

Kitosan Katkılı PP Polimerin Yanmayı Geciktirme Özelliği Üzerine Etkilerinin İncelenmesi

Nurettin YAMANKARADENİZ¹, Erol KILIK², Tolga MERAL^{2,*}

¹Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bursa, Türkiye

²Uludağ Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bursa, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

Alınma: 17.11.2020

Kabul: 09.12.2020

Anahtar Kelimeler:

Kitosan

ANOVA

Yanma

PP polimeri

Alev geciktirici

ÖZET

Doğal halindeyken kolay tutuşabilir özellikteki pek çok termoplastik malzemenin yangına karşı daha güvenli bir yapıda olabilmesi için kullanılmakta olan geleneksel alev geciktirici katkı maddelerinin birçoğunun, insan sağlığı ve çevreye zararlı olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, sağlıklı ve çevreci bir yaklaşım olması bakımından doğal katkı maddelerinin alev geciktirici olarak kullanılması ve bunun yaygınlaşması önemlidir. Hammaddesi ağırlıklı olarak kabuklu deniz canlılarının kabukları olan kitosanın, doğal polimerik bir katkı maddesi olarak daha yaygın kullanılmasının ülkemiz adına katma değer yaratabileceği düşünülmektedir. Bu çalışmada, PP polimeri ve ağırlıkça üç farklı oranda kitosan katkısı kullanılarak üretilmiş kitosan/PP kompozit malzemelerin yanma davranışları araştırılmıştır. Kitosanın PP polimerinin yanma davranışına etkilerini belirlemek amacıyla kızgın tel deneyi uygulanmış ve bu deneylerde alev alma süresini etkileyen parametreler istatistiksel olarak incelenmiştir. Kitosan katkı oranı ve sıcaklık parametrelerinin alev alma süresi üzerindeki etki oranlarını belirlemek için varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Ayrıca, kitosan katkısının kompozit malzemelerin yoğunluk ve sertlik değerlerine etkisi belirlenmiştir.

Investigation the Effects of Chitosan Added PP Polymer on Burn Retarding

ARTICLE INFORMATION

Received: 07.11.2020

Accepted: 09.12.2020

Keywords:

Chitosan

ANOVA

Burning

PP polymer

Flame retardant

ABSTRACT

It is known that many of the traditional flame retardant additives used in order to make many thermoplastic materials, which are easily flammable in their natural state, in a safer structure against fire, are known to be harmful to human health and the environment. For this reason, it is important to use natural additives as flame retardants in order to be a healthy and environmentally friendly approach. It is thought that the widespread use of chitosan, whose raw material is mainly the shells of shellfish, as a natural polymeric additive can create added value for our country. In this study, the burning behavior of chitosan / PP composite materials produced using PP polymer and chitosan additives in three different proportions was investigated. In order to determine the effects of chitosan on the burning behavior of the PP polymer the hot wire test was applied and the parameters affecting the flame time were statistically investigated in these experiments. Analysis of variance (ANOVA) was applied to determine the effect of chitosan additive rate and temperature parameters on the ignition time. In addition, the effect of chitosan additive on the density and hardness values of composite materials was determined.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Teknolojinin birçok alanına girmiş olan polimerlerin fiziksel, mekanik, tribolojik, yanma ve antibakteriyel davranışlarının geliştirilebilmesi mümkün olmaktadır. Polimer esaslı kompozit

* E-mail of the corresponding author: tolgamer@uludag.edu.tr

malzeme üretimi alanında polipropilen (PP), çok yönlü özellikleri sayesinde oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Polipropilen, benzer malzemelere göre düşük yoğunluğa sahip ve uzun ömürlü bir polimerdir. Propilen gazının polimerizasyonu ile üretilen PP, yarı kristalin yapılı, nem tutma oranı düşük ve şeffaf bir görünüme sahiptir. Termoplastikler için kullanılan bütün üretim metotları ile kullanılabilir. Bunlara ilaveten, termal, mekanik ve ekonomik özellikleri sayesinde, otomotiv ve elektrikli el aletleri parçalarının üretilmesi gibi mühendislik çalışmalarında oldukça geniş bir uygulama alanı bulmaktadır. Ayrıca, doğal polimer katkılı PP kompozitlerin üretilmesi üzerine yapılan çalışmalar ve gelişmeler oldukça umut vericidir [1-10].

Kitosan (Cs), kokusuz, tatsız, yarı şeffaf ve antibakteriyel özelliği ile dikkat çeken doğal bir polimerdir. Hammaddesi ise yengeç, karides gibi su canlılarının ve böceklerin kabukları olup kimyasal ve biyolojik yöntemlerle işlenerek elde edilmektedir. Kitosan üretimi ağırlıklı olarak Japonya, Amerika, Norveç, Meksika, Şili gibi birçok ülkede yapılabilmektedir. Kitosan, polimer esaslı kompozitlerin üretiminde katkı maddesi olarak kullanılmasının yanında, ilaç, gıda katkı, gıda ambalajı, tarımsal, biyomedikal ve tekstil ürünleri gibi ürünlerin imalatında uygulama alanı bulabilmektedir [11-20]. Kitosan biyobozunur ve biyoyumlu olma özelliğine sahiptir. Toksik bir etkisi de yoktur. Ayrıca, inorganik olanlarda sınırlı olsa da özellikle organik asidik çözeltilerde çözülebilmektedir. Polimer kompozitlerin üretim sürecinde, sentetik katkı maddelerinin yerini alabilen doğal katkı maddeleri arasındadır [21-24].

Kompozit üretiminde, yanmaya karşı performansı geliştirmek amacıyla katkı olarak kullanılan bileşiklerin ana kategorileri, mineraller, halojenler, fosfor, azot, silikon gibi malzemeler içeren ve nanometrik bileşiklerdir. Termoplastiklerin pek çoğu doğal halindeyken yanıcıdır. Bu durum, malzemenin kullanıldığı yere de bağlı olarak çoğu zaman yangın güvenliği bakımından güvensiz bir durum oluşturmaktadır ve alev almasıyla birlikte zamanında söndürülemez ise alevler yayılmaktadır. Bu duruma çözüm üretilmesi amacıyla doğal polimer katkılarının alev geciktirici özellikleri üzerine araştırmalar yapılmaktadır. Bu katkıları yanmayı yavaşlatıp alevlerin diğer bileşenlere sıçramasını geciktirmekte ya da engelleyebilmektedir. Bu sayede, farklı nedenlere bağlı olarak meydana gelen sıcaklık artışları nedeniyle yangının başlama ihtimali düşürülebilmektedir [25, 26].

Literatürde, hem kitosan katkılı polimer kompozitlerin üretilmesi hem de bu malzemelerin yanmayı geciktiricilik özellikleri üzerine yapılan çalışmalar sınırlı sayıdadır. Geleneksel alev geciktirici katkı maddelerinin birçoğu, özellikle de halojenlerin bir kısmı, hem insan sağlığına hem de çevreye zararlı olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, doğal katkı maddeleri ya da polimerler kullanılarak üretilen alev geciktirici özelliğe sahip kompozitler üzerine yapılan çalışmalar dikkat çekmektedir.

Laoutid ve arkadaşları [25], çeşitli alev geciktiricileri araştırmışlardır. Çalışmada yanmaya karşı güvenli olan polimer esaslı kompozit malzemelerin elde edilmesi konusunda gelişmelerin devam ettiği ve tek bir alev geciktiricinin yeterli olamayacağı belirtilmiştir. Costes ve arkadaşları [26], doğal, yenilebilir ve kolay bulunabilen polimerik katkı malzemeleri kullanılarak yapılan alev geciktirici özelliğe sahip kompozitler ile ilgili yaptığı çalışmada, yangına dirençli malzemelere yönelik gelişmeler incelenmiştir. Söz konusu araştırmanın sonuçları, bitkisel yağlar gibi muhtelif biyolojik esaslı bileşiklerin kömürleşme özelliklerine bağlı olarak alev geciktirici olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Xiao ve arkadaşları [27], sentezlemiş oldukları kitosan bazlı karbonlaşma maddesini (HUMCS) sinerjist olarak kullanıp, şişen ve alev geciktirici özellikte hazırlanmış olan PP esaslı kompozit malzeme (IFR-PP) üzerine olan etkisini araştırmışlardır. Çalışmada, bu yeni malzemeye ait mekanik özelliklerin olumsuz etkilenmesine rağmen yanmaya karşı olumlu bir etkisi olduğu belirtilmiştir. Chen ve arkadaşları [28], kitosan (Cs) ve amonyum polifosfatın (APP) polilaktik asitin (PLA) yanma davranışlarına etkisi üzerine araştırma yapmışlardır. Çalışmada, Cs/APP karışımının PLA'nın alev geciktiriciliğinde etkili olduğu ve çevre dostu bir özelliğe sahip olan kitosanın diğer polimerler ile alev geciktirici olarak kullanılabilmesi vurgulanmıştır. Hirschler [29], poliüretan (PU) köpüğünün dış yüzeyini kitosanlı bir karışımdan ürettikleri bir film katmanıyla kaplamıştır. Çalışmada, kitosan, montmorillonit kili ve polilaktik asit karışımı filmin alev geciktirici bir etkisi olmasına rağmen, PU köpüğünün genel olarak yangına karşı güvenli bir malzeme olarak kullanılamayacağı belirtilmiştir. Hassan ve arkadaşları [30], organik modifiyeli montmorillonit

(OMMT) ile kitosan fosfatlı melamin tuzunu (MCHP) birlikte kullanarak, lineer düşük yoğunluklu polietilenin (LAYPE) termal kararlılık ve yanma davranışlarına etkilerini araştırmışlardır. Elde edilen kompozitin yanma sürecinde karbon kalıntıları oluşturduğu ve yanmaya karşı belirgin bir gelişme olduğu tespit edilmiştir. Hu ve arkadaşları [31], melamin kitosan fosfat (MPCS) ile asidik, kömürleştirme ve üfleme etkisi olan bazı katkı maddelerini birlikte kullanarak elde ettikleri yeni katkı maddesini kullanmışlardır. Polivinil alkole (PVA) bu katkı malzemesini ekleyerek elde ettikleri kompozit malzemenin termal özellikleri ve yanmaya karşı davranışlarını araştırmışlardır. Çalışmada, kullanılmış olan katkı maddesinin PVA'nın alev geciktiricilik özelliğini geliştirdiği belirtilmiştir. Buna ilaveten, kompozit malzemenin yanarken, katkı maddesinin etkisiyle yanıcı uçucu oluşum miktarının azaldığı, yanıcı olmayan oluşum miktarının arttığı vurgulanmıştır. Kurt ve arkadaşları [32], PP polimeri, odun unu, maleik anhidritli PP, çeşitli oranlarda alev geciktirici malzemeler kullanarak elde ettikleri kompozit malzemenin fiziksel, mekanik ve yanma özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada, amonyum polifosfat ile birlikte sinerjistik olarak bor bileşikler alev geciktirici katkı maddesi olarak kullanılmıştır. Çalışmada, ucuz ve halojensiz bir katkı maddesi olarak bor bileşiklerinin kullanılabilirliği ve kullanılmış olan bu katkı maddelerinin, malzemenin hem mekanik özelliklerini hem de yanmaya karşı performansını geliştirdiği belirtilmiştir. Hu ve arkadaşları [33], fosfor pentoksit ve glisidil metakrilat ile iki aşamalı olarak modifiye ettikleri kitosan epoksi akrilat reçinesi ile birlikte kullanarak elde ettikleri kompozit malzemenin alev geciktirici özelliğini araştırmışlardır. Modifiye işleminin malzemelerin uyumluluğunu arttırdığı, bununla birlikte malzemenin yanma esnasındaki kömürleşme özelliğinin iyileştiği ve bunun yanıcı-uçucu oluşumları engellediği belirtilmiştir. Katkı maddesinin ağırlıkça oran artışına bağlı olarak yanmaya karşı davranışlarının daha da iyileştiği vurgulanmıştır.

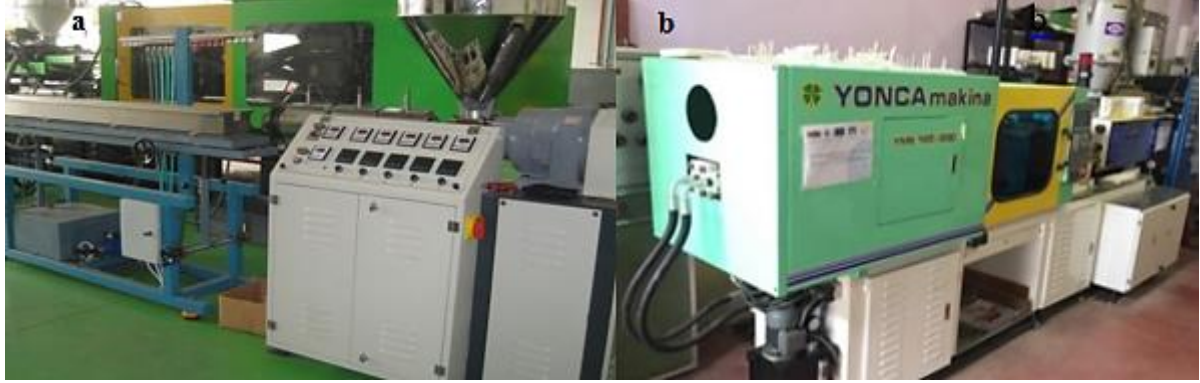
Literatür çalışması değerlendirildiğinde, kitosan katkılı PP kompozitlerin yanması üzerine kapsamlı bir çalışmanın bulunmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmada, PP ve ağırlıkça farklı oranlarda kitosan katkılı PP kompozitlerinin TS EN 60695-2-11 standardına uygun şekilde kızaran tel deneyleri gerçekleştirilmiş ve kitosan katkısının PP polimerinin yanma davranışlarına olan etkisi araştırılmıştır. Deneylerde alev alma süresi üzerinde etkili olan ağırlıkça kitosan katkı oranlarının ve sıcaklık değerlerinin analizi istatistiksel olarak incelenmiştir. Deneylerde ağırlıkça üç farklı kitosan katkı oranı ve sıcaklık değerleri kullanılmış ve bu parametrelerin alev alma süresi üzerindeki etki oranlarını ortaya çıkarmak için varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Ayrıca, PP kompozitlerinin yoğunluk ve sertlik değerleri bulunarak, yanma üzerindeki etkileri gözlenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM (MATERIAL AND METHOD)

2.1. Deneysel Düzenek (Experimental Setup)

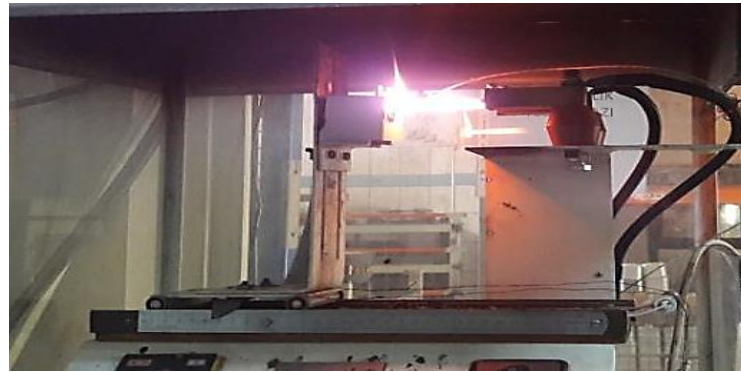
Bu çalışmada, PP polimeri ile ağırlıkça %10-20-30 oranlarında kitosan katkılı PP kompozitleri kullanılmıştır. Türkiye'de bulunan Pimar firmasından tedarik edilerek kullanılmış olan PP polimeri, 0,87 gr/cm³ yoğunluğunda, 12 gr/10dk MFI değerinde ve Pimaplen ticari adıyla bulunan polipropilen homopolimeridir. Kitosan ise Çin'de bulunan Xi'an Rongsheng Biotechnology Co., Ltd. isimli firmadan tedarik edilmiştir. Çalışmada kullanılmış olan kitosan, %95 deasitilasyon derecesinde, ortalama 100 µm partikül boyutuna sahip ve Kitosan 9012-76-4 ticari adıyla bulunan kitosandır. Malzemeler ekstrüderde işlenmeden önce kitosan ile PP granüllerinin homojen olarak karıştırılabilmesi için Mişa firmasının ürünü olan saf kekik yağı kullanılmıştır. PP granülleri, kompozit malzemelerin üretim sürecinden önce ağırlıkça %0,2 oranında kekik yağı ile karıştırılmıştır. Daha sonra 4 Kw gücündeki Şekil 1a'da gösterilmiş olan 25 mm çapında ve L/D oranı 20 olan endüstriyel tip tek vidalı ekstrüder ile üretilmiştir. Üretim için makinenin besleme kısmından kalıba kadar olan sıcaklık bölgeleri sırasıyla 165°C, 175°C, 185°C ve 195°C sıcaklık değerlerinde ayarlanmıştır. Son olarak, granüller 40°C sıcaklıkta 1 saat süre ile kurutulmuştur. Deneysel numuneleri ise üretilmiş ve kurutulmuş olan kompozit malzemelerden, Bursa Uludağ Üniversitesi laboratuvarlarındaki Şekil 1b'de gösterilmiş olan 200 gramajlı ve 18 Kw gücündeki Yonca Makine markalı YMS 120/200 tipindeki plastik enjeksiyon makinesi ile 4 mm kalınlığında plaka şeklinde üretilmiştir. Enjeksiyonla kalıplamada üretim proses koşulları ise 30s periyot ile 100 bar basınçta,

besleme kısmından kalıba kadar olan sıcaklık bölgeleri de sırasıyla 170°C, 180°C, 190°C ve enjeksiyon memesi ise 200°C sıcaklık değerlerinde ayarlanmıştır.



Şekil 1. a) Tek vidalı ekstrüzyon makinesi, b) Plastik enjeksiyon makinesi

Araştırma kapsamında, PP polimeri ve kitosan katkılı PP kompozitlerinin yanma davranışlarını incelemek amacıyla deney numunelerine Şekil 2’de gösterilmiş olan Federal KT01 kodlu test cihazı ile TS EN 60695-2-11 standardına uygun bir şekilde kızaran tel deneyleri gerçekleştirilmiştir. Genellikle elektriksel uygulamalarda tercih edilen bu deney sonuçlarına göre, kitosanın PP polimerinin yanmayı geciktiricilik özelliklerine olan etkisi belirlenmiştir.



Şekil 2. Kızaran tel test cihazı

Kızgın tel deneyleri 23°C ortam sıcaklığında ve her numune için üç kez tekrarlanarak gerçekleştirilmiştir. 4 mm kalınlığındaki deney numunesi belirlenmiş sıcaklıktaki kızgın telin üzerine dikey olarak 1N kuvvet uygulanarak temas ettirilmiştir. Bu şartlarda 30s süre boyunca kuvvet uygulanmış ve kızaran telin deney numunesi içindeki en fazla hareket mesafesi 7 mm olarak sınırlandırılmıştır. Deneyler, her bir numune için deney prosedürüne uygun bir şekilde farklı sıcaklıklar altında uygulanmıştır. Bu sıcaklık değerleri uygulandıktan sonraki durumda, alev alıp almaması, alev alırsa sönme süresi ve damlama oluşumu izlenmiştir. Deneyin uygulamasında, 30s sonunda numune kızgın telden uzaklaştırılınca tutuşmazsa ya da alev alması durumunda 30s içinde sönerse malzemenin deneyi geçmiş olduğu sonucuna varılmaktadır.

Taguchi L₉ dikey dizine göre 9 adet kızgın tel deneyi gerçekleştirilmiştir. Deney tasarımı ve istatistiksel analiz MINITAB yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur. Kızgın tel deneylerinde parametre olarak üç farklı malzeme (ağırlıkça %10, %20, %30 katkı oranlarında kitosan) ve üç farklı sıcaklık (550, 650, 750°C) kullanılmıştır. Parametre seviyeleri ve deney tasarımı sırasıyla Tablo 1 ve Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Parametreler ve seviyeleri

Parametre	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
Malzeme	PP+%10Cs	PP+%20Cs	PP+%30Cs
Sıcaklık (°C)	550	650	750

Ayrıca, üretilen malzemeler üzerinde yoğunluk ve sertlik deneyleri gerçekleştirilmiş ve kitosan katkısının bu çıktılara olan etkisi incelenmiştir. Bu çalışmada, ISO 1183'e uygun şekilde yapılmış olan yoğunluk deneyleri Şekil 3a'da gösterilen And/gr 200 test cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu deney, her bir malzeme tipi için en az üç defa tekrarlanmış ve ortalama değerler kullanılmıştır. ISO 868'e uygun olarak yapılmış olan sertlik deneyleri ise, Şekil 3b'de gösterilmiş olan Shore A-D sertlik test cihazı ile numunelerinin üzerinden en az üç ölçüm yapılarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçlarda ortalama değerler kullanılmıştır.



Şekil 3. a) Yoğunluk testi cihazı (And/gr 200), b) Sertlik ölçme test cihazı (Tronic shore A-D)

Tablo 2. Deney tasarımı

Deney No	Malzeme	Sıcaklık
1	1	1
2	1	2
3	1	3
4	2	1
5	2	2
6	2	3
7	3	1
8	3	2
9	3	3

3. DENEYSEL VE İSTATİSTİKSEL SONUÇLAR (EXPERIMENT AND STATISTICAL RESULTS)

Tablo 3'te, PP ve PP kompozitlerinin 550°C, 650°C ve 750°C'deki kızgın tel deney sonuçlarında tespit edilmiş olan değerler verilmiştir.

PP ve %10, 20 ve 30 kitosan katkılı PP kompozitlerinin 550°C ve 650°C sıcaklıklarda gerçekleştirilen kızgın tel deneylerinin sonucunda alev almadığı ve 19s sürenin üzerinde damlamaya başladıkları tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre, malzemelerin 550°C ve 650°C sıcaklıklarında testi geçtiği saptanmıştır.

PP polimerinin 750°C sıcaklıkta iken 7. saniye de alev aldığı ve alevin belirlenmiş olan 30s süre içinde sönmediği fakat %10-20-30 kitosan katkılı kompozitlerin aynı sıcaklıkta iken alev almadığı tespit edilmiştir. Damlama süreleri ise PP polimerinin 13s iken kompozitlerin aynı sıralamayla, 14,18 ve 17s olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlara göre, kitosan katkısının kompozit malzemelerin damlamaya başlama süresini geciktirdiği, 750°C sıcaklıkta PP polimerinin testi geçemediği, aynı sıcaklıktayken PP/Cs kompozitlerinin ise testi geçtiği tespit edilmiştir. Bunların sonucunda, kitosan katkısının PP polimerinin alev alma süresini geciktirerek yanmaya karşı olan performansını geliştirdiği sonucuna varılmıştır. Bunun nedeninin, biyolojik esaslı bileşiklerin yanma esnasındaki karbonlaşma özellikleri sayesinde yanıcı-uçucu oluşumları ve hava ile temasını azaltarak alev geciktirici özellik gösterebilmesine bağlı olduğu sonucuna varılmıştır [26, 33].

Tablo 3. PP ve kompozitlerin yanmazlık deney sonuçları

Malzeme	Kızaran Tel Deneyinde Gözlenenler	550°C, 30s	650°C, 30s	750°C, 30s
PP	Alev alma süresi (s)	Alev almadı	Alev almadı	7
	*Alevin sönme süresi (s)	-	-	Alev sönmedi
	**Damlamanın başladığı süre (s)	20	20	13
	Sonuç	Geçti	Geçti	Kaldı
PP+%10 Cs kompozit	Alev alma süresi (s)	Alev almadı	Alev almadı	Alev almadı
	*Alevin sönme süresi (s)	-	-	-
	**Damlamanın başladığı süre (s)	20	19	14
	Sonuç	Geçti	Geçti	Geçti
PP+%20 Cs kompozit	Alev alma süresi (s)	Alev almadı	Alev almadı	Alev almadı
	*Alevin sönme süresi (s)	-	-	-
	**Damlamanın başladığı süre (s)	26	21	18
	Sonuç	Geçti	Geçti	Geçti
PP%30 Cs kompozit	Alev alma süresi (s)	Alev almadı	Alev almadı	Alev almadı
	*Alevin sönme süresi (s)	-	-	-
	**Damlamanın başladığı süre (s)	24	22	17
	Sonuç	Geçti	Geçti	Geçti

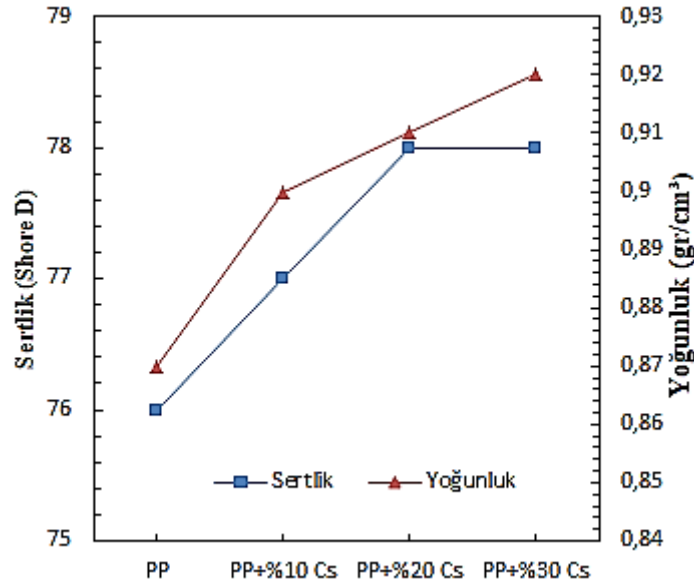
* 30 s içinde sönmeli, ** Altındaki ipek kağıt tutuşmamalı

Kızgın tel deneyleri sonucunda elde edilen veriler çerçevesinde, alev alma süresi üzerinde etkili olan parametrelerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi ayrı bir önem taşımaktadır. Bu noktada, deneylerde kullanılan ağırlıkça kitosan katkı oranlarının ve sıcaklık değerlerinin etki oranları %95 güven seviyesinde ANOVA ile değerlendirilmiştir (Tablo 4). ANOVA tablosunda, her bir parametre için serbestlik derecesi (SD), kareler toplamı (KT), kareler ortalaması (KO), yüzde etki oranı (PCR) ile P değerleri verilmiştir. Eğer P değeri 0,05'in altındaysa, kullanılan parametrenin deney üzerinde etkili olduğunun göstergesidir. Bu bağlamda ANOVA sonuçları değerlendirildiğinde, alev alma süresi üzerinde en büyük etkiye sahip parametrenin %70,69 ile sıcaklık olduğu belirlenmiştir. Diğer yandan, malzeme faktörünün de %26,13 bir etki oranına sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 4. ANOVA sonuçları

Faktör	Serbestlik Derecesi (SD)	Kareler Toplamı (KT)	Kareler Ortalaması (KO)	F değeri	P değeri	PCR (%)
Malzeme	2	5,5204	2,7602	16,40	0,012	26,13
Sıcaklık	2	14,9355	7,4678	44,38	0,002	70,69
Hata	4	0,6731	0,1683			3,18
Toplam	8	21,1290				

Diğer yandan, PP polimeri ve %10, 20 ve 30 kitosan katkılı PP/Cs kompozitlerinin yoğunluk ve sertlik değerlerindeki değişimlerini gösteren grafik Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Deney numunelerinin yoğunluk ve sertlik değerleri

Yoğunluk değerleri incelendiğinde, ağırlıkça kitosan katkı oranının artması ile yoğunluk değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Buna göre, PP'nin yoğunluk değeri 0,87 gr/cm³ iken, ağırlıkça %10, 20 ve 30 oranlarında kitosan katkılı PP kompozit malzemelerin yoğunluk değerleri sırasıyla 0,90, 0,91 ve 0,92 gr/cm³ olduğu belirlenmiştir. Sertlik değerleri incelendiğinde ise, PP kompozitinin Shore-D sertlik değeri 76 iken, ağırlıkça %10, 20 ve 30 oranlarında PP/Cs kompozit malzemelerin sırasıyla 77, 78 ve 78 değerinde olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, kitosan katkısının artmasına bağlı olarak Shore-D sertlik değerlerinin artma eğiliminde olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum, malzemenin yük altında elastik şekil değişimini ifade eden Young modülün artması ve buna bağlı olarak malzeme rijitliğinin artmasıyla ilişkilendirilebilir [34,35]. Bu bağlamda, kitosan katkısının artmasıyla artan sertlik değerleri, PP kompozitinin yanmasını geciktirdiği söylenebilir (Tablo 3).

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışma kapsamında, ağırlıkça farklı kitosan katkı oranları içeren PP kompozitlerinin kızgın tel deneyleri gerçekleştirilerek, kitosan katkısının PP polimeri üzerindeki yanma davranışına olan etkisi araştırılmıştır. Ayrıca, ağırlıkça kitosan katkı oranlarının sertlik ve yoğunluk üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Gerçekleştirilmiş olan kızgın tel deneylerinden, kitosan katkısının PP polimerinin alev alma süresinin geciktirilebilmesinde etkili olduğu, 750°C sıcaklıkta PP polimerinin testi geçemediği, aynı sıcaklıktayken ağırlıkça %10-20-30 oranlarında kitosan katkılı PP kompozitlerinin her birinin testi geçtiği tespit edilmiştir. Damlama sürelerini de arttırabildiği gözlemlenmiştir.
- Kitosan katkısının, PP polimerinin yoğunluk ve sertlik değerlerini artırma eğiliminde olduğu tespit edilmiştir.
- ANOVA sonucuna göre, kızgın tel deneyleri neticesinde alev alma süresine etki eden en önemli parametrenin %70,69 ile sıcaklık olduğu saptanmıştır.
- Kitosan katkısının farklı polimer malzemeleri üzerinde yanma davranışlarına olan etkisi incelenebilir.
- Kitosan katkısının şekil ve boyutları değiştirilerek, PP ya da diğer polimerler birlikte kullanılarak elde edilecek kompozitlerin yanmaya karşı performanslarına etkisi araştırılabilir.
- PP/kitosan ikilisine yanmaya karşı sinerjistik etki oluşturacak maddeler üzerine araştırma yapılabilir.

REFERENCES (KAYNAKLAR)

1. Khan, R. A. Khan, N. Sharmin, Sarker, B., M. A. Khan, S. Saha, K. K. Debnath, K. Dey, M. Rahman, K. Das Anjan, F. Kabir, A. K. Das, Mechanical, Degradation and Interfacial Properties of Chitosan Fiber-Reinforced Polypropylene Composites. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 50(2): 141-146, 2011.
2. M. Alsan, Isıl İşlem Görmüş Odunun Polipropilen Kompozitlerin Özellikleri Üzerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın, Türkiye, 2016.
3. Deniz, S., Polimer Malzemelerin Enjeksiyonda Birleşme İzlerinin Mekanik Davranışlara Etkilerinin Deneysel Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Türkiye, 2006.
4. C. Şeker, Termoplastiklerin Şekillendirilmesinde Kullanılan Enjeksiyon Kalıplarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 1999.
5. Ş. Yelkenci, Plastik Enjeksiyon Kalıplama Teknikleri ve Özel Uygulamalar, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, Türkiye, 2008.
6. F. C. Yiğit, Plastik Enjeksiyon Makinelerinde ve Ürünlerde Arıza Tespiti ve Giderilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, Türkiye, 2011.
7. İ. Uzun, Y. Erişkin, Hacim Kalıpcılığı, MEB Yayınları, İstanbul, 1984.
8. C. Can, Plastik Enjeksiyon Kalıplamada Termoplastik Malzemelerin Modelleme ve Analizleri, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, 2008.
9. <http://www.bilgiustam.com>, Erişim Tarihi: 01.03.2020.
10. S. Ataşımşek, Plastik ve Metal Kalıpcılık Teknikleri, 2. baskı, Birsan Yayınevi, İstanbul, 2006.
11. A. Demir, N. Seventekin, Kitin, Kitosan ve Genel Kullanım Alanları, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3(2): 92-103, 2009.
12. <http://www.vanderbilt.edu>, Erişim Tarihi: 01.03.2020
13. W.Y. Guang, The Effect of Chitosan and Its Derivatives on the Dyeability of Silk, Ph.D. Thesis, Hong Kong Polytechnic University, Kowloon, Hong Kong, 2002.
14. K. Bostan, T. Aldemir, A. Aydın, Kitosan ve Antimikrobiyal Aktivitesi, *Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi*, 37(2): 118-127, 2007.
15. N. Karaton Kuzgun, A. Gürel İnanlı, Kitosan Üretimi ve Özellikleri ile Kitosanın Kullanım Alanları, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* 6(2): 16-21, 2013.
16. C. Varlık, N. Erkan, Ö. Özden, S. Mol, T. Baygar, Su Ürünleri İşleme Teknolojisi, İstanbul Üniversitesi Yayınları, 473-474, 2004.
17. K. F. El-tahlawy, M. A. El-bendary, A. G. Elhendawy, S.M. Hudson, The Antimicrobial Activity of Cotton Fabrics Treated with Different Crosslinking Agents and Chitosan, *Carbohydrate Polymers*, 60(4): 421-430, 2005.
18. S. Çaklı, B. Kılınç, Kabuklu Su Ürünleri İşleme Artıklarının Endüstriyel Alanda Değerlendirilmesi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 21(1-2): 145-152, 2004.
19. H. Honarkar, M. Barikani, Applications of Biopolymers I: Chitosan, *Monatsh Chem*, 140: 1403, 2009.
20. K. V. Harish Prashanth, R. N. Tharanathan, Chitin/chitosan: modifications and their unlimited application potential - an overview. *Trends in Food Science & Technology*, 18(3): 117 - 131, 2007.
21. B. E. Koç, M. Özkan, Gıda Endüstrisinde Kitosanın Kullanımı, Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, *Gıda*, 36(3): 161-168, 2011.
22. S. Ersus Bilek, F. M. Yılmaz, E. Arslan, S. Cesur, Meyve ve Sebzelerin Ambalajlanmasında Antibakteriyel ve Biyobozunur Plastiklerin Kullanımı. *Plastik & Ambalaj Teknolojisi*, 19 (196): 54-60, 2014.
23. F. Shahidi, J. K. V. Arachchi, Y. Jeon, Food Applications of Chitin and Chitosans, *Trends in Food Science & Technology*, 10(2): 37-51, 1999.
24. H. Salmah, A. Faisal, H. Kamarudin, Chemical Modification of Chitosan-Filled Polypropylene (PP) Composites: The Effect of 3-Aminopropyltriethoxysilane on Mechanical and Thermal Properties. *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*, 60(7) 429-440, 2011.
25. F. Laoutid, L. Bonnaud, M. Alexandre, J.M. Lopez-Cuesta, P. Dubois, New prospects in flame retardant polymer materials: From fundamentals to nanocomposites, *Materials Science and Engineering*, 63(3): 100-125, 2009.
26. L. Costes, F. Laoutid, S. Brohez, P. Dubois, Bio-based flame retardants: When nature meets fire protection, *Materials Science and Engineering*, 117: 1-25, 2017.
27. Y. Xiao, Y. Zheng, X. Wang, Z. Chen, Z. Xu, Preparation of a chitosan-based flame-retardant synergist and its application in flame-retardant polypropylene, *J. of Applied Polymer Science*, 131(19): 1-8, 2014.

- 28.C. Chen, X. Gu, X. Jin, J. Sun, S. Zhang, The effect of chitosan on the flammability and thermal stability of polylactic acid/ammonium polyphosphate biocomposites, *Carbohydrate Poly.*, 157: 1586–1593, 2017.
- 29.M. M. Hirschler, Polyurethane foam and fire safety. *Polymers For Advanced Technologies*, 19: 521-529, 2008.
- 30.M. Hassan, M. Nour, Y. Abdelmonem, G. Makhlouf, A. Abdelkhalik, Synergistic effect of chitosan-based flame retardant and modified clay on the flammability properties of LLDPE, *Polymer Degradation and Stability*, 133: 8-15, 2016.
- 31.S. Hu, L. Song, Y. Hu, Preparation and Characterization of Chitosan-Based Flame Retardant and Its Thermal and Combustible Behavior on Polyvinyl Alcohol, *Polymer-Plastics Tech. and Engineering*, 52(4) 393-399, 2013.
- 32.R. Kurt, F. Mengeloğlu, Utilization of boron compounds as synergists with ammonium polyphosphate for flame retardant wood-polymer composites, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35: 155-163, 2011.
- 33.S. Hu, L., H. Pan, Y. Hu, X. Gong, Thermal properties and combustion behaviors of flame retarded epoxy acrylate with a chitosan based flame retardant containing phosphorus and acrylate structure, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 97: 109-115, 2012.
- 34.H. K. Sezer, O. Eren, H. R. Börklü, V. Özdemir, Karbon fiber takviyeli polimer kompozitlerin ergiyik biriktirme yöntemi ile eklemeli imalatı: fiber oranı ve yazdırma parametrelerinin mekanik özelliklere etkisi, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 34(2): 663-674, 2019.
- 35.H. Salmah, A. Faisal, H. Kamarudin, I. Hanafi, Mechanical and Thermal Properties of Chitosan-Filled Polypropylene Composites: The Effect of Acrylic Acid. *Journal of Vinyl & Additive Technology*, 17(2): 125-131, 2011.