



TEKSTİL VE MÜHENDİS
(Journal of Textiles and Engineer)



<http://www.tekstilvemuhendis.org.tr>

Ham ve Modifiye Diatomit İçeren Polipropilen Dokusuz Yüzeylerin Boyanabilirliği

Dyeability of Raw and Modified Diatomite Containing Polypropylene Nonwoven Fabrics

İlhan ÖZEN^{1*}, Gamze OKYAY², Ruziye ŞAHİN³

¹Erciyes Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye

²Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Tekstil, Giyim Ayakkabı ve Deri Bölümü, Malatya, Türkiye

³Boytteks Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş., Kayseri, Türkiye

Online Erişime Açıldığı Tarih (Available online):30 Haziran 2021 (30 June 2021)



Bu makaleye atıf yapmak için (To cite this article):

İlhan ÖZEN, Gamze OKYAY, Ruziye ŞAHİN (2021): Ham ve Modifiye Diatomit İçeren Polipropilen Dokusuz Yüzeylerin Boyanabilirliği, Tekstil ve Mühendis, 28: 122, 77-89.

For online version of the article: <https://doi.org/10.7216/1300759920212812202>

Arastırma Makalesi / Research Article

HAM VE MODİFİYE DİATOMİT İÇEREN POLİPROPİLEN DOKUSUZ YÜZEYLERİN BOYANABİLİRLİĞİ

İlhan ÖZEN^{1*} 
Gamze OKYAY² 
Ruziye ŞAHİN³

¹Erciyes Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye

²Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Tekstil, Giyim Ayakkabı ve Deri Bölümü, Malatya, Türkiye

³Boyteks Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş., Kayseri, Türkiye

Gönderilme Tarihi / Received: 02.04.2021

Kabul Tarihi / Accepted: 10.06.2021

ÖZ: Bu çalışmada diatomit katkılandırılmış polipropilen dokusuz yüzeyler eriyik üfleme tekniği ile üretilmiş ve bu yüzeylerin morfoloji, termal ve boyanabilirlik özellikleri incelenmiştir. Polipropilenin boyanabilirliğini artırmak amacı ile amorf silika olan diatomit minerali, polipropilen içerisine eriyik fazında ilave edilmiştir. Polipropilen ile diatomit arasındaki uyumu iyileştirmek için diatomit florokarbonla kaplanmıştır. Aynı amaç doğrultusunda maleik anhidrit aşılansmış polipropilen, uyumlaştırıcı olarak kullanılmıştır. Üretilen dokusuz yüzeyler iki farklı dispersiyon boyarmaddesi (Setapers Red P2G ve Setapers Blue TFBL-NEW) kullanılarak iki farklı koyulukta (%0,5 ve %1,5) ve üç farklı sıcaklıkta (110°C, 120°C ve 130°C) boyanmıştır. Her bir boyama koşulu altında diatomit içermeyen polipropilen dokusuz yüzeyi standart olarak ele alınmış, numunelerin CIELAB (L*, a*, b*, C*) ve K/S değerleri bulunmuş ve elde edilen renk özellikleri ve renk verimleri değerlendirilmiştir. Özellikle öğütülmüş ve kaplanmamış diatomit kullanılarak üretilen polipropilen dokusuz yüzeylerin boyanabilirliği önemli derecede iyileşmiştir. Optimum boyama sıcaklığı ise 120°C olarak tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Diatomit, polipropilen, eriyik üfleme, dokusuz yüzey, dispers boyama.

DYEABILITY OF RAW AND MODIFIED DIATOMITE CONTAINING POLYPROPYLENE NONWOVEN FABRICS

ABSTRACT: In this study, nonwoven fabrics were generated by adding diatomite into polypropylene using meltblowing technique and the morphological, thermal and dyeability properties of these nonwoven fabrics were investigated. In order to increase the dyeability of polypropylene, diatomite mineral, being an amorphous silica, was added into polypropylene in the melt stage. Diatomite was coated with fluorocarbon to improve compatibility between polypropylene and diatomite. Pursuing the same goal, maleic anhydride grafted polypropylene was used as a compatibilizer. The nonwovens generated were dyed at two different concentrations (0,5% and 1,5%) and at three different temperatures (110°C, 120°C and 130°C) using two different dispersion dyestuffs (Setapers Red P2G and Setapers Blue TFBL-NEW). Under each dyeing condition, the non-diatomite polypropylene nonwoven sample was taken as the reference. CIELAB (L*, a*, b*, C*) and K/S values of the samples were determined and the colour properties and colour yields were evaluated. Especially, the dyeability of polypropylene nonwovens generated using ground and uncoated diatomite has significantly been improved. The optimum dyeing temperature was determined to be 120°C.

Keywords: Diatomite, polypropylene, meltblowing, nonwoven, disperse dyeing.

***Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** iozen@erciyes.edu.tr

DOI: <https://doi.org/10.7216/1300759920212812202> www.tekstilmuhendis.org.tr

1. GİRİŞ

Polipropilen (PP), birçok alanda kullanılan en yaygın ticari polimerlerden biridir. PP'nin nispeten düşük fiyatı, yüksek esnekliği, hızlı kurumaya elverişli hidrofobik yapısı, yüksek aşınma direnci, hafifliği, yüksek mukavemeti ve tokluğu, nispeten düşük statik elektriklenme ve lekelenmeye ve birçok kimyasala karşı direnci, bu polimeri tekstil endüstrisinde en çok kullanılan polimerlerden biri haline getirmiştir [1]. Ancak, tekstil endüstrisinde PP'nin kullanımını sınırlayan bazı problemler vardır. PP'nin polar olmayan alifatik yapısı, yüksek kristaliniteye sahip olması, boya molekülleri ile etkileşime girecek fonksiyonel gruplarının bulunmaması ve boya moleküllerinin lif içerisine girmesini engelleyen sınırlı iç hacminin varlığı bu liflerin geleneksel yollarla boyanmasını engellemektedir [2]. Modifiye edilmemiş PP'nin boyanabilirliğini araştırmak için birçok çalışma yapılmasına rağmen, PP'nin doğasında var olan özellikler lif ve boya molekülleri arasında zayıf afiniteye yol açmakta ve dolayısıyla lifler üzerine boya moleküllerinin sınırlı erişimine neden olmaktadır. Bu nedenle, life boya molekülleri yalnızca zayıf Van der Waals kuvvetleri ile tutunmaktadır [3,4]. Dola-yısıyla, kabul edilebilir özelliklere ve maliyete sahip boyanabilir PP lif üretme yaklaşımları birçok araştırmacının konusu olmaya devam etmektedir. Bazı araştırmacılar, PP liflerin boyanabilirliğinin, eriyik eğirme sırasında metal bileşikler, dendrimerler, polimerler ve çok dallı polimerler, inorganik nanopartiküller ve nano killer gibi katkı maddeleri ile harmanlanarak veya aşılana-rak iyileştirildiğini bildirmişlerdir [2,3,5-13]. Ancak PP yüzey-lerin şimdiye kadar diatomit (DE) ilave edilerek boyanabilirliği üzerine hiçbir çalışma bulunmamaktadır. DE diğer malzemelere nazaran, gözenekli yapı, düşük yoğunluk, zararsız olma ve düşük maliyet gibi bazı avantajlara sahiptir ve bu nedenle PP'nin boyanmasında efektif bir katkı maddesi olarak kullanılabilir.

Diatomit, mikroskobik boyutlu alglerin fosilleşmesiyle oluşan organik çökellerdir [14]. DE'lerin çapları 1 µm ile birkaç mm arasında değişmektedir. Su diatomları yaşam döngülerini tamamladıktan sonra, "DE" olarak bilinen toprağı oluşturmak için göl ve okyanus dibine batarak çökelmekte ve diatomit rezervlerini oluşturmaktadır [15]. Bu çökel çıkarılmakta ve işlendikten sonra dolgu malzemesi, yalıtım malzemesi, yapıştırıcı, filtre ve haşere ilacı taşıyıcısı olarak kullanılmaktadır [16,17]. DE'nin yüksek gözenekliliğe ve düşük yoğunluğa sahip olması DE'yi endüstriyel uygulamalarda avantajlı hale getirmektedir. Fakat bu malzemenin potansiyeli şimdiye değin yeteri kadar değerlendirilememiştir. Günümüzde DE sadece güçlendirici malzeme olarak poliolefin malzemelerin içerisine karıştırılmıştır [18-33]. DE'nin PP içerisine ilave edilip tekstil uygulamalarında kullanılabilirliğini araştırmak adına grubumuz İmerys firmasından temin edilen DE'nin öğütülüp yüzey modifikasyonu yapıldıktan sonra yağ emicilik özelliklerini incelemiştir [34], öğütülmüş ve yüzeyi modifiye edilmiş İmerys diatomitini eriyik fazında PP içerisine ilave ederek eriyik üfleme tekniğiyle dokusuz yüzeyler üretmiş ve bu şekilde üretilen tekstil yüzeylerinin yağ emicilik özelliklerini incelemiştir [35]. Ayrıca öğütülmemiş ham ve yüzey işlemleri görmemiş haldeki Aydın Madencilik ve İmerys diatomitlerini içeren PP dokusuz yüzey-lerin farklı yağlara karşı

gösterdiği yağ emicilik performansları karşılaştırılmıştır [36]. Bu çalışmada ise DE ilavesinin PP dokusuz yüzeylerin boyanabilirliğine etkisi incelenmiştir. Bu kapsamda diğer çalışmalardan farklı olarak şu işlemler gerçekleştirilmiştir: Dokusuz yüzey üretiminden önce DE tanecik boyutunun boyanabilirlik üzerine etkisini incelemek amacıyla Aydın Madencilik'ten temin edilen ham DE minerali öğütme işlemine tabi tutulmuş ve ardından PP ile DE arasındaki uyumu iyileştirmek için florokarbonla kaplanmıştır. Ayrıca PP ile DE arasındaki uyumluluğu daha da arttırmak adına yapı içerisine maleik anhidrit aşılansız polipropilen (PP-g-MAH) ilave edilmiştir. Üretilen dokusuz yüzeyler iki farklı dispersiyon boyarmaddesi kullanılarak (kırmızı ve mavi) iki farklı konsantras-yonda (%0,5 ve %1,5) ve üç farklı sıcaklıkta boyanmıştır. Son olarak PP/DE dokusuz yüzeylerin termal ve boyanabilirlik özellikleri incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Materyal

Çalışma kapsamında matris polimeri olarak Polipropilen (PP, homopolimer, MFI_{2,16 kg, 230°C}: 1200 g/10 dk, LG Chem., Güney Kore), katkı maddesi olarak diatomit (RDE, Aydın Mikronize Madencilik, Aydın), yüzey modifikasyon ajanı olarak florokarbon (Orgaguard® FC 6000, 6C florokarbon karışımı, %33 kons. Organik Kimya, İstanbul), polimerik karışımların üretiminde polipropilen/diatomit (PP/RDE) arasında uyumluluğu artırıcı olarak maleik anhidrit aşılansız polipropilen (PP-g-MAH, Exxelor™ PO 1015, Exxon Chem., İstanbul), antioksidan olarak Irganox®1010 (Ciba Speciality Chem., İstanbul), dış kayganlaştırıcı olarak Dynamar™ FX9613 (3M, İstanbul), boyarmadde olarak dispers boyarmadde ((Setapers Red P2G (CI Disperse Red 167) ve Setapers Blue TFBL - NEW (CI Disperse Blue 366 ve CI Disperse Blue 367'nin karışımı), Setaş Kimya A.Ş., Tekirdağ)), boyama yardımcı kimyasalları olarak asetik asit (Lyocoll RDN liq., Archroma, İsviçre) ve boyama sonrası indirgen yıkama kimyasalları olarak sodyum hidroksit ve sodyum ditiyonit (hidro sülfid) kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

2.2.1. Diatomitin Öğütme İşlemi

Tanecik boyutunun boyanabilirlik üzerine etkisini incelemek amacıyla ham diatomit numunesi (RDE) öğütme işlemine tabi tutulmuştur. RDE, 5 mm çapta zirkonyum oksit bilyeler kullanılarak 400 rpm'de Fritsch Pulverisette 5 gezegensel bilyeli değirmen ile kuru ortamda öğütülmüştür. Öğütme prosesi (havanın ve numunelerin aşırı ısınmasını engellemek için) 2 dk. öğütme ve 4 dk. dinlenme olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

2.2.2. Diatomitin Florokarbon (FC) ile Yüzey Modifikasyon İşlemi

Ham hali hidrofil olan RDE'nin, hidrofobik olan PP ile uyumlu hale getirilmesi için RDE'ye florokarbon kimyasalı ile yüzey modifikasyon işlemi yapılmıştır [34,35]. Bu amaçla, 3,3 ml

(ağırlıkça %10) florokarbon bileşiği, 10 g diatomit numuneleri ((Ham (RDE) ve Öğütülmüş (GDE)) ihtiva eden destile suyun 90 ml'sine eklenmiş ve manyetik karıştırıcı kullanarak 15 dk. süresince karıştırılmıştır. Ardından, bulamaç destile su ile tekrarlı bir şekilde yıkanmış ve 9 dk. süresince 400 rpm'de santrüfj edilmiştir. Son olarak, bulamaç 5 dk. süresince 110 °C'de kürlenmiştir [37].

2.2.3. Polipropilen/Diatomit (PP/DE) Dokusuz Yüzeylerin Üretimi

Dokusuz yüzey üretiminden önce, iyi bir karışım sağlamak amacıyla çift burğu ekstrüder kullanılarak (Laboratuvar tipi, Ø: 16 mm, L/D oranı: 40, Gülnar Plastik Makineleri San. Tic. ve Ltd. Şti., İstanbul, Türkiye) 90/10 oranında polipropilen/diatomit (PP/DE) kompaundları üretilmiştir (Tablo 1). Polimer kompaundların üretiminde dolgu malzemesinin maksimum yüklem oranını tespit edebilmek için çeşitli oranlarda dolgu malzemesi ihtiva eden (%3, %5, %10, %20 ve %30) PP/DE kompaundlar hazırlanmıştır. Yapılan denemeler sonucunda maksimum yüklem oranı %10 olarak tespit edilmiştir. Bu yüklem oranının üzerine çıkıldığında çift vidalı ekstrüderde yüksek tork değerleri gözlenmiş ve tıkanmalar meydana gelmiştir. Dolayısıyla maksimum yüklem oranı olan %10 ile kompaundların üretilmesine karar verilmiştir. Üretim öncesi pellet formundaki PP, DE ve yardımcı malzemeler 80°C'de 24 saat süresince kurutulmuş ve ardından homojen bir karışım sağlamak amacı ile eş zamanlı olarak ekstrüdere beslenmiştir. Ekstrüderin kovan bölgesinin sıcaklıkları 20°C, 120°C, 130°C ve 140°C'ye ayarlanmış ve PP/DE kompaundları 300 rpm devir 2 Nm tork değerinde üretilmiştir [35,36].

DE katkılı ve katkısız PP dokusuz yüzeyler, Biax-Fiberfilm eriyik üfleme cihazında (Biax-Fiberfilm, USA) üretilmiştir (Tablo 2). PP/DE dokusuz yüzey üretimi esnasında diatomit miktarı %10 olduğu durumda eriyik üfleme makinesinde yüksek tork değerleri görülmüş ve rijit yapılar elde edilmiştir. Ayrıca, diatomit, spinneret düzelerinden kum taneleri şeklinde çıkarak ayrı bir faz şeklinde dokusuz yüzey üzerinde birikmiştir. Bu nedenden ötürü seyreltme yapılarak farklı oranlarda dokusuz yüzeyler elde edilmeye çalışılmış ve sadece %2 DE ihtiva eden dokusuz yüzeyler 100 g/m² olacak şekilde sorunsuz üretilmiştir [35,36].

Tablo 1. Polipropilen/diatomit karışım notasyonları (PP: Polipropilen, M: Maleik anhidrit, RDE: Ham diatomit, GDE: Öğütülmüş diatomit ve FC: Florokarbon).

Notasyon	Polipropilen miktarı (g)	Diatomit miktarı (g)	Exxelor™ PO 1015 Miktarı (ppm)	Irganox® 1010 Miktarı (ppm)	Dynamar™ FX9613 Miktarı (ppm)
PPM	100	0	2000	15	10
PPMRDE	90	10	2000	15	10
PPMGDE	90	10	2000	15	10
PPRDEFC	90	10	2000	15	10
PPMGDEFC	90	10	2000	15	10

2.2.4. Polipropilen/Diatomit Dokusuz Yüzeylerin Boyanması

PP/DE dokusuz yüzeyler Setapers Red P2G ve Setapers Blue TFBL-NEW dispers boyarmaddeleri ile %0,5 ve %1,5 konsantrasyonda ve 110°C, 120°C ve 130°C olmak üzere üç farklı sıcaklıkta boyanmıştır. Boyama, 12 tüp kapasitesine sahip IR boyama makinesinde (Termal Laboratuvar Aletleri San. ve Tic. Koll. Şti., Türkiye) 1:100 flote oranında iki tekrarlı olarak yapılmıştır. 70°C'de 10 dk. süresince sabun kullanmadan yapılan ön yıkamadan sonra %15'lik asetik asit ile pH 4-4.5'e ayarlanmış ve 10 dk. sonra 2 g/l Lyocoll RDN Liq. dispergatorü, 10 dk. sonra ise dispers boyarmadde ilavesi yapılmıştır. Daha sonra sıcaklık 1°C/dk. sıcaklık artışı ile son boyama sıcaklığına ulaşılmıştır (110°C, 120°C ve 130°C). Boyama sıcaklığında 45 dk. süresince boyama yapıldıktan sonra hızlı bir şekilde 70°C'ye inilmiş ve ardından indirgen yıkama yapılmıştır. Bunun için; 4 ml/l sodyum hidroksit ve 2 g/l sodyum ditiyonit içeren banyoda, 60-70°C'de 20-30 dk. işlem yapılmış ve ardından 5 dk. boyunca saf suda durulanmıştır. Durulama işleminden sonra dokusuz yüzeyler 2 ml/l, %30'luk asetik asit ile nötralize edilmiştir [38,39].

2.2.5. Karakterizasyon

BET Analizi

Diatomit numunelerinin (RDE ve GDE) spesifik yüzey alanı, Brunauer, Emmett ve Teller (BET) gaz adsorbsiyon metodu ile Micromeritics Gemini VII 2390 cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Ölçüm 5 farklı noktadan yapılmıştır. Numuneler ölçüm öncesi 150°C'de 24 saat süreyle kondisyonlanarak 200°C'de 5 saat süreyle vakum altında degaze işlemine tabi tutulmuştur. [36].

Tanecik Boyut Analizi

Diatomit numunelerinin (RDE ve GDE) tanecik boyut ve tanecik boyut dağılımı analizi lazer difraksiyon tanecik boyut analizörü (Mastersizer 2000, Malvern, İngiltere) ile gerçekleştirilmiştir [36].

SEM Analizi

Diatomit numunelerinin (RDE ve GDE) yüzey morfolojisi 25 KeV hızlandırma voltajında değişken basınçta ZEISS EVO taramalı elektron mikroskobu kullanılarak gerçekleştirilmiştir [34].

Tablo 2. Dokusuz yüzey üretim parametreleri.

Parametre	Değer
Ekstrüder 1. Bölge Sıcaklığı (°C)	300
Ekstrüder 1. Bölge Sıcaklığı (°C)	350
Ekstrüder 1. Bölge Sıcaklığı (°C)	400
Düze Sıcaklığı (°C)	353
Hava Sıcaklığı (°C)	370
Düze Delik Çapı (inç)	0,015
Düze-Toplayıcı Mesafesi (cm)	50
Hava Basıncı (PSI)	9,5
Ekstruder Hızı (%)	30
Toplayıcı Davul Hızı (m/min)	54

Yüzey Modifikasyon Analizi

Öğütme işlemi modifikasyonu etkilemeyeceği için yüzey modifikasyon analizlerinde sadece ham diatomit ihtiva eden numuneler incelenmiştir. Numunelerin ve yüzey modifikasyon ajanının kimyasal yapısı, Perkin Elmer 400 FT-IR spektrometresi kullanılarak incelenmiştir. Ölçümler 4 cm^{-1} çözünürlükte, $400\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ aralığında 32 tarama ile gerçekleştirilmiştir [34].

Numunelerinin ve yüzey modifikasyon kimyasalının termal kararlılığı Perkin Elmer-Diamond cihazı kullanılarak termogravimetrik analiz (TGA) ile belirlenmiştir. Deneyler nitrojen atmosferi altında $10^\circ\text{C}/\text{dk}$. ısıtma oranı ile 50 ve 1100°C arasında gerçekleştirilmiştir [34].

DSC Analizi

Numunelerin termal analizi Perkin Elmer PYRIS Diamond™ diferansiyel taramalı kalorimetre cihazı kullanılarak $20\text{-}200^\circ\text{C}$ arasında, $10^\circ\text{C}/\text{dk}$. ısıtma hızında ve azot altında belirlenmiştir. Analiz için ilk ısı taramaları kullanılmıştır. Kristalinite hesabı için aşağıdaki formül kullanılmıştır:

$$\chi_c = (\Delta H_f / \Delta H_f^0) \times 100 \quad (1)$$

Burada χ_c kristalinite derecesini, ΔH_f erime entalpisini ve ΔH_f^0 denge erime sıcaklığındaki tamamen kristalin malzemenin erime entalpisini belirtmektedir. PP için $\Delta H_f^0 = 207\text{ J/g}$ olarak alınmıştır [40].

Renk Özellikleri Ölçümü

Boyanan numunelerinin CIE $L^*a^*b^*C^*$ değerleri ve renk verimlilikleri (K/S) D65 ışık kaynağı altında 10° 'lik bakış açısında $400\text{-}700\text{ nm}$ ışık aralığında 10 nm aralıklarla PC'ye bağlı bir spektrofotometre (Konica Minolta 3600d, Japonya) kullanılarak ölçülmüştür. K/S değeri olarak ifade edilen yansıma ölçümleri Kubelka Munk denklemi ile belirlenmiştir:

$$K/S = (1-R)^2 / 2R \quad (2)$$

Burada, K absorpsiyon katsayısını, S saçılma katsayısını ve R reflektans değerini ifade etmektedir. Maksimum absorpsiyonun dalga boyuna (λ_{maks}) karşılık gelen K/S değerleri, renk gücü parametresi olarak kaydedilmiştir [41]. K/S hesaplamalarında kırmızı ve mavi için maksimum absorpsiyon (λ_{maks}) olarak 520 ve 630 nm 'deki veriler kullanılmıştır.

Söz konusu ürünlerin mukavemeti çok düşük olduğu için haslık testleri gerçekleştirilememiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Diatomit Bulguları

3.1.1. Yüzey Alanı, Tanecik Boyutu, Morfoloji ve Yüzey Modifikasyon Bulguları

Ham (RDE) ve öğütülmüş (GDE) diatomit numunelerinin tanecik boyut analizi bulguları Tablo 3'te verilmiştir. Tanecik boyutunda minimum (d_{10} : taneciklerin ağırlıkça %10'unun boyutu), ortalama (d_{50} : taneciklerin ağırlıkça %50'sinin boyutu) ve maksimum (d_{90} : taneciklerin ağırlıkça %90'ının boyutu) tanecik boyutu verileri kullanılmaktadır. 120 dk 'da (aktif öğütme süresi: 40 dk .) yapılan öğütmede en düşük tanecik boyutları elde edilmiştir (d_{10} : $0,80\text{ }\mu\text{m}$, d_{50} : $4,70\text{ }\mu\text{m}$, d_{90} : $21,00\text{ }\mu\text{m}$). Bununla beraber, 48 dk 'lık (aktif öğütme süresi: 16 dk .) öğütmede de yakın sonuçlar (d_{10} : $0,90\text{ }\mu\text{m}$, d_{50} : $5,75\text{ }\mu\text{m}$, d_{90} : $23,80\text{ }\mu\text{m}$) elde edilmiştir. Ham hali ile kıyaslandığında 78 dk 'lık (aktif öğütme süresi: 26 dk .) öğütme süresinin malzeme tanecik boyutlarında (d_{10} : $1,70\text{ }\mu\text{m}$, d_{50} : $20,30\text{ }\mu\text{m}$, d_{90} : $94,70\text{ }\mu\text{m}$) azalmaya neden olduğu görülmüştür. Ancak 78 dk 'lık öğütme sonrası tanecik boyut verilerinin 48 dk 'lık öğütmeye göre daha yüksek çıkması, öğütme işleminin homojen bir şekilde gerçekleşmediğine işaret edebilir. Bu durumda öğütme işlemi sırasında yaşanan bir problemten bahsetmek yerinde olacaktır; Kuru öğütmede belli bir döngüden sonra DE numunesi merkez kaç kuvvetinin etkisi ile havan çeperine yapışmış ve bu durumda havan çeperine yapışan numunenin öğütülmesini engellemiştir. Bu problemten kaçınmak için belli aralıklarla cihaz durdurulmuş ve çeperdeki DE numunelerinin yapıya katılması sağlanmıştır. Ayrıca yaş öğütme denemeleri gerçekleştirilmiş ve yaş denemede de aynı problemin yaşanması üzerine yaşa göre oldukça zahmetsiz olan kuru yöntemle öğütme işlemine devam edilmesine karar verilmiştir. Sonuç olarak 120 dk 'lık öğütmeye göre öğütme süresi kısa ve tanecik boyut sonuçları yakın olan 48 dk 'lık öğütülmüş diatomitlerin karakterizasyonlarda ve PP/DE dokusuz yüzeylerin üretilmesinde kullanılmasına karar verilmiştir.

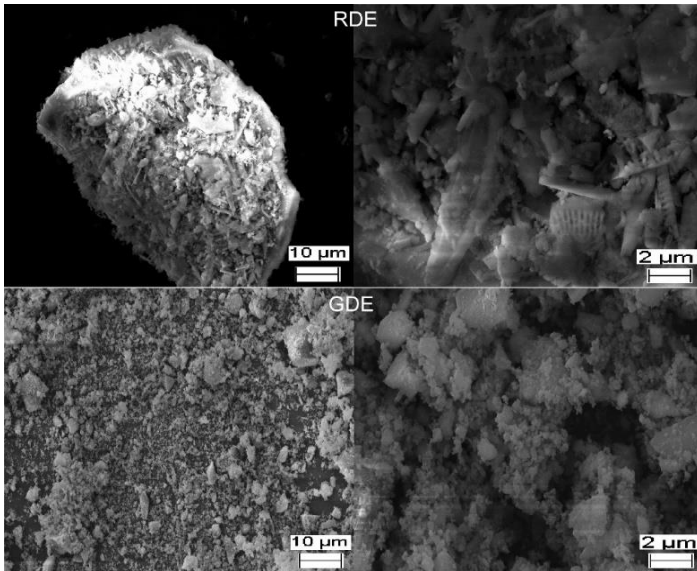
Diatomit numunelerinin öğütme öncesi ve sonrası BET yüzey alanı, gözenek hacmi ve gözenek boyutu bulguları Tablo 4'te verilmiştir. Sonuçlara göre öğütme işleminin yüzey alanını arttırdığı, gözenek boyutunu ise önemli derecede azalttığı görülmüştür. Parçacık boyutu küçüldüğü için toplam yüzey alanında artış meydana gelmiştir. Ancak beklenenin aksine gözenek boyutunda azalma meydana gelmesinin sebebi: öğütülmüş diatomitin kendine has gözenekli yapısının öğütme işlemi ile zarar görmüş olmasıdır.

Diatomitin öğütme öncesi ve sonrası SEM görüntüleri Şekil 1'de verilmiştir. Hem ham (RDE) hem de öğütülmüş halinde (GDE) beklenen gözenekli bir yapı tespit edilememiştir.

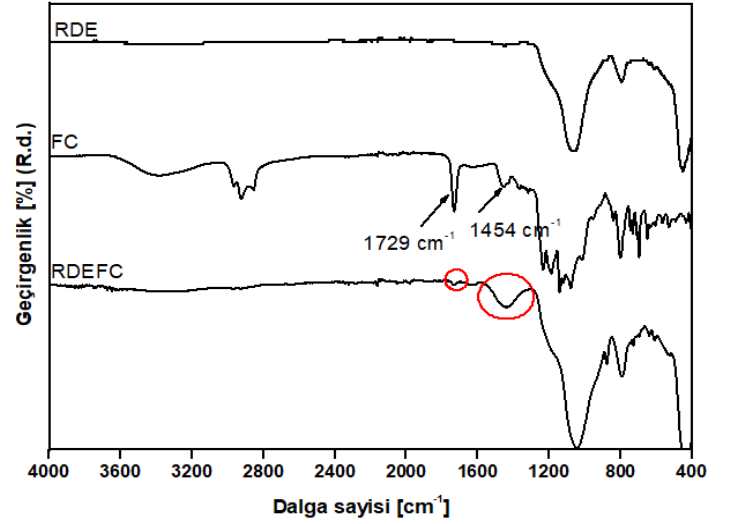
Diatomite yapılan yüzey modifikasyon işleminin başarılı olup olmadığını tespit edebilmek için, FT-IR ve TG analizleri gerçekleştirilmiştir. Ham ve yüzeyi modifiye edilmiş diatomitlerin ve yüzey modifikasyon ajanının FT-IR analizi bulguları Şekil 2'de verilmiştir. Diatomitin FT-IR spektrogramı 793 ve

1062 cm^{-1} 'de karakteristik geniş bir bant göstermektedir. Söz konusu bantlar sırasıyla simetrik ve asimetrik Si-O-Si gerilmelerine aittir [42]. Florokarbonun (FC) FT-IR spektrumunda 2850 ve 2950 cm^{-1} arasında metoksi (CH_3O) ve 1454 cm^{-1} yakınında metilen (CH_2) gruplarına ait bantlar görülmektedir [43]. İlâveten 1635 cm^{-1} vinil (CH_2CH) ve 1729 cm^{-1} 'de karbonil ($\text{C}=\text{O}$) bantları vermektedir [43,44]. FC ile işlem gören diatomit numunesinde 1430 ve 1730 cm^{-1} dalga sayılarında piklerin görülmesi, diatomit yüzeyinin FC ile modifiye edildiğini göstermektedir.

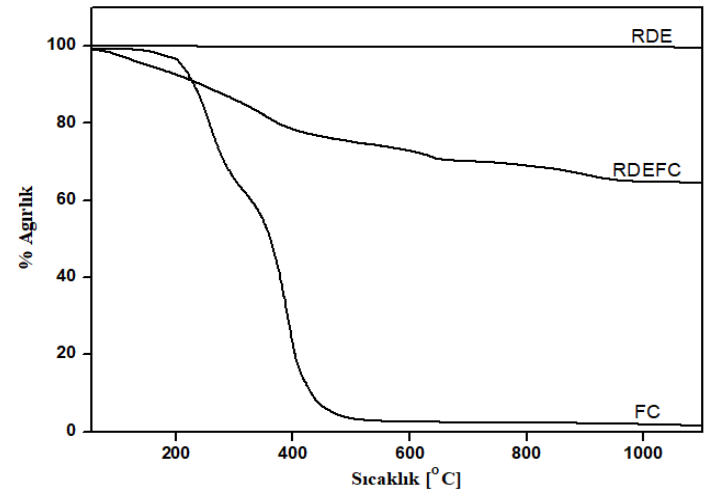
Ham ve yüzeyi modifiye edilmiş diatomitlerin ve yüzey modifikasyon ajanının termogravimetrik analiz termogramları Şekil 3'te gösterilmiştir. Yüzey modifikasyonunda kullanılan FC, yapısında bulunan organik bileşenlerden dolayı düşük sıcaklıklarda (200-400°C) parçalanırken ham diatomit numunesi inorganik yapısından dolayı 1100°C'de bile parçalanmamıştır. FC ile işlem görmüş diatomitin 200°C'den itibaren parçalanmaya başlamış olması, diatomitin FC kimyasalıyla başarılı bir şekilde modifiye edildiğini göstermektedir.



Şekil 1. Öğütülmemiş (RDE) ve öğütülmüş (GDE) diatomit numunelerinin SEM görüntüleri.



Şekil 2. Ham, florokarbon ile modifiye edilmiş diatomit ve yüzey modifikasyon ajanının FT-IR spektrogramları (RDE: Ham diatomit, FC: Florokarbon ve RDEFC: Florokarbon ile modifiye edilmiş ham diatomit).



Şekil 3. Ham, florokarbon ile modifiye edilmiş diatomit ve yüzey modifikasyon ajanının TGA termogramları (RDE: Ham diatomit, FC: Florokarbon ve RDEFC: Florokarbon ile modifiye edilmiş ham diatomit).

Tablo 3. Öğütülmemiş (RDE) ve öğütülmüş (GDE) diatomit numunelerinin tanecik boyut analizi bulguları.

Notasyon	ΣSüre(dk)	d ₁₀ (µm)	d ₅₀ (µm)	d ₉₀ (µm)
RDE	-	4,60	23,00	87,50
GDE-48	48	0,90	5,75	23,80
GDE-78	78	1,70	20,30	94,70
GDE-120	120	0,80	4,70	21,00

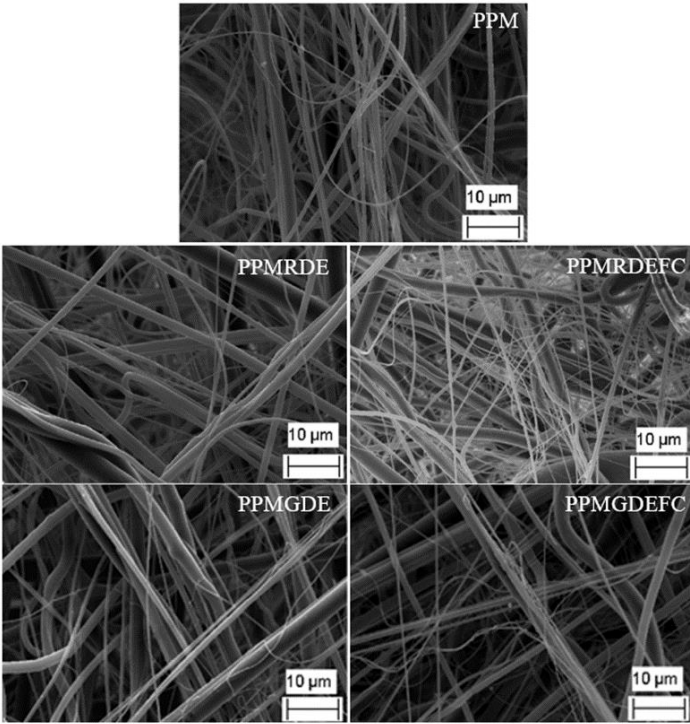
Tablo 4. Diatomit numunelerinin öğütme öncesi ve sonrası BET yüzey alanı, gözenek hacmi ve gözenek boyutu bulguları.

Notasyon	BET yüzey alanı (m ² /g)	Gözenek boyutu (Å)	Gözenek hacmi (cm ³ /g)
RDE	6,48	240	0,081934
GDE-48	19,39	140	0,072608

3.1.2. Polipropilen/Diatomit Dokusuz Yüzeylerin Morfoloji ve Termal Analiz Bulguları

Polipropilen/diatomit (98/2 w/w) dokusuz yüzeylerin SEM görüntüleri Şekil 4'te verilmiştir. PP içerisine diatomit ilave edildiğinde öğütmeden bağımsız olarak lif çapının arttığı görülmektedir (saf PPM dokusuz yüzey: 1-19 µm, diatomit içeren dokusuz yüzeyler: 1-27 µm).

Üretilen dokusuz yüzeylerin DSC termogramları ve sayısal verileri sırası ile Şekil 5 ve Tablo 5'te verilmiştir. Diatomit ilavesi PP'nin erime (T_m), kristallenme (T_c) sıcaklıkları ve kristalinite derecesini pek etkilememiştir. Diatomit ilavesinden bağımsız olarak % kristalinite değerlerinin çok düşük çıkmasının sebebi; üretimin sıcak üflemeyle yapılması nedeniyle polipropilenin kristallenmesi için uygun ortam bulunmamasıdır.

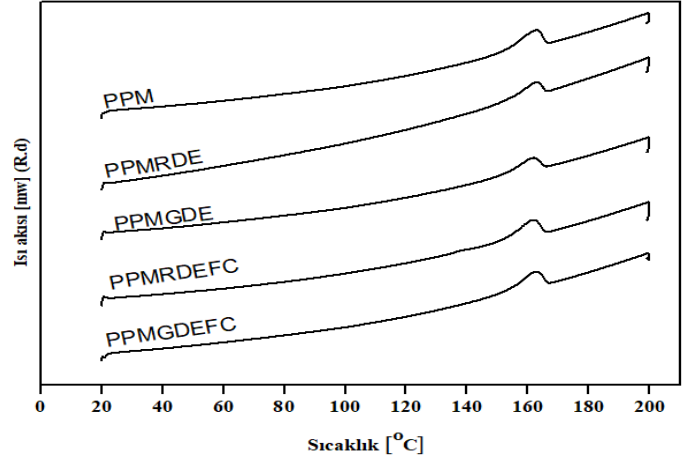


Şekil 4. Ham, öğütülmüş ve modifiye edilmiş diatomit içeren PP/ diatomit (98/2 w/w) dokusuz yüzeylerin SEM görüntüleri (PP: Polipropilen, M: Maleik anhidrit, RDE: Ham diatomit GDE: Öğütülmüş diatomit ve FC: Florokarbon).

3.1.3. Polipropilen/Diatomit Dokusuz Yüzeylerin Boyanabilirlik Bulguları

Diatomitin polipropilen dokusuz yüzeyin boyanabilirliği üzerindeki etkisini incelemek amacıyla saf polipropilen dokusuz yüzey ve diatomit içeren polipropilen dokusuz yüzeyler Stapers Red P2G ve Stapers Blue TFBL-NEW dispers boyarmaddeleri ile farklı konsantrasyonlarda (%0,5 ve %1,5) ve farklı sıcaklıklarda (110°C, 120°C ve 130°C) boyanmış ve ardından CIE $L^*a^*b^*C^*$ renk koordinatları belirlenmiştir. Boyamaların CIE $L^*a^*b^*C^*$ renk koordinatları Tablo 6-9'da ve K/S değerleri Şekil 6-9'de verilmiştir.

L^* değeri, numunenin renk bakımından açıklık-koyuluk kavramını temsil eden renk koordinatıdır. a^* değeri, yatay yeşil-kırmızı renk eksenini temsil eder ve b^* değeri dikey sarı-mavi eksenine karşılık gelmektedir. C^* değeri numunenin doygunluğunu temsil etmektedir.



Şekil 5. Ham, öğütülmüş ve modifiye edilmiş diatomit içeren PP/ diatomit (98/2 w/w) dokusuz yüzeylerin DSC termogramları (PP: Polipropilen, M: Maleik anhidrit, RDE: Ham diatomit, GDE: Öğütülmüş diatomit ve FC: Florokarbon).

Ham ve öğütülmüş diatomit içeren polipropilen dokusuz yüzeylerin Setapers Red P2G boyarmaddesiyle %0,5'lik boyamalarına ait CIE $L^*a^*b^*C^*$ renk koordinatları Tablo 6'da verilmiştir. 110°C sıcaklıkta gerçekleştirilen boyama şartlarında L^* değerlerine bakıldığında; tüm diatomit içeren polipropilen dokusuz yüzeylerin renk koyuluğu maleik anhidrit içeren saf polipropilen dokusuz yüzeye (PPM) göre artmıştır. Kaplama işleminden bağımsız olarak ham diatomit (RDE) içeren numunelerin renk koyuluğunda çok az bir miktar artış gözlenirken, öğütülmüş diatomit (GDE) içeren numunelerin renk koyuluklarında yüksek bir artış gözlenmiştir. Renk koyuluğu artışı en fazla öğütülmüş ve florokarbonla kaplanmış diatomit içeren numunede (PPMGDEFC) gözlenmiştir (ΔL^* : 12,32). En az artış ise ham diatomit içeren numunede (PPMRDE) gözlenmiştir (ΔL^* : 1,11). a^* değerleri incelendiğinde ham diatomit içeren ve modifiye edilmemiş numune (Δa^* : -0,80 (PPM) ve Δa^* : -1,77 (PPMRDE)) haricindeki bütün numuneler kırmızımsı renge sahip iken; en kırmızımsı renge sahip olan, öğütülmüş ve florokarbonla kaplanmış diatomit içeren numune (PPMGDEFC, Δa^* : 12,11) olarak tespit edilmiştir. b^* değerlerine göre tüm numunelerin, saf PPM ile karşılaştırıldığında daha sarımsı bir renge sahip olduğu gözlemlenmektedir. Aralarında en sarımsı renge sahip olan ise PPMGDE numunesidir (Δb^* : 5,08). C^* değerlerine göre PPMRDE numunesi dışındaki diğer numuneler saf PPM'den daha doygundur (PPM için ΔC^* : -0,75, PPMRDE için ΔC^* : -1,05). En doygun numune ise PPMGDEFC numunesidir (ΔC^* : 12,21).

Tablo 5. Ham, öğütülmüş ve modifiye edilmiş diatomit içeren PP/diatomit (98/2 w/w) dokusuz yüzeylerin DSC analizi bulguları. (PP: Polipropilen, M: Maleik anhidrit, RDE: Ham diatomit, GDE: Öğütülmüş diatomit ve FC: Florokarbon).

Parametre	PPM	PPM/RDE	PPM/GDE	PPM/RDEFC	PPM/GDEFC
T _m (°C)	162,8	162,6	161,4	160,6	162,7
T _c (°C)	120,0	117,3	118,3	121,1	119,7
Kristalinite (%)	5,2	6,2	5,2	6,2	5,9

120°C'de boyanmış numunelerin L* değerleri incelendiğinde öğütme işleminden bağımsız olarak modifiye edilmiş diatomit içeren numunelerin renk koyuluğu saf PPM'le (L*: 0,00) kıyaslandığında azalırken, modifiye edilmemiş diatomit içeren numunelerin renk koyuluğu artmıştır. Renk koyuluğu artışı en fazla olan ise PPMGDE numunesidir (ΔL^* : 6,31). a* değerlerine bakıldığında PPMGDE (Δa^* : 2,59) numunesi dışındaki diğer numuneler yeşilimsi renge sahiptir. En yeşilimsi renge sahip olan ise PPMRDE numunesidir (Δa^* : -6,89). b* değerlerine göre diatomit içeren tüm numuneler saf PPM ile karşılaştırıldığında daha mavimsi bir renge sahiptir. PPMRDE, numuneler arasında en mavimsi renge sahip olan dokusuz yüzey numunesidir (Δb^* : -6,21). C* değerleri incelendiğinde ise; PPMGDE numunesi dışındaki diğer numuneler PPM'den daha az doygundur (PPM için C*: -0,01, PPMGDE için ΔC^* : 1,38).

130°C'de gerçekleştirilen boyamalara ait L* değerleri incelendiğinde tüm diatomit içeren polipropilen dokusuz yüzeylerin renk koyuluğu saf PPM dokusuz yüzeye göre artmıştır (Tablo 6). Renk koyuluğu artışı en fazla olan ise; PPMGDE numunesidir (ΔL^* : 13,38). En az artış PPMRDEFC numunesinde (ΔL^* : 3,28)

görülmüştür. a* değerleri kıyaslandığında ise; saf PPM ve diğer numuneler kırmızımsı renge sahip iken; en kırmızımsı renge sahip olan numune PPMGDE numunesidir (Δa^* : 11,26). b* değerlerine göre kaplamadan bağımsız olarak ham diatomit içeren numuneler saf PPM (Δb^* : 0,72) ile kıyaslandığında benzer ya da daha az sarımsı bir renge sahipken, öğütülmüş diatomit ihtiva eden numuneler daha sarımsı renge sahiptir. PPMGDE, numuneler arasında en sarımsı renge sahip olan dokusuz yüzey numunesidir (Δb^* : 4,05). C* değerlerine göre PPMRDEFC numunesi dışındaki diğer numuneler PPM'den daha doygundur. (ΔC^* : 2,31 (PPM) ve ΔC^* : 2,07 (PPMRDEFC)). En doygun numune ise PPMGDE (ΔC^* : 11,97) numunesidir.

%0,5 Setapers Red P2G kullanılarak gerçekleştirilen boyamalarda ham ve öğütülmüş diatomit içeren numunelerin renk değerleri genel olarak incelendiğinde şu sonuçlar çıkmıştır: Öğütme ve kaplama ajanından bağımsız olarak diatomit ilavesi, PP'nin renk koyuluğunu ve doygunluğunu arttırmıştır. Bu artış boyama sıcaklığı 110°C'den 130°C'ye doğru arttıkça daha belirgin bir hale gelmiştir.

Tablo 6. %0,5 Setapers Red P2G ile farklı sıcaklıklarda boyanmış diatomit içeren polipropilen dokusuz yüzeylerin renk farklılıkları (PPM: Maleik anhidrit içeren polipropilen, RDE: Ham diatomit, GDE: Öğütülmüş diatomit ve FC: Florokarbon).

Boyama Sıcaklığı	Örnek	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔC^*
110°C	PPM	0,42	-0,80	0,38	-0,75
	PPMRDE	1,11	-1,77	2,16	-1,05
	PPMGDE	12,09	8,21	5,08	9,24
	PPMRDEFC	1,29	0,36	1,19	0,56
	PPMGDEFC	12,32	12,11	1,61	12,21
120°C	PPM	0,00	-0,01	0,00	-0,01
	PPMRDE	4,24	-6,89	-6,21	-8,90
	PPMGDE	6,31	2,59	-2,08	1,38
	PPMRDEFC	-3,56	-6,31	-5,51	-8,15
	PPMGDEFC	-2,73	-5,11	-4,80	-6,78
130°C	PPM	2,39	2,19	0,72	2,31
	PPMRDE	6,68	5,39	0,23	5,25
	PPMGDE	13,38	11,26	4,05	11,97
	PPMRDEFC	3,28	1,93	0,74	2,07
	PPMGDEFC	5,82	4,65	1,45	4,87

Ham ve öğütülmüş diatomit içeren polipropilen dokusuz yüzeylerin Setapers Red P2G boyarmaddesiyle %1,5'lik boyamalarına ait CIE L*a*b*C renk koordinatları sırasıyla Tablo 7'de verilmiştir. İlk olarak 110°C'de boyanan dokusuz yüzeyler ele alınacak olursa (Tablo 7); diatomit içeren PP dokusuz yüzeylerin L* değerlerine bakıldığında tüm numunelerin renk koyuluğu saf PPM'e göre artmıştır. Renk koyuluğu artışı en fazla ve en az olan numuneler sırası ile PPMGDE (ΔL^* : 15,14) ve PPMRDEFC'dir (ΔL^* : 2,78). a* değerleri incelendiğinde PPMGDE numunesi (Δa^* : 6,22) haricindeki tüm numuneler yeşilimsidir. b* değerlerine göre saf PPM ve PPMRDEFC numuneleri mavimsi bir renge sahipken (PPM için Δb^* : -0,02, PPMRDEFC için Δb^* : -0,02), diğer tüm numuneler sarımsı bir renge sahiptir. PPMGDE numuneler arasında en çok sarımsı renge sahip olan dokusuz yüzey numunesidir (Δb^* : 8,04). C* değerlerine göre PPMGDE numunesi dışındaki tüm numuneler saf PPM'den daha az doygundur (PPM için ΔC^* : 0,01, PPMGDE için ΔC^* : 8,44). 120°C'deki boyama şartlarında PPMRDEFC numunesi dışındaki tüm numunelerin renk koyuluğu saf PPM'e göre artmıştır (ΔL^* : 0,01 (PPM) ve ΔL^* : -5,01 (PPMRDEFC)). Renk koyuluğu artışı en fazla PPMGDE (ΔL^* : 15,42) numunesinde görülmüştür. a* değerleri incelendiğinde kaplamadan bağımsız olarak ham diatomit içeren numuneler yeşilimsi renge sahipken, öğütülmüş diatomit ihtiva eden numuneler sarımsı renge sahiptir. b* değerlerine göre kaplamadan bağımsız olarak ham diatomit ihtiva eden numuneler saf PPM (Δb^* : -0,01) ile karşılaştırıldığında daha mavimsi renge sahipken, öğütülmüş diatomit ihtiva eden numuneler sarımsı renge sahiptir. Numunelerin doygunluğu kıyaslandığında; kaplamadan bağımsız olarak ham diatomit ihtiva eden numuneler saf PPM'den (ΔC^* : 0,01) daha az doygunken, öğütülmüş diatomit ihtiva eden numuneler daha doygundur. 130°C'de gerçekleştirilen boyama şartlarında diatomit ihtiva eden dokusuz yüzeylerin L* değerleri artmıştır. Renk koyuluğu artışı en fazla ve en az olan numuneler sırası ile PPMGDE (ΔL^* : 24,08) ve PPMRDEFC'dir (ΔL^* : 6,17). a* değerleri incelendiğinde tüm numuneler saf PPM numunesine göre daha kırmızımsı renge sahip iken; en kırmızımsı renge sahip olan numune PPMGDE numunesidir (Δa^* : 13,38). b* değerlerine göre tüm numuneler saf PPM ile karşılaştırıldığında daha sarımsı bir renge sahiptir. PPMGDE numuneler arasında en fazla sarımsı renge sahip olan dokusuz yüzey numunesidir (Δb^* : 8,70). C* değerlerine göre PPMRDEFC numunesi dışındaki tüm numuneler PPM'den daha doygundur. En doygun numune ise PPMGDE numunesidir (ΔC^* : 15,73).

%1,5 Setapers Red P2G ile boyanmış saf ve diatomit içeren polipropilen dokusuz yüzeylerin renk özellikleri genel olarak değerlendirildiğinde: kaplamadan bağımsız olarak ham diatomit içeren numunelerde renk koyuluğu artmış, doygunluk azalmıştır. Öğütülmüş diatomit içeren dokusuz yüzeylerde ise hem renk koyuluğu hem de renk doygunluğu artmıştır.

Ham ve öğütülmüş diatomit içeren polipropilen dokusuz yüzeylerin Setapers Blue TFBL-NEW boyarmaddesiyle %0,5'lik boyamalarına ait CIE L*a*b*C renk koordinatları Tablo 8'de

verilmiştir. İlk olarak 110°C'de yapılan boyama sonuçları değerlendirildiğinde; diatomit içeren dokusuz yüzeylerin renk koyuluğu artmış olup en fazla artışı PPMGDE (ΔL^* : 23,07) numunesinde görülmüştür. a* değerleri incelendiğinde PPMGDE numunesi (Δa^* : 2,55) dışındaki tüm numuneler yeşilimsi renge sahip olup; PPMGDEFC numunesi saf PPM numunesine göre daha yeşilimsi renge sahiptir (Δa^* : -0,01 (PPM) ve Δa^* : -1,75 (PPMGDEFC)). b* değerlerine göre PPMGDE numunesi (Δb^* : -13,38) hariç tüm numuneler saf PPM ile (Δb^* : 0,03) kıyaslandığında daha sarımsı bir renge sahiptir. Numunelerin doygunluğu incelendiğinde PPMGDE (ΔC^* : 13,62) numunesi haricindeki tüm numuneler saf PPM numunesine (ΔC^* : -0,03) göre daha az doygundur. 120°C'deki boyama şartlarında L* değerlerine bakıldığında diatomit içeren dokusuz yüzeylerin renk koyuluğu saf PPM'e göre artmıştır. En yüksek artış PPMGDE numunesinde (ΔL^* : 22,10) görülürken diğer numunelere göre PPMRDEFC numunesinde (ΔL^* : 1,67) daha az artış görülmüştür. a* değerlerine göre PPMGDE numunesi (Δa^* : 1,17) haricindeki tüm numuneler saf PPM'e (Δa^* : -0,00) göre daha yeşilimsi renge sahiptir. b* değerlerine göre tüm diatomit içeren numuneler saf PPM ile karşılaştırıldığında daha mavimsi renge sahip olup PPMGDE numunesi en mavimsi renge sahip olan numunedir (Δb^* : -13,54). C* değerlerine göre kaplamadan bağımsız olarak ham diatomit ihtiva eden numuneler PPM'den (ΔC^* : -0,02) daha az doygunken, öğütülmüş diatomit ihtiva eden numuneler PPM numunesine göre daha doygundur. PPMGDE numunesi ise en doygun numunedir (ΔC^* : 13,49). 130°C'de gerçekleştirilen boyamalara ait L* değerleri incelendiğinde tüm diatomit içeren dokusuz yüzeylerin renk koyuluğu saf PPM dokusuz yüzeye göre artmıştır. Renk koyuluğu artışı en fazla ve en az olan numuneler sırasıyla PPRDE (ΔL^* : 28,55) ve PPMRDEFC'dir (ΔL^* : 10,07). a* değerleri incelendiğinde PPGDEFC (Δa^* : -0,11) numunesi haricindeki tüm numuneler kırmızı renge sahiptir. En kırmızımsı renge sahip olan ise PPMGDE numunesidir (Δa^* : 5,53). b* değerleri incelendiğinde saf PPM numunesi sarımsı renge sahipken, diatomit ihtiva eden numuneler ise mavimsi renge sahip olup; PPMGDE numunesi (Δb^* : -16,58) en mavimsi renge sahip olan numunedir. Doygunluk tüm numunelerde artmış olup; PPMGDE numuneler arasında en doygun olan numunedir (ΔC^* : -0,00 (PPM) ve ΔC^* : 17,46 (PPMGDE)).

%0,5 Setapers Blue TFBL-NEW kullanılarak yapılan boyamalara ait renk özellikleri genel olarak değerlendirildiğinde: Öğütme ve kaplama işleminden bağımsız olarak diatomit içeren numuneler daha koyu ve daha doygun çıkmıştır. Boyama sıcaklığı artıkaça ilgili değerler yükselmiştir.

Ham ve öğütülmüş diatomit içeren polipropilen dokusuz yüzeylerin Setapers Blue TFBL-NEW boyarmaddesiyle %1,5'lik boyamalarına ait CIE L*a*b*C renk koordinatları Tablo 9'da verilmiştir. 110°C'de yapılan boyamalarda, diatomit ihtiva eden polipropilen dokusuz yüzeylerin L* değerleri, PPMRDEFC numunesi dışında saf PPM'e göre artmıştır (L*: 0,00 (PPM) ve ΔL^* : -2,08 (PPMRDEFC)). Renk koyuluğu artışı en fazla

Tablo 7. %1,5 Setapers Red P2G ile farklı sıcaklıklarda boyanmış diatomit içeren polipropilen dokusuz yüzeylerin renk farklılıkları (PPM: Maleik anhidrit içeren polipropilen, RDE: Ham diatomit, GDE: Öğütülmüş diatomit ve FC: Florokarbon).

Boyama Sıcaklığı	Örnek	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔC^*
110°C	PPM	0,00	-0,01	-0,02	0,01
	PPMRDE	8,32	-1,37	0,27	-1,29
	PPMGDE	15,14	6,22	8,04	8,44
	PPMRDEFC	2,78	-0,25	-0,02	-0,25
	PPMGDEFC	3,41	-1,12	1,41	-0,79
120°C	PPM	0,01	-0,00	-0,01	-0,01
	PPMRDE	0,41	-0,48	-4,10	-1,90
	PPMGDE	15,42	8,69	7,68	11,39
	PPMRDEFC	-5,01	-2,71	-6,17	-4,49
	PPMGDEFC	9,92	9,05	7,47	11,58
130°C	PPM	0,00	0,01	-0,01	0,00
	PPMRDE	8,86	3,60	1,87	4,02
	PPMGDE	24,08	13,38	8,70	15,73
	PPMRDEFC	6,17	3,73	0,43	3,69
	PPMGDEFC	14,05	6,23	3,65	7,13

Tablo 8. %0,5 Setapers Blue TFBL-NEW ile farklı sıcaklıklarda boyanmış diatomit içeren polipropilen dokusuz yüzeylerin renk farklılıkları (PPM: Maleik anhidrit içeren polipropilen, RDE: Ham diatomit, GDE: Öğütülmüş diatomit ve FC: Florokarbon).

Boyama Sıcaklığı	Örnek	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔC^*
110°C	PPM	0,00	-0,01	0,03	-0,03
	PPMRDE	0,69	-0,30	2,49	-2,50
	PPMGDE	23,07	2,55	-13,38	13,62
	PPMRDEFC	1,12	-0,55	0,56	-0,63
	PPMGDEFC	1,70	-1,75	0,31	-0,37
120°C	PPM	0,00	-0,00	0,02	-0,02
	PPMRDE	8,81	-3,07	-5,43	-5,11
	PPMGDE	22,10	1,17	-13,54	13,49
	PPMRDEFC	1,67	-1,73	-0,85	-0,54
	PPMGDEFC	3,31	-2,05	-0,87	0,55
130°C	PPM	0,00	0,01	0,00	-0,00
	PPMRDE	28,55	3,78	-16,07	16,50
	PPMGDE	25,16	5,53	-16,58	17,46
	PPMRDEFC	10,07	0,26	-8,69	8,63
	PPMGDEFC	13,37	-0,11	-13,03	12,93

PPMGDE numunesinde (ΔL^* : 17,05) görülmüştür. a^* değerlerine göre saf PPM numunesi haricinde diğer numuneler kırmızımsı renge sahiptir. En kırmızımsı renge sahip olan PPMGDE numunesidir (Δa^* : 5,50). b^* değerlerine göre PPMGDE (Δb^* : -8,91) haricindeki tüm numuneler sarımsı bir renge sahiptir. En sarımsı renge sahip olan ise PPMRDEFC numunesidir (Δb^* : 3,40). Numunelerin boyama sonrası doygunlukları karşılaştırıldığında; PPMGDE numunesi haricindeki diğer numuneler saf PPM'den daha az doygundur (C^* : -0,03 (PPM) ve ΔC^* : 8,96 (PPMGDE)). 120°C'de boyanmış numunelerin L^* değerlerine bakıldığında PPMRDEFC haricinde tüm numunelerin renk koyuluğunda artış meydana gelmiştir (ΔL^* : 0,00 (PPM) ve ΔL^* :

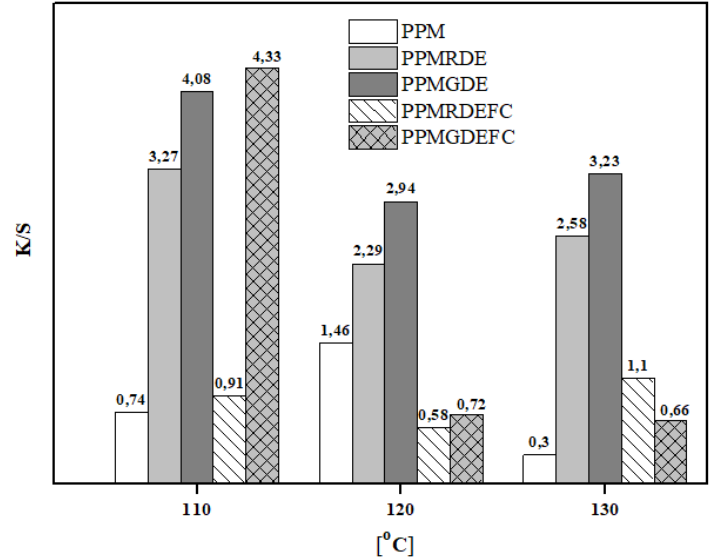
-2,60 (PPMRDEFC)). Öğütülmüş diatomit ihtiva eden numunelerdeki artış ham diatomit ihtiva eden numunelere oranla yüksektir. En yüksek artış ise PPMGDE numunesinde tespit edilmiştir (ΔL^* : 24,77). a^* değerleri incelendiğinde, kaplamadan bağımsız olarak ham diatomit ihtiva eden numuneler yeşilimsi renge sahipken, öğütülmüş diatomit ihtiva eden numuneler kırmızı renge sahiptir. b^* değerlerine bakıldığında kaplamadan bağımsız olarak ham diatomit ihtiva eden numuneler sarımsı renge sahipken, öğütülmüş diatomit ihtiva eden numuneler mavimsi renge sahiptir. En mavimsi renge sahip olan ise PPMGDE numunesidir (Δb^* : -10,69). C^* değerlerine göre; kaplamadan bağımsız olarak ham diatomit ihtiva eden numuneler saf PPM

(C*: -0,03) numunesine oranla daha az doygunken, öğütülmüş diatomit ihtiva eden numuneler daha doygundur. PPMGDE numunesi en doygun numunedir (ΔC^* : 10,87). 130°C'de gerçekleştirilen boyamalara ait L* değerleri incelendiğinde diatomit içeren tüm polipropilen dokusuz yüzeylerin renk koyuluğu saf PPM dokusuz yüzeye göre artmıştır. Renk koyuluğu artışı en fazla PPMGDE (ΔL^* : 36,42) numunesinde görülmüştür. a* değerlerine göre PPMRDEFC numunesi dışındaki bütün numuneler saf PPM ile kıyaslandığında daha kırmızımsı renge sahiptir (a*: 0,00 (PPM) ve Δa^* : -0,86 (PPMRDEFC)). b* değerlerine göre tüm numuneler mavimsi bir renge sahip olup PPMGDE (Δb^* : -17,33) numuneler arasında en mavimsi renge sahip olan numunedir. C* değerlerine göre bütün numuneler PPM'den (ΔC^* : -0,00) daha doygundur. PPMGDE numunesi ise en doygun numunedir (ΔC^* : 17,81).

Setapers Blue TFBL-NEW kullanılarak %1,5 koyulukta yapılan boyamalarda elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde: Ham diatomit içeren numuneler kaplamadan bağımsız olarak diatomit içermeyenlere göre daha koyu olmakla birlikte daha az doygun çıkmıştır.

Boyamalara ilişkin renk verimi (K/S) değerleri Şekil 6-9'da verilmiştir. Farklı sıcaklıklarda %0,5 Setapers Red P2G ile boyanmış diatomit içeren numunelerin K/S değerlerine bakıldığında genel olarak boyama sıcaklığından bağımsız olarak diatomit kullanımının renk verimini arttığı görülmüştür (Şekil 6). 110°C boyamada diatomit içeren tüm numunelerin K/S değerleri, saf PPM'e (K/S: 0,74) göre daha yüksek olmakla birlikte en iyi renk verimi PPMGDEFC (K/S: 4,33) numunesinde görülmüştür. 120°C'de yapılan boyamalarda en yüksek renk verim değeri

PPMGDE (K/S: 2,94) numunesinde, en düşük renk verimi ise PPMRDEFC numunesinde (K/S: 0,58) görülmüştür. 130°C boyamada ise en iyi renk verimi yine PPMGDE numunesinde (K/S: 3,23) gözlenirken, en düşük renk verimi ise PPMGDEFC (K/S: 0,66) numunesinde elde edilmiştir. Bütün numunelerde belirli bir artış gözlenirken; PPMGDE numunesinin tüm sıcaklıklarda renk verim artışı diğerlerine göre daha fazla olmuştur.

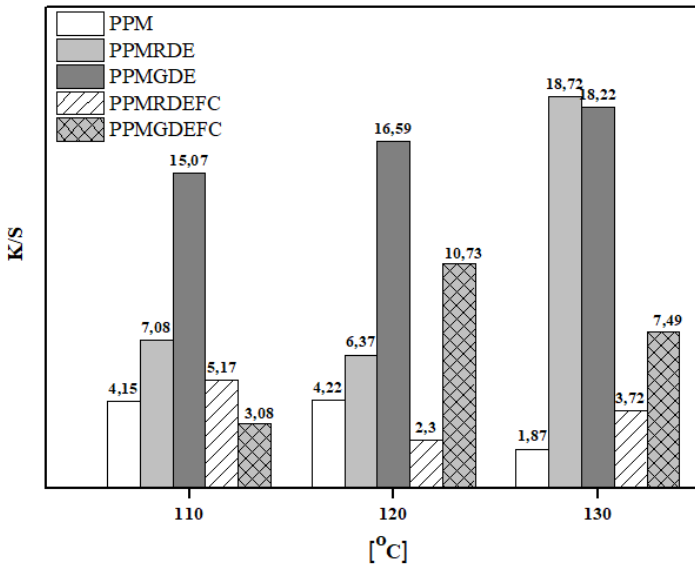


Şekil 6. %0,5 Setapers Red P2G ile farklı sıcaklıklarda boyanmış saf polipropilen ve diatomit içeren polipropilen dokusuz yüzeylerin K/S değerleri (PPM: Maleik anhidrit içeren polipropilen, RDE: Ham diatomit, GDE: Öğütülmüş diatomit ve FC: Florokarbon).

Tablo 9. %1,5 Setapers Blue TFBL-NEW ile farklı sıcaklıklarda boyanmış diatomit içeren polipropilen dokusuz yüzeylerin renk farklılıkları (PPM: Maleik anhidrit içeren polipropilen, RDE: Ham diatomit, GDE: Öğütülmüş diatomit ve FC: Florokarbon).

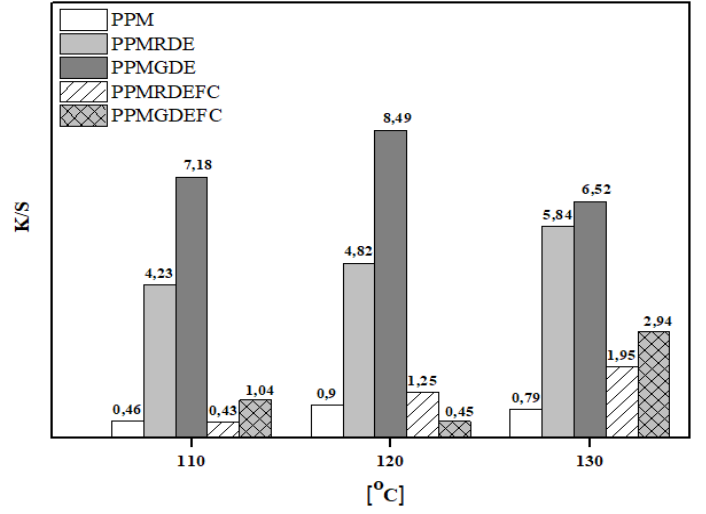
Boyama Sıcaklığı	Örnek	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔC^*
110°C	PPM	0,00	-0,01	0,03	-0,03
	PPMRDE	0,32	2,64	3,34	-3,54
	PPMGDE	17,05	5,50	-8,91	8,96
	PPMRDEFC	-2,08	1,35	3,40	-3,59
	PPMGDEFC	1,70	0,78	0,21	-0,33
120°C	PPM	0,00	-0,00	0,02	-0,02
	PPMRDE	0,67	-1,02	1,38	-1,47
	PPMGDE	24,77	2,02	-10,69	10,87
	PPMRDEFC	-2,60	-1,38	3,34	-3,45
	PPMGDEFC	16,12	1,86	-7,56	7,76
130°C	PPM	0,00	0,00	-0,00	0,00
	PPMRDE	14,45	1,09	-6,57	6,65
	PPMGDE	36,42	4,49	-17,33	17,81
	PPMRDEFC	14,90	-0,86	-8,38	8,37
	PPMGDEFC	17,00	0,19	-8,58	8,58

Şekil 7’de farklı boyama şartlarında %1,5 Setapers Red P2G ile boyanmış diatomit içeren numunelerin K/S değerleri verilmiştir. 110°C’de yapılan boyamalarda PPMGDEFC (K/S: 3,08) hariç tüm numuneler, saf PPM’e (K/S: 4,15) göre daha yüksek K/S değerleri sergilemiştir. En iyi renk verimi PPMGDE numunesinde (K/S: 15,07) görülmüştür. 120°C boyamada en yüksek renk verim değeri PPMGDE (K/S: 16,59) numunesinde görülürken, en düşük renk verimi ise PPMRDEFC (K/S: 2,3) numunesinde gözlenmiştir. 130°C boyamada ise en iyi renk verimi PPMRDE (K/S: 18,72) numunesinde gözlenirken en düşük renk verimi değeri PPMRDEFC (K/S: 3,72) numunesinde elde edilmiştir. Aynı boya tipi, aynı yöntem, aynı numune kullanıldığında %0,5’lik boya kullanımında, 110°C’de en yüksek K/S değeri PPMGDEFC iken kullanılan boya miktarı artırıldığında aynı sıcaklık boyamasında bu kez en düşük K/S değeri PPMGDEFC numunesinde gözlemlenmiştir. Bilindiği gibi yüzey alanının boyanabilirlik üzerinde büyük bir etkisi bulunmaktadır. Bu çelişkili sonucun, parçacık boyutu sonucundan da görüldüğü gibi homojen olarak gerçekleşmeyen öğütme işleminden kaynaklandığı düşünülmektedir.



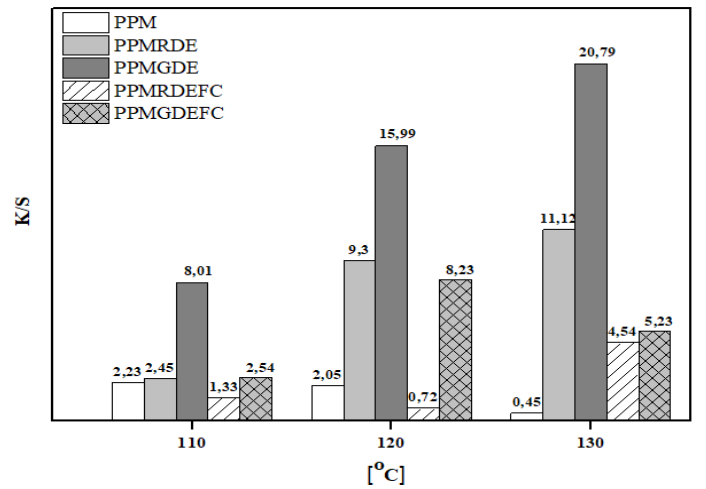
Şekil 7. %1,5 Setapers Red P2G ile farklı sıcaklıklarda boyanmış saf polipropilen ve diatomit içeren polipropilen dokusuz yüzeylerin K/S değerleri (PPM: Maleik anhidrit içeren polipropilen, RDE: Ham diatomit, GDE: Öğütülmüş diatomit ve FC: Florokarbon).

Farklı sıcaklıklarda %0,5 Setapers Blue TFBL-NEW ile boyanmış diatomit içeren polipropilen dokusuz yüzeylerin K/S değerlerine bakıldığında (Şekil 8); 110°C’de yapılan boyamalarda PPMRDEFC (K/S: 0,43) hariç tüm numunelerde renk verimi artmış olup en iyi renk verimi PPMGDE (K/S: 7,18) numunesinde elde edilmiştir. 120°C’de yapılan boyamalarda en yüksek renk verim değeri PPMGDE numunesinde (K/S: 8,49) gözlenirken en düşük renk verimi PPMGDEFC numunesinde (K/S: 0,45) tespit edilmiştir. 130°C sıcaklıkta gerçekleştirilen boyamada ise en iyi renk verimi diğer sıcaklıklarda olduğu gibi PPMGDE (K/S: 6,52) numunesinde tespit edilmiştir. Renk veriminin en az artış gösterdiği numune ise PPMRDEFC numunesi (K/S): 1,95 olmuştur.



Şekil 8. %0,5 Setapers Blue TFBL-NEW ile farklı sıcaklıklarda boyanmış saf polipropilen ve diatomit içeren polipropilen dokusuz yüzeylerin K/S değerleri (PPM: Maleik anhidrit içeren polipropilen, RDE: Ham diatomit, GDE: Öğütülmüş diatomit ve FC: Florokarbon).

%1,5 Setapers Blue TFBL-NEW ile farklı sıcaklıklarda boyanmış saf polipropilen ve diatomit içeren polipropilen dokusuz yüzeylerin K/S değerleri Şekil 9’de verilmiştir. 110°C sıcaklıkta gerçekleştirilen boyamada, PPMRDEFC numunesinin (K/S: 1,33) renk veriminde istenilen oranda bir artış gözlenmemiştir ve saf PPM numunesine (K/S: 2,23) göre azalma tespit edilmiştir. Diğer numuneler arasında en iyi renk verimi PPMGDE (K/S: 8,01) numunesinde elde edilmiştir. 120°C boyamada en yüksek renk verim değeri PPMGDE (K/S: 15,99) numunede, en düşük renk verimi ise PPMRDEFC (K/S: 0,72) numunede gözlenmiştir. 130°C boyamada ise en iyi renk verimi yine PPMGDE numunesinde (K/S: 20,79) elde edilmiştir. Renk veriminin en düşük olduğu numune ise PPMRDEFC (K/S: 4,54) numunesidir.



Şekil 9. %1,5 Setapers Blue TFBL-NEW ile farklı sıcaklıklarda boyanmış saf polipropilen ve diatomit içeren polipropilen dokusuz yüzeylerin K/S değerleri (PPM: Maleik anhidrit içeren polipropilen, RDE: Ham diatomit, GDE: Öğütülmüş diatomit ve FC: Florokarbon).

Tüm boyamalara ait renk verimleri genel olarak değerlendirildiğinde diatomit kullanımının renk verimliliğini arttırdığı görülmüştür. İşlem görmüş ve görmemiş diatomitin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin ve boyama değişkenlerinin boyanabilirlik üzerinde etkisinin olduğu sonuçlardan anlaşılmaktadır. Bu duruma yol açan sebepler aşağıdaki gibi açıklanabilir:

- Ögütme işlemiyle diatomitin parçacık boyutu azalmakta ve yüzey alanı artmaktadır. Yüzey alanı artan diatomit, polipropilen matris polimeri içerisine ilave edildiğinde daha geniş bir alanda dağılma olanağına kavuşmaktadır. Bu durum PP içerisinde boyarmaddenin girebileceği daha fazla alanın oluştuğu anlamına gelmektedir.
- Literatürde lif çapıyla dokusuz yüzeyin gözenek çapının (boyutu) yakından alakalı olduğu bilinmektedir [45,46]. Lif çapı arttıkça lifler arası boşluklar artmakta ve bu durum doğrudan dokusuz yüzeyin gözenek boyutunu arttırmaktadır. Dolayısıyla diatomit ilavesi ile gözenek çapı artan PP/DE yüzeylerin K/S değerlerinin genel olarak saf PPM'e göre daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 6-9).
- Diatomit PP'nin sıkı bölgelerini gevşetmeye çalışırken florokarbon ise hidrofobik yapısı sebebiyle kaplı olan yüzeyin boya alımını azaltma yönünde çalıştığı için yüzeyi modifiye edilmemiş diatomit içeren PP'ye göre renk verimini düşürdüğü düşünülmektedir.
- Tüm numunelerin K/S değerleri incelendiğinde; yüksek konsantrasyonda yapılan boyamaların K/S değerlerinin düşük konsantrasyonda yapılanlara göre daha yüksek çıktığı görülmektedir. Ortamda lif yüzeyine tutunabilecek daha fazla boyarmadde molekülü olmasının bu durumu sağladığı söylenebilir.

4. SONUÇLAR

Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde, diatomit kullanımının renk verimliliğini arttırdığı görülmüştür. Bilindiği üzere polipropilen lif makromolekülleri sıkı bir yapıya sahip olup dispers boyarmaddelele normal şartlar altında boyanması çok zordur. Dolayısıyla dispers boyarmaddeler ile polipropilenin boyanabilmesi için polipropilenin sıkı lif yapısının açılıp boyarmaddenin lif içine girebileceği gözeneklerin açılması gerekmektedir. Düşük miktarda diatomit kullanımına rağmen, boyamalarda renk veriminin saf polipropilene göre artmış olması hem küçük hem de büyük moleküllü dispers boyarmaddelerle açık ve koyu ton boyamalarda diatomitin bu görevi yerine getirdiğini göstermektedir. Ayrıca, öğütülmüş ve yüzeyi modifiye edilmemiş diatomit kullanımının 120°C gibi bir sıcaklıkta polipropilenin boyanabilirliğini önemli ölçüde iyileştirdiği tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre polipropilenin eriyik halinde kütleli boyanması yerine alternatif olarak düşük miktarda diatomit ilave edilerek tekstil yüzeyi haline getirildikten sonra da renk verimi çok artırılmış bir şekilde boyanabileceği ilk kez bu çalışma sayesinde gösterilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 113M512 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Maddah, H. A., (2016), *Polypropylene as a promising plastic: A review*, American Journal of Polymer Science, 6(1), 1-11.
2. Rabiei, N., Kish, M. H., Amirshahi, S. H., Radjabian, M., (2012), *The kinetic and thermodynamic parameters of dyeing of polypropylene/Clay composite fibers using disperse dye*, Dyes and Pigments, 94 (3), 386-392.
3. Ataefard, M., Mohseni, M., Moradian, S., (2016), *Polypropylene/clay nanocomposite: kinetic and thermodynamic of dyeing with various disperse dyes*, The Journal of The Textile Institute, 107(2), 182-190.
4. Gupta, M. L., Cook, F., Eppers, J. N., Wu, X., Liu, H., (2010), *Aqueous processes for dyeing generic, unmodified polypropylene fiber*, Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 5(2), 27-39.
5. Burkinshaw, S. M., Froehling, P. E., Mignaneli, M., (2002), *The effect of hyperbranched polymers on the dyeing of polypropylene fibres*, Dyes and Pigments, 53, 229-235.
6. Ataefard, M., Moradian, S., (2012), *Preparing dyeable PP fiber nanocomposites using the special cubic mixture experimental design*, The Journal of The Textile Institute, 103(11), 1169-1182.
7. Mirjalili, F., Moradian, S., Ameri, F., (2013), *Enhancing the dyeability of polypropylene fibers by melt blending with polyethylene terephthalate*, The Scientific World Journal, 468542, 1-10.
8. Davulcu, A., Dogan, M., (2014), *Production of dyeable polypropylene fiber using polyhedral oligomeric silsesquioxanes via melt spinning*, Fiber and Polymers, 15(11), 2370-2375.
9. Ghouli, E. Y., Martel, B., Achari, E. A., Campagne, C., Razafimahefa, L., Vroman, I., (2010), *Improved dyeability of polypropylene fabrics finished with b-cyclodextrin-citric acid polymer*, Polymer Journal, 42, 804-811.
10. Toshniwal, L., Fan, Q., Ugbolue, S. C., (2007), *Dyeable polypropylene fibers via nanotechnology*, Journal of Applied Polymer Science, 106(1), 706-711.
11. Salehi, M. M., Ataefard, M., Moradian, S., (2017), *The effect of nanoclay, PP and PP-g-MA Type on dyeing properties of PP/clay nanocomposite with various dyes: A way to investigate the dyeability mechanism*, The Progress in Color, Colorants and Coatings, 10(2), 73-84.
12. Teli, M. D., Desai, P. V., (2015), *Disperse and acid dyeable polypropylene polyblend fibers*, International Journal of Current Engineering and Technology, 5(4), 2567-2571.
13. Shahidi, S., Moazzenchi, B., Ghoranneviss, M., Azizighannad, S., (2013), *Investigation on dyeability of polypropylene fabrics grafted with chitosan after plasma modification*, The European Physical Journal Applied Physics, 62(1), 10801.
14. Round, F. E., Crawford, R. M., Mann, D. G., (1990), *The diatoms: biology and morphology of the genera*, Cambridge University Press Publications, United Kingdom.
15. National minerals information center., *Diatomite statistics and information*, <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/diatomite/diatomyb03.pdf>, 31.03.2021.
16. Deniz, V., (2011), *Comparison with some porous materials and the effects of powder filling on breakage parameters of diatomite in dry ball milling*, Particulate Science and Technology: An International Journal, 29(5), 428-440.

17. Maier, M., (2001), *Amorphous silica in working environments a toxicological overview*, (Degussa), Mulhouse, France.
18. Chen J., Liu X., Li H., (2007), *Improvement in processability of metallocene polyethylene by ultrasound and binary processing aid*, Journal of Applied Polymer Science, 103(3), 1927–1935.
19. Hashimoto, T., & Mizuhata, M., (2012), *Discrimination of transparent polyethylene films based on identification of inorganic antiblocking agents*, Journal of Forensic Science, 57(3), 744-749.
20. Hu, S. F., Zhu, X. B., Hu, W., Yan, L., Cai, C., (2013), *Crystallization behaviors and foaming properties of diatomite-filled polypropylene composites*, Polymer Bulletin, 70, 517-533.
21. Liang, J. Z., (2008), *Effects of extrusion conditions on die-swell behavior of polypropylene/diatomite composite melts*, Polymer Testing, 27(8), 936–940.
22. Liang, J. Z., (2009), *Impact fracture toughness and morphology of diatomite-filled polypropylene composites*, Polymer Engineering & Science, 49(8), 1603–1607.
23. Liang, J. Z., (2010), *Effects of diatomite on extrudate swell behavior of polypropylene composite melts*, Journal of Applied Polymer Science, 118(1), 385–389.
24. Liang, J. Z., (2011), *Quantitative description of interfacial strength in polypropylene/inorganic particle composites*, Polymer Composites, 32(5), 821-828.
25. Liu, X., & Li, H., (2004), *Effect of diatomite/polyethylene glycol binary processing aids on the rheology of a metallocene linear low-density polyethylene*, Journal of Applied Polymer Science, 93(4), 1546–1552.
26. Liu, X., & Li, H., (2005), *Effect of diatomite/polyethylene glycol binary processing aid on the melt fracture and the rheology of polyethylenes*, Polymer Engineering & Science, 45(7), 898-903.
27. Liu, X., Xie, M., Li, H., (2005), *Effect of inorganic fillers in binary processing aids on the rheology of a metallocene linear low-density polyethylene*, Journal of Applied Polymer Science, 96(5), 1824–1829.
28. Liu, X., Chen, J., Li, H., (2006), *Phase morphology and rheological properties of metallocene-catalyzed linear low-density polyethylene with a small amount of diatomite/oligomer hybrids*, Journal of Polymer Science: Part B Polymer Physics, 44(9), 1287–1295.
29. Xie, M., Liu, X., Li, H., (2006), *Influence of poly (ethylene glycol)-containing additives on extrusion of ultrahigh molecular weight polyethylene / polypropylene blend*, Journal of Applied Polymer Science, 100(2), 1282–1288.
30. Xie, M., & Li, H., (2008), *Mechanical properties of an ultra-high molecular-weight polyethylene/polypropylene blend containing poly (ethylene glycol) additives*, Journal of Applied Polymer Science, 108(5), 3148–3153.
31. Xie, M., Chen, J., Li, H., (2009), *Morphology and mechanical properties of injection-molded ultra-high molecular weight polyethylene/polypropylene blends and comparison with compression molding*, Journal of Applied Polymer Science, 111(2), 890–898.
32. Yang, R., Yu, J., Liu, Y., Wang, K., (2005), *Effects of inorganic fillers on the natural photo-oxidation of high-density polyethylene*, Polymer Degradation and Stability, 88(2), 333-340.
33. Yang, R., Liu, Y., Yu, J., Zhang, D., (2008), *Spatial heterogeneity of photo-oxidation and its relation with crack propagation in polyethylene composites*, Polymer Engineering & Science, 48(11), 2270-2276.
34. Özen, İ., Şimşek, S., Okyay, G., (2015), *Manipulating surface wettability and oil absorbency of diatomite depending on processing and ambient conditions*, Applied Surface Science, 332, 22-31.
35. Özen, İ., Okyay, G., Şimşek, S., Duran, D., (2017), *Oil absorbency of diatomite embedded polypropylene meltblown composite structures*, Journal of Industrial Textiles, 46(7), 1552-1578.
36. Özen, İ., (2018), *Eriyik üfleme tekniğiyle üretilmiş, farklı tipte diatomit içeren polipropilen dokusuz yüzeylerin yağ emicilik özelliklerinin incelenmesi*, Tekstil ve Mühendis, 25(110), 68-77.
37. Organik Kimya A.Ş., (2013), *Orgaguard® FC 6000 technical datasheet*, İstanbul, Türkiye.
38. Kuo, C. F. J., Lan, W. L., Chen, S. H., Lin, F. S., Dong, M. Y., (2018), *Development of disperse dye polypropylene fiber and process parameter optimization Part I: development of dyeable polypropylene fiber and parameter optimization*, Textile Research Journal, 88(1), 3-13.
39. Özen, İ., (2015), *Enhanced dyeability of poly (ethylene terephthalate)/organoclay nanocomposite filaments*, Coloration Technology, 131(6), 464-473.
40. Varga, J., (1995), *Polypropylene structure, blends and composites*, Springer, Chapman and Hall, London.
41. McDonald, R., (1997), *Colour physics for industry*, Society of Dyers & Colourists, West Yorkshire, England.
42. Xiao, W. S., Peng, W. S., Wang, G. X., Wang, F. Y., Weng, K. N., (2004), *Infrared spectroscopic study of Changbaishan diatomite*, Spectroscopy and Spectral Analysis, 24(6), 690-693.
43. Li, Y. S., Vecchio, N. E., Lu, W., (2013), *Infrared and raman spectra of (3,3,3-trifluoropropyl) trimethoxysilane, its sol and xerogel*, Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 105, 213-217.
44. Yeh, J. T., Chen, C. L., Huang, K. S., (2007), *Preparation and application of fluorocarbon polymer/SiO₂ hybrid materials, Part I: preparation and properties of hybrid materials*, Journal of Applied Polymer Science, 103(2), 1140-1145.
45. Lifshutz, N., (2005), *On the mean flow pore size distribution of microfiber and nanofiber webs*, International Nonwovens Journal, 14(1), 18-24.
46. Yuan, W., (2014), *Effect of fiber diameter and web porosity on breathability of nanofiber mats at various test conditions*, MSc. Thesis, The University of Texas at Austin, USA.