Kalsinasyonuna Etkisi, *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 48(3), 45-53.
- Knorr, D., Zenker, M., Heinz, V. ve Lee, D. U., 2004, Applications and potential of ultrasonics in food processing, *Trends in Food Science & Technology*, 15(5), 261-266.
- Kostich, M. S., Batt, A. L. ve Lazorchak, J. M., 2014, Concentrations of prioritized pharmaceuticals in effluents from 50 large wastewater treatment plants in the US and implications for risk estimation, *Environmental Pollution*, 184, 354-359.
- Kourmentza, C., Economou, C. N., Tsafraikidou, P. ve Kornaros, M., 2018, Spent coffee grounds make much more than waste: Exploring recent advances and future exploitation strategies for the valorization of an emerging food waste stream, *Journal of Cleaner Production*, 172, 980-992.

- Kumar, D., Alam, M., Zou, P. X., Sanjayan, J. G. ve Memon, R. A., 2020, Comparative analysis of building insulation material properties and performance, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 131, 110038.
- Lachheb, A., Allouhi, A., El Marhoune, M., Saadani, R., Kousksou, T., Jamil, A., ... ve Oussouaddi, O., 2019, Thermal insulation improvement in construction materials by adding spent coffee grounds: An experimental and simulation study, *Journal of Cleaner Production*, 209, 1411-1419.
- Larsson, D. J., 2014, Pollution from drug manufacturing: review and perspectives, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 369(1656), 20130571.
- Lessa, E. F., Gularte, M. S., Garcia, E. S. ve Fajardo, A. R., 2017, Orange waste: A valuable carbohydrate source for the development of beads with enhanced adsorption properties for cationic dyes, *Carbohydrate Polymers*, 157, 660-668.
- Lessa, E. F., Nunes, M. L. ve Fajardo, A. R., 2018, Chitosan/waste coffee-grounds composite: An efficient and eco-friendly adsorbent for removal of pharmaceutical contaminants from water, *Carbohydrate polymers*, 189, 257-266.
- Li, G., Yang, Z., Yin, Z., Guo, H., Wang, Z., Yan, G., ... ve Wang, J., 2019, Non-aqueous dual-carbon lithium-ion capacitors: A review, *Journal of Materials Chemistry A*, 7(26), 15541-15563.
- Li, M., Lu, J., Chen, Z. ve Amine, K., 2018, 30 years of lithium-ion batteries. *Advanced Materials*, 30(33), 1800561.
- Lin, A. Y. C., Wang, X. H. ve Lin, C. F., 2010, Impact of wastewaters and hospital effluents on the occurrence of controlled substances in surface waters, *Chemosphere*, 81(5), 562-570.
- Liu, Q., Du, C., Shen, B., Zuo, P., Cheng, X., Ma, Y., ... ve Gao, Y., 2016, Understanding undesirable anode lithium plating issues in lithium-ion batteries, *RSC advances*, 6(91), 88683-88700.
- Ly, H. V., Lee, B., Sim, J. W., Tran, Q. K., Kim, S. S., Kim, J., ... ve Lim, H., 2022, Catalytic pyrolysis of spent coffee waste for upgrading sustainable bio-oil in a bubbling fluidized-bed reactor: Experimental and techno-economic analysis, *Chemical Engineering Journal*, 427, 130956.
- Matrapazi, V. K. ve Zabaniotou, A., 2020, Experimental and feasibility study of spent coffee grounds upscaling via pyrolysis towards proposing an eco-social innovation circular economy solution, *Science of The Total Environment*, 718, 137316.
- McGill, S. L., Walkiewicz, J. W. ve Smyres, G. A., 1988, The effects of power level on the microwave heating of selected chemicals and minerals. *MRS Online Proceedings Library (OPL)*, 124.

- Mulana, F., Ismail, T. A. ve Hafdiansyah, M. F., 2018, Activation and characterization of waste coffee grounds as bio-sorbent, *In Materials Science and Engineering Conference Series* (Vol. 334, No. 1, p. 012029).
- Murthy, P. S. ve Naidu, M. M., 2012, Sustainable management of coffee industry by-products and value addition: A review, *Resources, Conservation and recycling*, 66, 45-58.
- Mussatto, S. I., Carneiro, L. M., Silva, J. P., Roberto, I. C. ve Teixeira, J. A., 2011, A study on chemical constituents and sugars extraction from spent coffee grounds, *Carbohydrate polymers*, 83(2), 368-374.
- Mussatto, S. I., Machado, E. M., Martins, S. ve Teixeira, J. A., 2011, Production, composition, and application of coffee and its industrial residues, *Food and Bioprocess Technology*, 4(5), 661.
- Nabais, J. M. V., Nunes, P., Carrott, P. J., Carrott, M. M. L. R., García, A. M. ve Díaz-Díez, M. A., 2008, Production of activated carbons from coffee endocarp by CO₂ and steam activation, *Fuel Processing Technology*, 89(3), 262-268.
- Natarajan, S., Lee, Y. S. ve Aravindan, V., 2019, Biomass-Derived Carbon Materials as Prospective Electrodes for High-Energy Lithium-and Sodium-Ion Capacitors, *Chemistry—An Asian Journal*, 14(7), 936-951.
- Neves, L., Oliveira, R. ve Alves, M. M., 2006, Anaerobic co-digestion of coffee waste and sewage sludge, *Waste management*, 26(2), 176-181.
- Ngah, W. W., Teong, L. C. ve Hanafiah, M. M., 2011, Adsorption of dyes and heavy metal ions by chitosan composites: A review, *Carbohydrate polymers*, 83(4), 1446-1456.
- Ohlsson, T. ve Risman, P. O., 1978, Temperature Distribution of Microwave Heating—Spheres and Cylinders, *Journal of Microwave Power*, 13(4), 302-309.
- Özer, N. (2017), Atıklardan Üretilen Isı Yalıtım Malzemelerinin Yaygın Kullanılan Isı Yalıtım Malzemeleri ile Karşılaştırılması, Yüksek Lisans, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Tez Merkezi, (55-59).
- Panusa, A., Zuorro, A., Lavecchia, R., Marrosu, G. ve Petrucci, R., 2013, Recovery of natural antioxidants from spent coffee grounds, *Journal of agricultural and food chemistry*, 61(17), 4162-4168.
- Panyakaew, S. ve Fotios, S., 2011, New thermal insulation boards made from coconut husk and bagasse, *Energy and buildings*, 43(7), 1732-1739.
- Paradkar, M. M. ve Irudayaraj, J., 2002, Rapid determination of caffeine content in soft drinks using FTIR–ATR spectroscopy, *Food Chemistry*, 78(2), 261-266.

- Pfluger, R. A., 1975, Soluble coffee processing, *Solid Wastes Origin Collection Processing and Disposal*, CI Mantell, 365-375.
- Ponte, S., 2002, Thelatte revolution'? Regulation, markets and consumption in the global coffee chain, *World development*, 30(7), 1099-1122.
- Radjenovic, J., Petrovic, M. ve Barcelo, D., 2007, Analysis of pharmaceuticals in wastewater and removal using a membrane bioreactor, *Analytical and bioanalytical chemistry*, 387(4), 1365-1377.
- Ramalakshmi, K., Rao, L. J. M., Takano-Ishikawa, Y. ve Goto, M., 2009, Bioactivities of low-grade green coffee and spent coffee in different in vitro model systems, *Food Chemistry*, 115(1), 79-85.
- Ramírez, C., Gallegos, I., Ihl, M. ve Bifani, V., 2012, Study of contact angle, wettability and water vapor permeability in carboxymethylcellulose (CMC) based film with murta leaves (*Ugni molinae* Turcz) extract, *Journal of Food Engineering*, 109(3), 424-429.
- Rashad, A. M., 2019, A short manual on natural pumice as a lightweight aggregate. *Journal of Building Engineering*, 25, 100802.
- Ravindran, R. ve Jaiswal, A. K., 2016, Exploitation of food industry waste for high-value products, *Trends in Biotechnology*, 34(1), 58-69.
- Ravindran, R., Desmond, C., Jaiswal, S. ve Jaiswal, A. K., 2018, Optimisation of organosolv pretreatment for the extraction of polyphenols from spent coffee waste and subsequent recovery of fermentable sugars, *Bioresource Technology Reports*, 3, 7-14.
- Reis, N., Franca, A. S. ve Oliveira, L. S., 2013, Discrimination between roasted coffee, roasted corn and coffee husks by Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform Spectroscopy, *LWT-Food Science and Technology*, 50(2), 715-722.
- Reis, R. S., Tienne, L. G., de Hs Souza, D., Maria de Fatima, V. M. ve Monteiro, S. N., 2020, Characterization of coffee parchment and innovative steam explosion treatment to obtain microfibrillated cellulose as potential composite reinforcement, *Journal of Materials Research and Technology*.
- Ribeiro, J. S., Salva, T. J. ve Ferreira, M. M., 2010, Chemometric studies for quality control of processed Brazilian coffees using drifts, *Journal of Food Quality*, 33(2), 212-227.
- Rivera, X. C. S., Gallego-Schmid, A., Najdanovic-Visak, V. ve Azapagic, A., 2020, Life cycle environmental sustainability of valorisation routes for spent coffee grounds: From waste to resources. Resources, *Conservation and Recycling*, 157, 104751.
- Roussos, S., De los Angeles Aquiahuatl, M., del Refugio Trejo-Hernández, M., Perraud, I. G., Favela, E., Ramakrishna, M., ... ve Viniegra-González, G., 1995,

- Biotechnological management of coffee pulp—isolation, screening, characterization, selection of caffeine-degrading fungi and natural microflora present in coffee pulp and husk, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 42(5), 756-762.
- Saltan, F. Z. ve Kaya, H., 2018, Kahve: Bir Farmakognozik Derleme. *FABAD Journal of Pharmaceutical Sciences*, 43(3), 279-289.
- Sauvageon, T., Lavoie, J. M., Segovia, C. ve Brosse, N., 2018, Toward the cottonization of hemp fibers by steam explosion—Part 1: Defibration and morphological characterization, *Textile Research Journal*, 88(9), 1047-1055.
- Scully, D. S., Jaiswal, A. K. ve Abu-Ghannam, N., 2016, An investigation into spent coffee waste as a renewable source of bioactive compounds and industrially important sugars, *Bioengineering*, 3(4), 33.
- Somarathna, H. M. C. C., Raman, S. N., Mohotti, D., Mutalib, A. A. ve Badri, K. H., 2018, The use of polyurethane for structural and infrastructural engineering applications: A state-of-the-art review, *Construction and Building Materials*, 190, 995-1014.
- Speer, K. ve Kölling-Speer, I., 2006, The lipid fraction of the coffee bean, *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18(1), 201-216.
- Sun, X., Zhang, X., Liu, W., Wang, K., Li, C., Li, Z. ve Ma, Y., 2017, Electrochemical performances and capacity fading behaviors of activated carbon/hard carbon lithium ion capacitor, *Electrochimica Acta*, 235, 158-166.
- Szafran, M., Koput, J., Dega-Szafran, Z. ve Pankowski, M., 2002, Ab initio and DFT calculations of the structure and vibrational spectra of trigonelline, *Journal of molecular structure*, 614(1-3), 97-108.
- Tan, M. Y., Nicholas Kuan, H. T. ve Lee, M. C., 2017, Characterization of alkaline treatment and fiber content on the physical, thermal, and mechanical properties of ground coffee waste/oxobiodegradable HDPE biocomposites, *International Journal of Polymer Science*, 2017.
- Tong, Q., Xiao, Q. ve Lim, L. T., 2008, Preparation and properties of pullulan–alginate–carboxymethylcellulose blend films, *Food Research International*, 41(10), 1007-1014.
- Tseng, C. J., 2002, Thermal radiative properties of phenolic foam insulation, *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 72(4), 349-359.
- TS EN 998-1, 2017, Kâgir Harcı Özellikler, Bölüm:1 Kaba ve İnce Sıva Harcı, TSE, Ankara.
- TS EN 1015-10, 2013, Kâgir Harcı- Deney Metotları-Bölüm 10: Sertleşmiş Harcın Boşluklu Kuru Hacim Kütlesinin Tayini, TSE, Ankara.

- TS EN 1015-11, 2020, Kâgir Harcı- Deney Yöntemleri- Bölüm 11: Sertleşmiş Harcın Eğilmede Çekme ve Basınç Dayanımı Tayini, *TSE*, Ankara.
- TS EN 1015-12, 2016, Kâgir Harcı- Deney Yöntemleri- Bölüm 12: Sertleşmiş Sıva ve Örgü Harcının Alt Tabakaya Yapışma Dayanımının Tayini, *TSE*, Ankara.
- TS EN 1015-18, 2014, Kâgir Harcı- Deney Yöntemleri- Bölüm 18: Sertleşmiş Harcın Kapiler Etkiden Kaynaklanan Su Emme Katsayısının Tayini, *TSE*, Ankara.
- TS EN 1015-19, 2000, Kâgir Harcı- Deney Yöntemleri- Bölüm 19: Sertleşmiş Sıva ve Örgü Harcının Su Buharı Geçirimsizliği Tayini, *TSE*, Ankara.
- TS EN 12390-1, 2002, Beton- Sertleşmiş Beton Deneyleri, Bölüm 1: Deney Numunesi ve Kalıplarının Şekil, Boyut ve Diğer Özellikleri, *TSE*, Ankara.
- TS EN 12390-3, 2003, Beton- Sertleşmiş Beton Deneyleri, Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini, *TSE*, Ankara.
- TS EN ISO 10534-2, 2003, Akustik-Empedans Borularındaki Ses Absorpsiyon Katsayısının Ve Empedansın Tayini- Bölüm 2: Aktarım Fonksiyonu Metodu, *TSE*, Ankara.
- TS EN ISO 9053-1, 2020, Akustik Hava Akımına Direncin Belirlenmesi Bölüm 1: Statik Hava Akımı Yöntemi, *TSE*, Ankara.
- TS 825, 2013, Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, *TSE*, Ankara.
- Tüfekçi, S. ve Özkal, S. G., 2015, Gıdaların Kurutulmasında Ultrases Kullanımı, *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 21(9).
- Veeramachineni, A. K., Sathasivam, T., Muniyandy, S., Janarthanan, P., Langford, S. J. ve Yan, L. Y., 2016, Optimizing extraction of cellulose and synthesizing pharmaceutical grade carboxymethyl sago cellulose from malaysian sago pulp, *Applied Sciences*, 6(6), 170.
- Vidal, O. L., Tsukui, A., Garrett, R., Rocha-Leao, M. H. M., Carvalho, C. W. P., ... ve Ferreira, M. S. L., 2020, Production of bioactive films of carboxymethyl cellulose enriched with green coffee oil and its residues, *International Journal of Biological Macromolecules*, 146, 730-738.
- Vilela, W. F., Leão, D. P., Franca, A. S. ve Oliveira, L. S., 2016, Effect of peroxide treatment on functional and technological properties of fiber-rich powders based on spent coffee grounds, *Int. J. Food Eng*, 2(1), 42-47.
- Wang, H., Zhu, C., Chao, D., Yan, Q. ve Fan, H. J., 2017, Nonaqueous hybrid lithium-ion and sodium-ion capacitors, *Advanced materials*, 29(46), 1702093.
- Wang, X., Liu, L. ve Niu, Z., 2019, Carbon-based materials for lithium-ion capacitors, *Materials Chemistry Frontiers*, 3(7), 1265-1279.

- Wu, H., Hu, W., Zhang, Y., Huang, L., Zhang, J., Tan, S., ... ve Liao, X., 2016, Effect of oil extraction on properties of spent coffee ground-plastic composites, *Journal of Materials Science*, 51(22), 10205-10214.
- Yenmez, N., 2009, Stratejik bir maden olarak bor minerallerin Türkiye için önemi, *Coğrafya Dergisi*, (19), 64-70.
- Yun, B. Y., Cho, H. M., Kim, Y. U., Lee, S. C., Berardi, U. ve Kim, S., 2020, Circular reutilization of coffee waste for sound absorbing panels: A perspective on material recycling, *Environmental Research*, 184, 109281.
- Zarrinbakhsh, N., Wang, T., Rodriguez-Urbe, A., Misra, M. ve Mohanty, A. K., 2016, Characterization of wastes and coproducts from the coffee industry for composite material production, *BioResources*, 11(3), 7637-7653.
- Zhang, S., Dong, Y., Yang, Z., Yang, W., Wu, J. ve Dong, C., 2016, Adsorption of pharmaceuticals on chitosan-based magnetic composite particles with core-brush topology, *Chemical Engineering Journal*, 304, 325-334.
- Zhou, X. Y., Zheng, F., Li, H. G. ve Lu, C. L., 2010, An environment-friendly thermal insulation material from cotton stalk fibers, *Energy and Buildings*, 42(7), 1070-1074.