



Kahramanmaraş Sütçü İmam University

Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 22.09.2022
Kabul Tarihi : 08.11.2022

Received Date : 22.09.2022
Accepted Date : 08.11.2022

YUMURTA KABUĞU İÇERİĞİNİN ODUN PLASTİK KOMPOZİT MALZEMENİN YANMA DAYANIMI ÜZERİNE ETKİSİ

EFFECT OF EGG SHELLS CONTENTS ON COMBUSTION RESISTANCE OF WOOD PLASTIC COMPOSITE MATERIAL

Ferhat ÖZDEMİR^{1*} (ORCID: 0000-0002-2282-1884)

Ali Osman ÖZĞAN^{2*} (ORCID: 0000-0001-9646-1984)

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

²Iğdır Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Tasarım Bölümü, Iğdır, Türkiye

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Ferhat ÖZDEMİR, ferhatozd@hotmail.com

ÖZET

Bu çalışmada odun plastik kompozit malzeme (OPK) üretiminde kullanılan yumurta kabuğu içeriğinin yanma mukavemeti üzerine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. OPK malzeme üretimi için yumurta kabuğu, kızılçam odununu, polipropilen (PP) ve maleik anhidrit ile muamele edilmiş polipropilen (MAPP) belirli oranlarda karıştırılmıştır. Tek vidalı ekstrüder kullanılarak peletler elde edilmiştir. Daha sonra peletlerden enjeksiyon kalıplama makinesi kullanılarak test numuneleri üretilmiştir. Üretilen test numunelerinin yanma dayanımı özellikleri belirlenmiş ve testler ilgili standartlara bağlı kalınarak yapılmıştır. OPK levhaların yanma dayanımı belirlenmesi için yanma testi (UL94), Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) analizi yapılmış ve homojenlik durumunun belirlenmesi için Scanning Electron Microscope (SEM) ile görüntüler elde edilmiştir. Elde edilen test sonucu verilerine göre yumurta kabuğu içeriğinin kullanımının artmasına bağlı olarak test numunelerinin yanma esnasında bozunmadan kaynaklı ağırlık kayıplarında azalma olmuştur. Fakat kül miktarı artmıştır. Ayrıca test numunelerinin tutuşma sürelerinde olumlu bir gelişme olduğu, yanma süresinin de arttığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yumurta kabuğu, yanma, kızılçam, odun plastik kompozit

ABSTRACT

In this study, it was aimed to investigate the effect of egg shell content used in the production of wood plastic composite material (OPK) on the combustion strength. In the production of OPK material, red pine wood flour, polypropylene (PP), egg shell and polypropylene (MAPP) treated with maleic anhydride are mixed in certain proportions. Pellets were obtained using a single screw extruder. Then, test samples were produced from the pellets using an injection molding machine. The fire resistance properties of the produced test samples were determined and the tests were carried out in accordance with the relevant standards. Combustion test (UL94), Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) analysis were performed to determine the fire resistance of OPK sheets, and images were obtained with a scanning electron microscope (SEM) to determine the homogeneity status. According to the test result data obtained, there was a decrease in the weight losses of the test samples due to decomposition during combustion, due to the increase in the use of eggshell content. But the amount of ash increased. In addition, it was determined that there was a positive development in the ignition times of the test samples and the burning time increased.

Keywords: Eggshell, combustion, red pine, wood plastic composite

To Cite: ÖZDEMİR, F., & ÖZĞAN, A.O., (2023). YUMURTA KABUĞU İÇERİĞİNİN ODUN PLASTİK KOMPOZİT MALZEMENİN YANMA DAYANIMI ÜZERİNE ETKİSİ, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26(1), 98-107.

GİRİŞ

Kompozit malzemelere olan ilgi her geçen gün dahada artmaya başladı. Hem kullanım yeri açısından tercih alternatifleri oluşturması hem de daha ekonomik olması nedeniyle günümüzde oldukça talep görmektedir. Birçok farklı özelliklere sahip kompozit malzeme bulunmaktadır. Bunlardan biriside odun plastik kompozitlerdir (OPK). OPK üretimi belirli boyutlara sahip olan ahşap esaslı malzemelerin ile termoplastik reçine karışımından üretilmektedir. Termoplastik polimer içerisinde farklı oranlarda odun parçacıkları kullanılmaktadır. Kullanım yerine uygun olacak oranda ahşap parçacıkları kullanılması sakınca oluşturmamaktadır. Odun parçacıklarının OPK malzemede dolgu maddesi olarak kullanılmasının en büyük avantajları arasında yoğunluklarının düşük olması, direnç özelliklerinin yeterli olması, yalıtım için uygun olması vb. gibi birçok sebep bulunmaktadır. En önemli faktörlerden bir tanesi de kullanım oranına bağlı olarak hammadde maliyetini azaltmasıdır. Ancak avantajlarının yanı sıra bazı kullanım dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlar arasında odunun çalışma özelliğinden dolayı su alıp vermeye müsait olması, kimyasal içeriğinden dolayı mantar ve böcek zararlılarına karşı direncinin düşük olması ve yanmaya karşı dayanımın düşük olması en önemli dezavantajları arasında sayılabilir.

Kompozit ve OPK malzemeler birçok sektörde ve çok farklı kullanım alanlarında değerlendirilmektedir. OPK malzemelerin en çok kullanıldığı sektörler mobilya, otomotiv ve inşaat sektörüdür. Günümüzde artan odun ve işleme maliyetleri sebebiyle hem iç hem de bahçe mobilya sektöründe kullanım miktarlarında önemli artışlar bulunmaktadır. Mobilya üretiminde koltuk, kanepeler vb. birçok malzemede ayak vb. olarak, kulüp vb. aksesuar parçası olarak iç mekân mobilyasında, dış hava şartlarına uygun olması açısından ise yüzme havuzu, çatı kaplaması, dış cephe ve bank gibi bahçe mobilyasında kullanımı artmıştır. Yeterli mekanik ve fiziksel özelliklere sahip olması kullanım alanını genişletmektedir. OPK malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri ile yüzey kalitesi kullanım yeri ve amacına göre önem arz etmektedir.

Odun unu gibi birçok farklı organik ve inorganik dolgu maddesi kompozit malzemelerde kullanılmaktadır. İnorganik dolgu maddesi olarak kaolin, talk ve çinko borat (Gwon ve ark.), nanokil (Hetzer), çinko oksit ve tetrapod (Zhou et al., 2006) vb. kullanılmaktadır. Organik dolgu maddesi olarak ise birçok ağaç türü, tarımsal atık ve endüstri atıkları kullanılmaktadır (Özdemir et al, 2013, Özdemir & Özğan, 2019). Her iki dolgu maddesi kullanıldıkları OPK malzemelerin mukavemet özelliklerini ve sertlik değerlerini artırma özelliğine sahiptir. OPK malzemelerin kullanım miktarının artırılması için maliyetlerinin düşürülmesi amaçlanmış mika, cam, CaCO₃, wollastonite ve talk gibi değişik dolgu ve katkı maddeleri ile birçok araştırma yapılmıştır (Karrad et al. 1998; Nielsen and Landel 1994; Baral et al. 1999; Lopez et al. 2012; Demjén et al. 1998; Gan et al. 2001a, 2001b, 2001c; Pinto et al. 2001; Pastorini and Nunes 1999; Li et al. 2003; Švab et al. 2007; Meng et al. 2008; Alam et al. 2010; Huang et al. 2013; Erden et al. 2010; Mathew et al. 2017; Thio et al. 2002; Atagür et al. 2018). Ülkemizde birçok atık OPK malzeme üretiminde dolgu maddesi olarak kullanılmaktadır. Bunların arasında önemli bir miktar teşkil eden yumurta atığı ile ilgili çok az çalışma bulunmaktadır. Atık yumurta kabuğu polyster kompozit malzeme üretiminde kullanılmıştır (Borazan ve ark., 2019). Çalışmamızda hem organik hem de inorganik dolgu maddesi ile OPK üretimi düşünülmüştür. Türkiye’de yaklaşık olarak 101 bin ton yumurta atığı oluşmakta ve her yılda giderek artmaktadır. Üretilen yumurta sayısı ise 16 milyar civarındadır (URL-1).

Günümüzde birçok sektörde ciddi miktarda kullanılan ve kabuğu da işletmelere önemli bir maliyet ortaya çıkaran atık ise yumurta kabuğudur. Yumurta kabuğu her bir orta boy yumurta için 5-6 gr. kabuğa sahiptir. Kabuğun kırılma direnci >30N, kalınlığı ise 300-350 µm aralığındadır. Yumurtanın kabuk kısmı tüm ağırlığın hemen hemen %10-12’ sini oluşturmaktadır. İnce ve poroz yapıya sahip olan kabuğun asıl görevi mikrobiyal dış çevre ile yani yumurtanın içi ile dış çevre arasındaki nem ve gaz alışverişini gerçekleştirerek yumurta içeriğini dış etkenlere karşı korumaktır. (Erol, 1994). Yumurta kabuğunun yapısı kalsiyum açısından zengin olup bir yumurtada 17-2.5 gr. bulunmaktadır (Bongiorno L, 2008). Kabuğun yapısını CaCO₃ (%94-97), magnezyum (%0,2), fosfor (%0,3), ve potasyum, demir, sodyum, bakır, mangan ve diğer organik maddeler (<%2) oluşturmaktadır. Bu çalışmada hem atığın çevreye vereceği zararı azaltmak hem de işletmelere atığı bertaraf etme maliyeti oluşturan bol miktarda bulunan yumurta kabuğunun yapısını oluşturan inorganik maddeler sebebiyle yanmaya karşı önemli bir yanma mukavemeti sağlayacağı düşünülmüştür. Maliyet ve bol miktarda temin edilme kolaylığı ve sahip olduğu rengi nedeniyle OPK üretiminde kullanılması avantajlı olacaktır. Bu çalışmada polipropilen, odun unu ve yumurta kabuğu farklı oranlarda karıştırılarak OPK malzeme üreterek, dolgu maddesi olarak kullanılan yumurta kabuğu içeriğinin yanma mukavemetine olan etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Materyal

OPK üretiminde kızılçam dan elde edilen odun unu, Polipropilen (PP), yumurta kabuğu tozu ve uyumsuzluk giderici ajan olarak da MAPP kullanılmıştır. Polimer matris İzmir PETKİM firmasından, MAPP Clariant International firmasından, odun unu Kahramanmaraş ilinde ticari faaliyet gösteren firmadan, yumurta kabuğu ise beyaz kabuklu olmak üzere marketlerde satılan yumurtalardan elde edilmiştir. Talaşlar ve yumurta kabuğu KSU Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği bölümü laboratuvarında 60 mesh boyutuna getirilmiş ve OPK üretiminde kullanılmıştır.

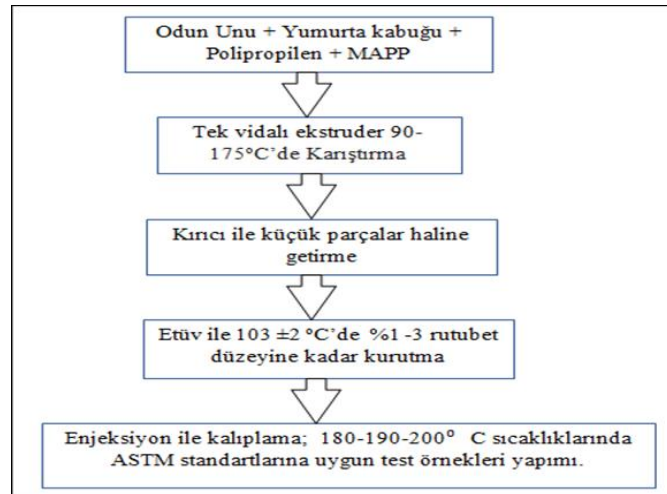
Metot

Hazırlanan karışımdan üretilen OPK malzemelerin üretim parametre değerleri Tablo 1' de verilmiştir.

Tablo 1. OPK Üretimine Ait Parametreler

Levha Kod	Odun Unu (%)	PP (%)	Yumurta Kabuğu (%)	MAPP (%)
A	30	70	0	0
B	30	65	5	0
C	30	60	10	0
D	30	55	15	0
E	30	67	0	3
F	30	62	5	3
G	30	57	10	3
H	30	52	15	3
I	0	70	30	0

Tablo 1' de kodlara göre numunelerinin karışım oranları verilmiştir. Bu oranlara bağlı olarak test numuneleri üretilmiştir. Üretimde karışımı oluşturan PP, odun unu, yumurta kabuğu ve MAPP karıştırıcı kullanılarak homojen bir hale getirilmiştir. Karışım tek vidalı ekstruder ile belirli sıcaklık aralığında (90-175 °C) karıştırılmış PP' nin erimesi ile üretilen peletler soğuk su ile muamele edilmiş fazla su uzaklaştırılmıştır. Peletler kırıcı ile daha küçük boyutlara getirilmiş karışım parçacıkları etüvde rutubet oranı %1-3 değişmez hale gelinceye kadar 103 ±2 °C'de kurutma işlemi yapılmıştır. Daha sonra bu karışım parçacıkları 180-190-200 °C sıcaklık aralığı belirlenen enjeksiyon kalıplama makinesi kullanılarak yapılacak testlere uyumlu bir şekilde ASTM standartlarına göre belirlenen test numuneleri halinde kalıplanmıştır. Test numunelerinin üretiminde enjeksiyon makine hızı (80 mm/sn), basınç (100 bar) ve vida hızı (40 dev/dk) belirlenmiştir. Test numunelerinin üretim iş akışı Şekil 1' de verilmiştir.



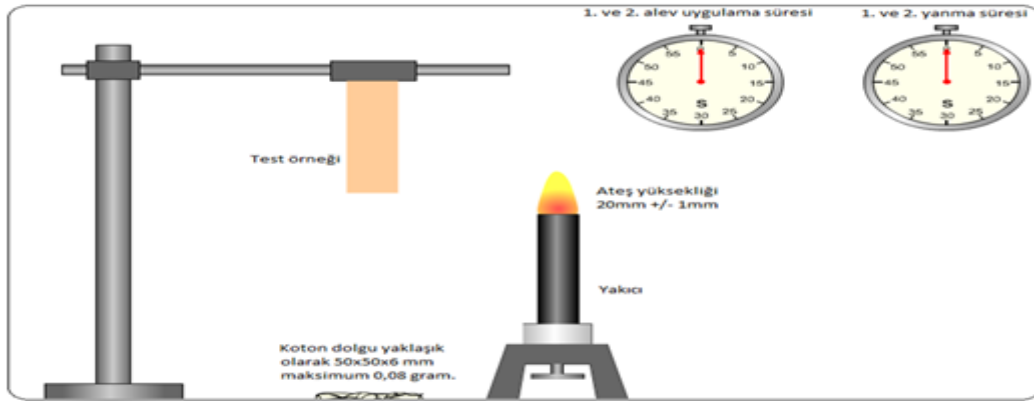
Şekil 1. Test Numuneleri Üretim İş Akış Şeması

Yanma Dayanımı Testi

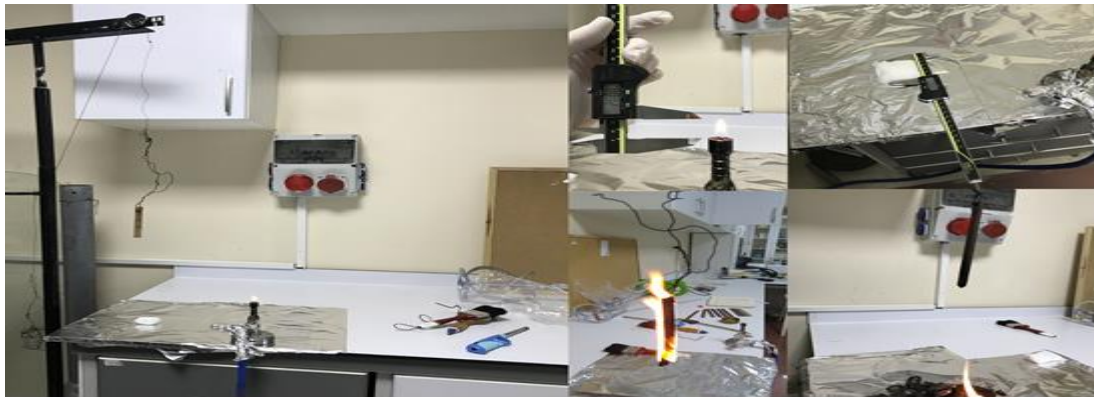
OPK test numunelerinin yanma dayanımı testi UL94 standardına uygun olarak yapılmıştır. Her test grubu için 5 tekrarlı olmak üzere 13x4x125 mm boyutlarındaki test numuneleri ilgili standarda göre alev kaynağına, belirli sürelerde maruz bırakılmıştır. Yanma dayanımı test düzeneğinde alev beki üstü ile test numunesinin arasındaki mesafe 10 mm ve alev boyu ise 20 mm olarak belirlenmiştir (Şekil 2). Test numunesi 10 sn alev kaynağına maruz bırakılır ve alev kaynağından uzaklaştırılarak alevin sönmesi için geçen süre (t1) belirlenir. Numune tekrar 2. kez yine 10 sn alev kaynağına maruz bırakılır ve oluşan alevin sönme süresi (t2) belirlenir bu arada kor görünüm süreside (t3) kaydedilir. Aynı zamanda test numunesinin yanması sebebiyle test numunesinin altına yerleştirilen pamuk üzerine eriyen damla sayısı belirlenir. Elde edilen veriler ile numunelere ait yanmanın süresi (V-0) numunenin yanma toplam süresi (V-1) ve pamuk üzerine düşen damla sayısı (V-2) tespit edilir. UL94 yanma dayanımının derecesinin belirlenmesinde uygulama şartları Şekil 2’de verilmiştir. Yanma testi ile uygulamalar ise Şekil 3’te verilmiştir.

Tablo 2. Yanma Dayanımı Belirlenmesi Sınıflandırma Şartları (UL-94)

Yanma Dayanım derecesi (UL 94 V)	V-0	V-1	V-2
Test Kriterleri			
Her bir test numunesinin yanma zamanı (s) (Birinci ve ikinci alev uygulamalarından sonra)	≤10	≤30	≤30
Toplam yanma süresi(s) (10 sn alev uygulamaları)	≤50	≤250	≤250
İkinci alev uygulamasından sonra yanma ve yanma sonrası süreleri(s)	≤30	≤60	≤60
Yanan örneklerin damlaması (pamuk tutuşması)	Hayır	Hayır	Evet
Tutma kelepçesine kadar yanma (tamamen yanmış örnekler)	Hayır	Hayır	Hayır



Şekil 2. Yanmazlık Derecesi Belirleme Test Şeması



Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.. UL 94 Yanma Dayanımı Test Uygulaması Fotoğu

FTIR Analizi (Fourier Transform Infrared Spectroscopy)

OPK test numunelerin FTIR analizi KSÜ-ÜSKİM de Shimadzu markalı FTIR 8400s kodlu spektrofotometre cihazı kullanılarak yapılmıştır. Toplamda 11 grup olan numuneler için FTIR analizi yapılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

UL 94 V -Yanma Direnci Test Bulguları

Yumurta kabuğu içeriğinin OPK malzemelerdeki yanma dayanımına etkisinin belirlenmesinin yanma ve tutuşma sürelerine bağlı olarak tespit edilmesi için test numunelerine UL94 V testi gerçekleştirilmiştir. OPK malzemelere uygulanan test sonucu, elde edilen veriler Tablo 3’de verilmiştir.

OPK malzemelerde yumurta kabuğu içeriğinin artmasına bağlı olarak yanma dayanımının olumlu etkilendiği görülmüştür. MAPP kullanılmayan A kodlu kontrol örneği yanma süresi 65 sn iken %15 yumurta kabuğu içeren D kodlu test numunesinin yanma süresi 125 saniyedir. Toplam yanma süresinde yine benzer bir durum söz konusu olup kontrol örneği V-1 için 328 sn iken %15 yumurta kabuğu içeriğine sahip numunedeki süre ise 637 saniyedir. Kontrol örneğinde damlama sayısı 9 iken D kodlu numunede damlama sayısı 15 olarak belirlenmiştir.

MAPP kullanılarak üretilen OPK malzemede, kullanılan yumurta kabuğu içeriğinin artması ile tutuşma süresinin geciktiği ek olarak da yanma süresinin arttığı görülmektedir. Tutuşma ve yanma sürelerinin artmasında MAPP kullanımı olumlu etkiyi artırmıştır. H kodlu numuneler bir süre sonra yandıktan sonra tamamen bir yanma olmadığı ve yanmanın bittiği gözlemlenmiştir. Yumurta içeriğinin en fazla olduğu H grubu ile PP %70 ve yumurta içeriğinin %30 olduğu I kodlu numunelerde t_1 ve t_2 tutuşturma süreleri sonunda tutuşmadığı ve yanma olayının olmadığı belirlenmiştir. Yumurta kabuğu tutuşma süresi ve yanma süresi üzerine geciktirmeye yönelik olumlu bir etki yapmıştır. Özellikle son dönemlerde yaşam alanlarında, iş yerlerinde, dış cephe kullanımını ile bahçe mobilyalarında kullanılan OPK malzemelerde yanmaya karşı direncin artırılması amaçlı yumurta kabuğunun dolgu malzemesi olarak kullanımının mümkün olduğu tespit edilmiştir. Test numunelerine ait UL94 V testi verileri Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. OPK Malzemelerin Yanma Direnci Test Verileri

		V-0	V-1	V-2	Pamuğun damlayan parçalar, damlalar ile alev alması	Parçanın tamamen yanması
A	T ₁ alev alma süresi	65 (sn)	328 (sn)	9 (damla)	Evet	Evet
B	T ₁ Alev alma süresi	93 (sn)	482 (sn)	8 (damla)	Evet	Evet
C	T ₁ Alev almadı T ₂ Alev alma süresi	112 (sn)	545 (sn)	17(damla)	Evet	Evet
D	T ₁ Alev süresi 30 sn sonra söndü T ₂ (Alev alma süresi) t_1+t_2 (toplam yanma) T ₂ Alev süresi 85 sn sonra söndü	125 (sn)	637 (sn)	15(damla)	Evet	Evet
E	T ₁ Alev alma süresi	62 (sn)	358 (sn)	18 (damla)	Evet	Evet
F	T ₁ Alev almadı T ₂ (Alev alma süresi)	88 (sn)	435 (sn)	17(damla)	Evet	Evet
G	T ₁ Alev almadı T ₂ Alev sönme süresi t_3 kor görünüm 14 sn	137 (sn)	678 (sn)	16(damla)	Evet	Evet
H	T ₁ Alev almadı T ₂ Alev almadı	-	-	-	Hayır	Hayır
I	T ₁ Alev almadı T ₂ Alev almadı	-	-	-	Hayır	Hayır

*T₁: Alev alma süresi 1.uygulama, T₂: Alev alma süresi 2.uygulama, t_1+t_2 : Beş örnek için, T₁ ve T₂ yanma zamanın toplamı, t_2+t_3 : Alev sönme süresi t_2 ve sönme sonrası kor görünümün devam etme süresi t_3 .

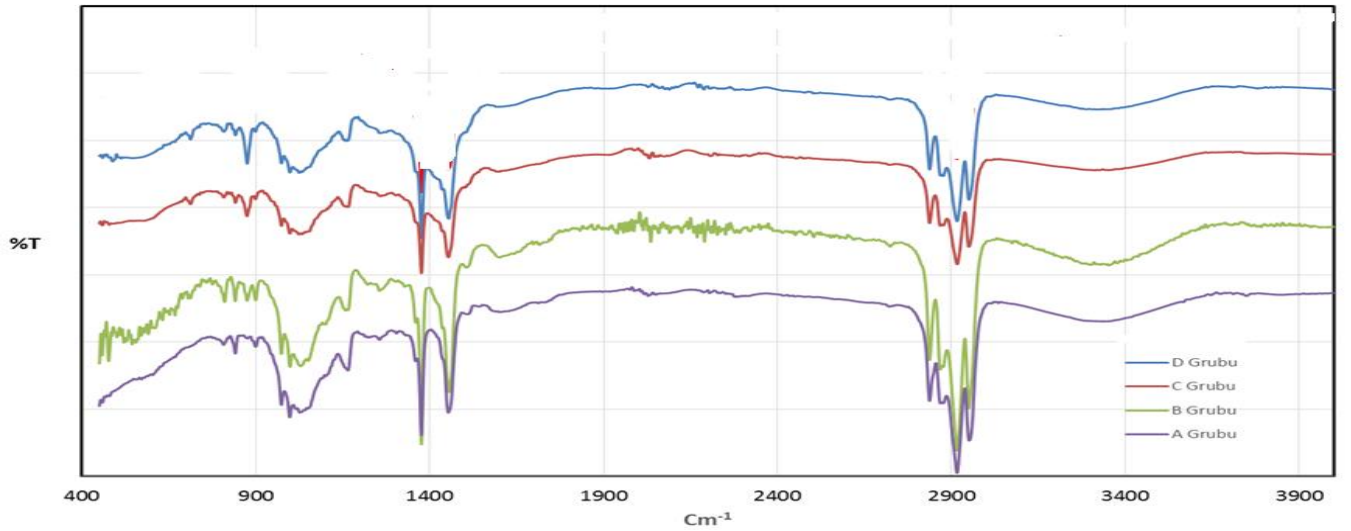
OPK malzemelerin yanma direncini artırmak için mineral madde kullanılmış ve olumlu etki yaptığı belirlenmiştir (Kurt, & Mengeloğlu, 2011; Özdemir, 2020).

FTIR- (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) Analiz Değerlendirmesi

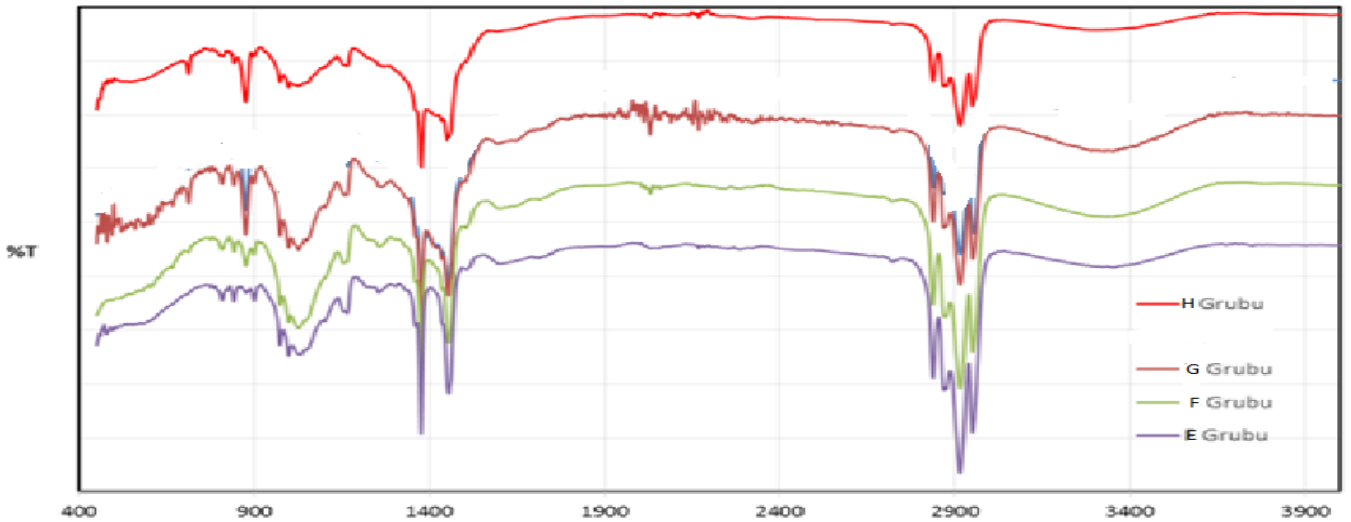
Test numunelerinin Fourier Transform Infrared Spektroskopi (FTIR) belirlenmiştir. FTIR analizi yapılması ile elde edilen spektrumlar OPK malzemenin karakterizasyonun belirlenmesi için önemli bir veri olmuştur. Test numuneleri birbirine benzer bant aralıkları sergilemişlerdir. FTIR analizi ile üretilen malzemelerin molekül oluşumunda yer alan çeşitli bağların titreşin frekanslarının ölçülmesi ve molekül oluşumunda bulunan kimyasal bağların tespit edilerek kıyaslanması yapılmıştır. Malzeme üretiminde kullanılan organik-inorganik test örneklerinin nitel ve nicel olarak belirlenmesinde ve birçok farklı bileşenin tespitinde önemlidir. Test numunelerinin FTIR analizi sonucunda fonksiyonel gruplar ve kovalent bağ yapısı ortaya konmuştur.

OPK malzemeler için FTIR spektrumunda 400-1500 cm^{-1} aralık parmak izi bölgesi olarak kabul edilir ve kompozit malzeme moleküllerinin kendine özgü karakteristik gerilme titreşimlerini gösterir. Fonksiyonel grup bölgeleri ise spektrumda 1500-4000 cm^{-1} aralığındadır.

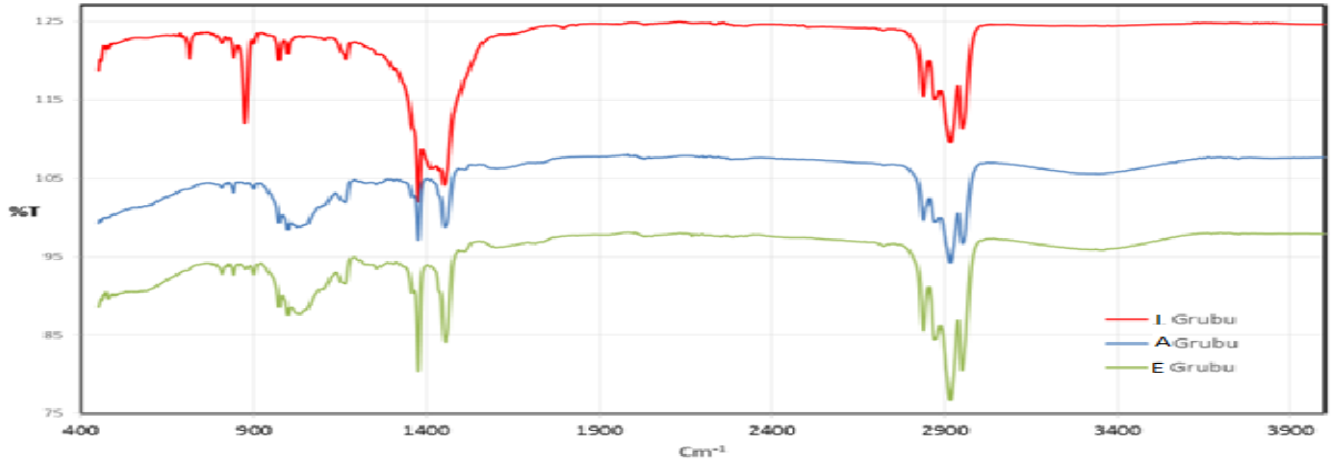
İçerisinde yumurta kabuğu, polipropilen ve odunu kullanılarak üretilen, kodları A, B, C ve D olan grupların FTIR spektrumu Şekil 4'de, aynı içeriğin içerisine MAPP ilave edilerek üretilen E, F, G ve H, gruplarının FTIR spektrumu Şekil 5'de ve kontrol örneklerinin kıyaslanabilmesi içinde A, E ve I grupları Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 4. A, B, C ve D Kodlu Numunelere Ait FTIR Grafiği



Şekil 5. E, F, G ve H Kodlu Numunelere ait FTIR Grafiği

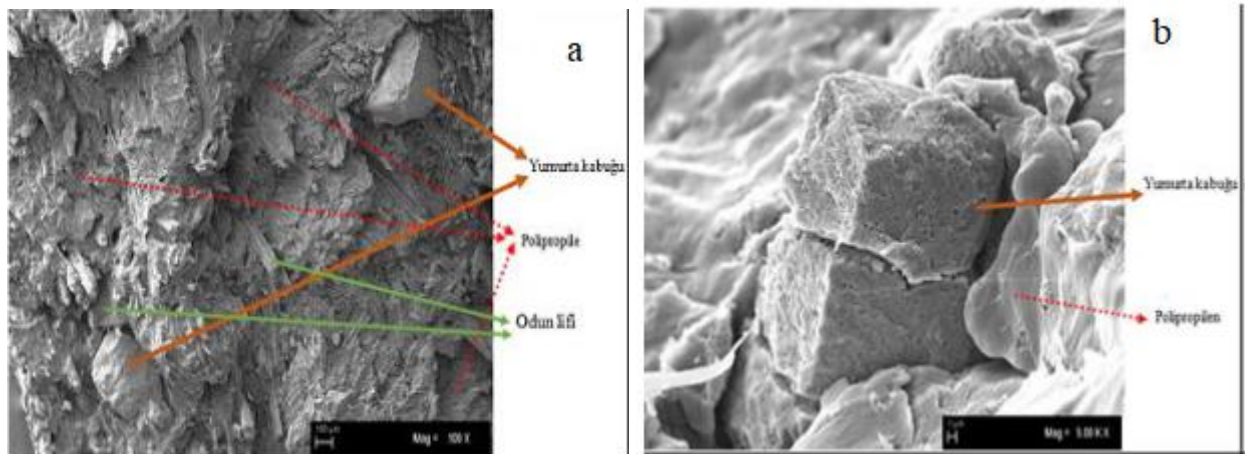


Şekil 6. A, E ve I Kodlu Numunelere ait FTIR Grafiği

FTIR analizinde üretilen OPK malzemeler içerisinde yer alan kontrol örnekleri, MAPP kullanılan ve kullanılmayan test numuneleri ayrı ayrı olmak üzere kendi aralarında olmak üzere FTIR spektralleri karşılaştırılmıştır. Tablo 1’ de görüldüğü üzere odununun miktarı %30 olarak sabit tutulmuştur. Buna bağlı olarak da 3400 cm-1 bandında bu durum yatay bir band olarak görülmektedir (Tomak et al., 2018). Polipropilen yapısında asimetrik ve simetrik -CH₃ ve -CH₂ ihtiva eden alifatik C-H titreşimler 2800-2900 bantları arasında tespiti edilmiştir (Morent et al., 2008). PP içerisindeki C-C bağlarına ait gerilme titreşimleri ise 1400 bant civarında belirlenmiştir. MAPP kullanımına ait herhangi bir pik belirlemek mümkün olmamıştır. Çünkü reaktifler sebebiyle yoğun bant oluşumlarından dolayı görülmesinin mümkün olmadığı düşünülmektedir.

Taramalı Elektron Mikroskopu (Scanning Electron Microscope- SEM) Fotosu

Belirli oranlarda dolgu maddesi olarak kullanılan yumurta kabuğunun test numuneleri içerisindeki dağılımı Taramalı Elektron Mikroskopu ile belirlenmiştir Şekil 5. Fotonun elde edilmesinde en yüksek oranda yumurta kabuğu içeren D grubu test numunelerinin enine kesiti tercih edilmiştir. Şekil 5’ de polipropilen, yumurta kabuğu ve odun unu arasındaki uyum görülmektedir. Dolgu maddelerinin özellikle gözenekli yapıya sahip olanların OPK malzemenin mekanik özelliklerini olumlu etki ederken, genel olarak dolgu maddeleri OPK malzemenin mekanik, fiziksel ve yüzey özellikleri üzerine olumsuz etki ettikleri bilinmektedir (Özdemir, 2021). Taramalı Elektron Mikroskopu fotosunda polipropilen, yumurta kabuğu ve odun ununun homojen dağılımı belirlenmiştir. Dolgu maddelerinin partikül büyüklüğü de direnç özellikleri üzerine etkilidir (Akpınar vd., 2019). Yumurta kabuğunun kimyasal yapısını oluşturan önemli bileşenlerden olan kalsiyumun yanı sıra mineral maddeler ısıyı absorban etmesi sebebiyle yanmaya karşıda dayanımı artırmaktadır (Kaya & Oz, 1999). OPK malzeme bileşenlerinin birbiri ile uyumunun belirlenmesi SEM fotosu ile tespit edilmiştir (Şekil 7). SEM fotosunda odun unu, yumurta kabuğu ve polipropilen arasındaki uyum görülmektedir.



Şekil 7. OPK Malzemelerin SEM Fotosu (a-b) (Özdemir & Özğan, 2021)

SONUÇ VE ÖNERİLER

Elde edilen veriler göre sonuç olarak;

- OPK malzeme üretiminde kullanılan yumurta kabuğu içeriğinin artması ile malzemelerin tutuşma sürelerinde gecikme olduğu ve ayrıca yanma sürelerinin kontrol örneğine kıyasla uzadığı belirlenmiştir.
- Yanma dayanımı en yüksek olan grupların MAPP kullanılan ve %15 (V0) yumurta kabuğu içeriğine sahip grubun olduğu tespit edilmiştir.
- Yumurta kabuğu içeriğinin yanma dayanımını artırmaktadır. Son zamanlarda yaşam alanlarında yaygın olarak kullanılmaya başlanan OPK malzemelerin üretiminde yanma olayında önemli bir etken olan tutuşma ve yanma hızını azaltması nedeni ile dolgu maddesi olarak yumurta kabuğu kullanılabilirliği ortaya çıkmaktadır.
- Önemli bir atık olarak kabul edilen büyük miktardaki yumurta kabuğu atığının iyi bir geri dönüşümü ile kompozit malzeme üretiminde dolgu maddesi olarak kullanımının mümkün olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
- OPK üretiminde yumurta kabuğu atığı ve kullanılabilir oranının yüksek olması sebebiyle malzeme üretim maliyeti açısından ekonomik olarak katkı sağlayacağı belirlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu makale Ali Osman ÖZĞAN'ın yüksek lisans tezinden üretilmiş olup Çukurova 7. International Scientific Researches Conference 7 -8 September 2021 / Adana, TURKEY 'de kısmen sunulmuştur. 2018/1-7 YLS nolu proje ile çalışmayı desteklediği için KSU-BAP birimine ve OPK üretimine yardımcı olduğu için Prof. Dr. Fatih MENGELOĞLU' na teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Akpınar B. A., Kuru, D. & Sert, S. (2019). Atık Yumurta Kabuğu Katkısının Polyester Kompozit Malzeme Üretimine Etkisi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi *Fen Bilimleri Dergisi*, Cilt 6, 135 – 145. <https://doi.org/10.35193/bseufbd.582065>.
- Atagür, M., Sarikanat, M., Uysalman, T., Polat, O., Elbeyli, İ. Y., Seki, Y., & Sever, K. (2018). Mechanical, thermal, and viscoelastic investigations on expanded perlite-filled high-density polyethylene composite, *Journal of Elastomers & Plastics*, 50(8), 747–761. <https://doi.org/10.1177/0095244318765045>
- Alam, S., Habib, F., Irfan, M., Iqbal, W., & Khalid, K. (2010). Effect of orientation of glass fiber on mechanical properties of GRP composites, *Journal of the Chemical Society of Pakistan*, 32: 265–269. <https://doi.org/10.1177/00952443187650>
- Baral, D., De, P., & Nando, G. B. (1999). Thermal characterization of mica-filled thermoplastic polyurethane composites, *Polymer Degradation and Stability*, 65(1), 47–51. [https://doi.org/10.1016/S0141-3910\(98\)00215-8](https://doi.org/10.1016/S0141-3910(98)00215-8)
- Bongiorno L., “*Green, Greener, Greenest*”, A Perigee Book, 2008.
- Borazan, A. A., Duygu, K. U. R. U., & Süleyman, S. E. R. T. (2019). Atık Yumurta Kabuğu Katkısının Polyester Kompozit Malzeme Üretimine Etkisi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, *Fen Bilimleri Dergisi*, 6, 135-145. <https://doi.org/10.35193/bseufbd.582065>
- Demjén, Z., Pukánszky, B., & Nagy, J. (1998). Evaluation of interfacial interaction in polypropylene/surface treated CaCO₃ composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 29(3), 323–329. [https://doi.org/10.1016/S1359-835X\(97\)00032-8](https://doi.org/10.1016/S1359-835X(97)00032-8)

- Erden, S., Sever, K., Seki, Y., and Sarikanat M. (2010). Enhancement of the mechanical properties of glass/polyester composites via matrix modification glass/polyester composite siloxane matrix modification. *Fibers and Polymers* 11: 732–737. DOI 10.1007/s12221-010-0732-2
- Gan, D., Cao, W., Song, C., & Wang, Z. (2001a). Mechanical properties and morphologies of poly (ether ketone ketone)/glass fibers/mica ternary composites. *Materials Letters*, 51(2), 120–124. [https://doi.org/10.1016/S0167-577X\(01\)00276-2](https://doi.org/10.1016/S0167-577X(01)00276-2)
- Gan, D., Lu, S., Song, C., & Wang, Z. (2001b). Mechanical properties and frictional behavior of a mica-filled poly (aryl ether ketone) composite. *European Polymer Journal*, 37(7), 1359–1365. [https://doi.org/10.1016/S0014-3057\(01\)00010-6](https://doi.org/10.1016/S0014-3057(01)00010-6)
- Gan, D., Lu, S., Song, C., & Wang, Z. (2001c). Physical properties of poly (ether ketone ketone)/mica composites: effect of filler content. *Materials Letters*, 48(5), 299–302. [https://doi.org/10.1016/S0167-577X\(00\)00318-9](https://doi.org/10.1016/S0167-577X(00)00318-9)
- Gwon, J. G., Lee, S. Y., Chun, S.J., Doh, G.H., & Kim J.H., (2010). Effects of chemical treatments of hybrid fillers on the physical and thermal properties of wood plastic composites. *Composites A* (2010), 1491-1497. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2010.06.011>
- Hetzer, M., & Kee, D., (2008) Wood/polymer/nanoclay composites, environmentally friendly sustainable technology: a review. *Chem. Eng. Res. Des.* 16:1016–1027. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2008.05.003>
- Huang, R., Kim, B.-J., Lee, S., Zhang, Y., & Wu, Q. (2013). Co-extruded wood-plastic composites with talc-filled shells: morphology, mechanical, and thermal expansion performance. *BioResources*, 8(2).
- Karrad, S., Lopez Cuesta, J., & Crespy, A. (1998). Influence of a fine talc on the properties of composites with high density polyethylene and polyethylene/polystyrene blends. *Journal of Materials Science* 33, 453–461.
- Kaya, M., & Oz, D., (1999). Mineral Esaslı Alev Geciktirici ve Duman Bastına Katkı Maddeleri, 3. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 14-15 Ekim 1999, İzmir, Türkiye.
- Kurt, R., & Mengeloğlu, F. (2011). Utilization of boron compounds as synergists with ammonium polyphosphate for flame retardant wood-polymer composites. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35(2), 155-163. DOI 10.3906/tar-0910-508
- Li, Z., Shen, S. Y., Peng, J. R., & Yang, C. R. (2003). Mechanochemical Modification of Wollastonite and its Application to Polypropylene. *Key Engineering Materials*, 249, 409–412. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.249.409>
- Lopez, F.A., Martin, M. I., Alguacil, F.J., Alguacil, J. M., & Rincón, T. A. (2012). Centeno, and M. Romero, Thermolysis of fiber glass polyester composite and reutilization of the glass fiber residue to obtain a glass-ceramic material. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 93: 104–112. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2011.10.003>
- Mathew M.T., Padaki N. V., Rocha, L.A., Gomes, J. R., Alagirusamy, R., Deopura, B. L., & Fanguero, R. (2007). Tribological properties of the directionally oriented warp knit GFRP composites. *Wear*, 263: 930–938. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2006.12.001>
- Meng, M.R., & Dou, Q. (2008). Effect of pimelic acid on the crystallization, morphology and mechanical properties of polypropylene/wollastonite composites. *Materials Science and Engineering: A*, 492(1-2), 177–184. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2008.03.048>
- Morent, R., De Geyter, N., Leys, C., Gengembreb L. & Payen, E. (2008). Comparison between XPS- and FTIR-analysis of plasma-treated polypropylene film surfaces, *Surface and Interface Analysis*, 40, 597-600. <https://doi.org/10.1002/sia.2619>

Nielsen, L.E., & Landel, R. F. (1994). Mechanical properties of polymers and composites. *New York:Marcel Dekker Textile Research Journal*, 64(11), pp.696–696.

Özdemir, F. (2020). Perlit İçeriğinin Odun Plastik Kompozitlerin Yanma Dayanımına Etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 22(3), 852-860. <https://doi.org/10.24011/barofd.754531>

Özdemir, F. (2021). Perlit Kullanımı ile Odun Plastik Kompozitlerin Fiziksel, Mekanik ve Yüzey Özelliklerindeki Değişimlerin Belirlenmesi, *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(1), 15-23.

Özdemir, F., & Özğan, A. O. (2021). Odun plastik kompozit malzemede yumurta kabuğu kullanımının yanma dayanımına etkileri, *Cukurova 7th International Scientific Researches Conference 7-8 September 2021 / Adana, Turkey*.

Özğan, A. O. (2019). Yumurta Kabuğunun Odun Plastik Kompozit Malzemede Kullanımının Araştırılması” *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi*.

Pastorini M.T., & Nunes R.C.R. (1999). Mica as a filler for ABS/polycarbonate blends. *Journal of Applied Polymer Science*, 74: 1361–1365. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4628\(19991107\)74:6<1361::AID-APP6>3.0.CO;2-U](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4628(19991107)74:6<1361::AID-APP6>3.0.CO;2-U)

Pinto, U. A., & Visconte, L. L. Y., & Reis Nunes, R. C. (2001). Mechanical properties of thermoplastic polyurethane elastomers with mica and aluminum trihydrate. *European Polymer Journal*, 37(9), 1935–1937. [https://doi.org/10.1016/S0014-3057\(01\)00069-6](https://doi.org/10.1016/S0014-3057(01)00069-6)

Švab, I., Musil, V., Šmit, I., & Makarovič, M. (2007). Mechanical properties of wollastonite-reinforced polypropylene composites modified with SEBS and SEBS-g-MA elastomers. *Polymer Engineering & Science*, 47(11), 1873–1880. <https://doi.org/10.1002/pen.20897>

Thio, Y. S., Argon, A. S., Cohen, R. E., & Weinberg, M. (2002). Toughening of isotactic polypropylene with CaCO₃ particles. *Polymer*, 43(13), 3661–3674. [https://doi.org/10.1016/S0032-3861\(02\)00193-3](https://doi.org/10.1016/S0032-3861(02)00193-3)

Tomak, E. D., Ustaomer, D., Ermeýdan, M.A., & Yıldız, S. (2018). An investigation of surface properties of thermally modified wood during natural weathering for 48 months, *Measurement*, 127,187-197. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.05.102>

UL 94, 2006. Test for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances.

(URL-1) Yumurta kabuğundan kâğıt üretimi (2019). <https://www.milliyet.com.tr/ekonomi/yumurta-kabugundan-kagit-uretildi-2366104>, erişim.26.10.2022

Zhou, Y. Li, Y., Zhong, H., Hou, J., Ding, Y. & Yang, C. (2006). Hybrid nanocrystal/polymer solar cells based on tetrapod-shaped CdSexTe1-x nanocrystals, *Nanotechnology*, 17 pp. 4041-4047. DOI 10.1088/0957-4484/17/16/008