



Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/yyufbed>



Araştırma Makalesi

Mikrodalga Ortamında Pamuk Elyafının C.I. Reaktif Yellow 138:1 Boyarmaddesi ile Boyanma Kinetiğinin İncelenmesi

Ayşe USLUOĞLU*, Murat TEKER, Hilal Gülnur ALŞAN

Sakarya Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, 54050, Sakarya, Türkiye
Ayşe USLUOĞLU, ORCID No: 0000-0002-7523-4210, Murat TEKER, ORCID No: 0000-0001-5589-1507,
Hilal Gülnur ALŞAN, ORCID No: 0000-0002-6188-2743

*Sorumlu yazar e-posta: ayseusluoglu@gmail.com

Makale Bilgileri

Geliş: 20.07.2023
Kabul: 18.01.2024
Online Nisan 2024

DOI:10.53433/yyufbed.1330002

Anahtar Kelimeler

Kinetik,
Mikrodalga,
Pamuk,
Reaktif boyarmadde

Öz: Mikrodalga ortamında C.I. Reactive Yellow 138:1 boyarmaddesinin pamuk elyafı üzerine boyama proses çalışmaları yapıldı. Boya prosesleri, L, ML, M mikrodalga seviyelerinde, pamuklu kumaşın seçilen reaktif boyarmadde ile zamana bağlı olarak boyama işlemleri yapıldı. Tüm boyanan kumaşların K/S değerleri ölçüldü. Tüm veriler kullanılarak 0., I., II. Derece hız denklemleri oluşturuldu ve II. Derece hız denkleminde uygun olduğu belirlenerek hız sabitleri hesaplandı. Mikrodalga ortamda boyama renk derinliğinin zamana bağlı olarak arttığı görülmüştür. Konvansiyonel reaktif boyama proses süresi 90 dakikadır, boyalı kumaşın K/S değeri 6.35'tir. Mikrodalga ortamda L seviyesinde boyama süresi 10 dakikada tamamlanmıştır, boyalı kumaşın K/S değeri 6.72 olup, daha derin renk elde edilmiştir. Mikrodalga ortamda boyama işlem süresinin geleneksel yöntemlere göre oldukça azaldığı gözlemlenmiştir.

Investigation of Dyeing Kinetics of Cotton Fiber with C.I. Reactive Yellow 138:1 Dyestuff in Microwave Media

Article Info

Received: 20.07.2023
Accepted: 18.01.2024
Online April 2024

DOI:10.53433/yyufbed.1330002

Keywords

Cotton,
Kinetic,
Microwave,
Reactive dyestuff

Abstract: Dyeing process studies were carried out on cotton fiber of reactive dyestuff in microwave heating. Dyeing processes were performed at L, ML, M microwave levels, depending on time, with the reactive dyestuff for cotton fabric. The K/S values of all dyed fabrics were measured. 0., I., II. Ordered velocity equations were calculated. It was determined that the dyeing kinetics were in accordance with the II. order velocity equation, and rate constants were calculated from the velocity equation. It was observed that the color depth of dyeing increased with time. The conventional reactive dyeing process time is 90 minutes, the K/S value of the dyed fabric is 6.35. The L mode dyeing time in microwave environment was completed in 10 minutes, the K/S value of the dyed fabric was 6.72, and a deeper color was obtained. It has been observed that the cotton dyeing process time with microwave heating is significantly reduced compared to the traditional cotton dyeing process.

1. Giriş

Mikrodalgalar, elektromanyetik spektrumun kızılötesi ve radyo frekansları arasında yer almaktadır. 1mm -1m arasındaki dalga boylarına sahip (frekansları sırasıyla 300 GHz - 300 MHz arasında) elektromanyetik ışımalarıdır.

Mikrodalga iyonik parçacıkların göçü ya da dipolar parçacıkların rotasyonu ile moleküler bir hareket başlar. Malzeme cinsine göre absorbe, yansıma ya da geçirimli olabilirler (Sutton, 1989). Dipolar moleküller elektrik alan içerisinde dönme momenti kazanıp, hareketlenirler. Bu hareket ile moleküller sürtünerek, çarparak ısı üretimi olur ve mikrodalga enerjisini iyi içerisine alan malzemeler bu şekilde hızlıca ısınırlar (Jennie, 2009).

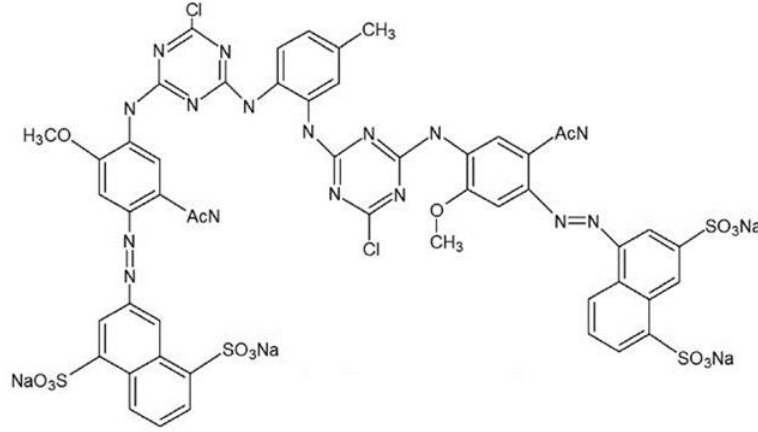
Mikrodalga ortamında numunenin ısınması iç kısımdadır ve konvansiyonel ısıtma yöntemlerine göre oldukça farklıdır. Mikrodalgaların su içeren maddeler tarafından emilme ve metal dışındaki maddelerden geçebilme gibi özellikleri, ısınmanın dış yüzeyden başlayan konvansiyonel ısıtma yöntemlerinin aksine mikrodalga enerjisi ile iç kısımda, hızlı ve uniform bir ısıtma sağlar (Thostenson & Chou, 1999). İşlem gören numunede sıcaklığın homojen bir şekilde yayılmasından dolayı termal gerilmeler azalmaktadır (Kutbay & Kuşkonmaz, 2004). Mikrodalga ısıtma yönteminin birçok avantajına rağmen dezavantajlarından biri mikrodalga radyasyonudur ve uygun bir Faraday kafesi kullanımı ile engellenebilmektedir. Diğer önemli bir dezavantajı da mikrodalgalar metal yüzeylerden yansıma yaparlar (Elshemy & Haggag, 2019). Bu durum mikrodalga sistem içeren reaktör, boyama makinasının tasarımında ve yapımında hangi malzemelerin kullanılabilceği konusunda sınırlamalar getirir. Bu sınırlamalar, mikrodalga boyama işlemlerinin endüstriyel ölçekte büyütülmesi ve optimize edilmesi için zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Bu engellerin aşıldığı endüstriyel işlemlerde ısıtma, proses süresini ve enerji maliyetlerini azaltması nedeniyle tercih edilmektedir. Mikrodalga teknolojisi kullanım alanı günden güne genişlemekte ve çeşitli malzemelerin işlenmesinde daha yaygın bir yöntem olmaya başlamıştır. Mikrodalga enerjisi kullanımına örnek olarak, gıda sektöründe pişirme (Konak ve ark., 2009), sterilizasyon (Turgut, 2016), pastörizasyon (Deghan ve ark., 2012), seramik üretiminde sinterleme (Agrawal, 2006), çimlenmeyi artırma (Eroğlu & Selçuk Cirit, 2019), kimyasal reaksiyonlarda (Keglevich, 2022) verilebilir. Tekstil sektöründe kumaşlara uygulanan yüksek enerji gerektiren ön işlem, boyama, apre, kurutma işlemlerinde mikrodalga teknolojisi kullanımının önü açıktır. Öner ve arkadaşlarının mikrodalga ortamında poly (butylene terephthalate) elyafını dispers boyarmaddeler ile boyama çalışmasında, konvansiyonel yöntemlere göre çok daha az sürede iyi boyarmadde fiksesi sağlandığı belirtilmiştir (Oner ve ark., 2013). Farklı Polyester kumaşların mikrodalga ortamında boyama çalışmalarında, konvansiyonel yöntemlere göre daha kısa zamanda daha yüksek verimde boyarmadde fiksesi sağlanmış, daha iyi fiziksel ve yaş haslık değerlerine ulaşıldığı belirtilmiştir (Elshemy ve ark., 2017). Nylon elyafın mikrodalga ortamında doğal sarı boyarmaddeler ile düzgün bir şekilde boyandığı önceki çalışmalarda belirtilmiştir (Rehman ve ark., 2022). Diğer bir çalışmada da, mikrodalga ortamında PES elyafa yapılan ön işlem sonunda boyarmadde çekim oranının üç kat arttığı belirtilmiştir (Kale & Bhat, 2011).

Pamuk elyafı kullanılan en eski elyaf türlerinden biridir. Günümüzde de yaygın olarak kullanılmaya devam etmektedir (Cevheri & Şahin, 2020). 19. Yüzyıla kadar doğal boyarmaddelerle boyanırken, sentetik boyarmaddelerin keşfinden ve yaygın olarak kullanılmasından sonra farklı boyama prosesleri geliştirilmiştir (Başer & İnanıcı, 1990). Günümüzde pamuk elyafının boyanmasında kullanım amacına, istenilen renk ve özelliklerine bağlı olarak farklı yapıdaki reaktif boyarmaddeler çok önemli ölçüde kullanılmaktadır (Çalışkan, 2021).

Bu çalışmanın amacı pamuklu kumaşların reaktif boyarmaddeler ile boyanma işleminde mikrodalga ısıtma sistemi kullanarak, boyama süresini azaltılması ve buna bağlı olarak enerji maliyetlerini azaltan yeşil boyama prosesi oluşturmak ve boyama işlemini kinetik açıdan incelemektir.

2. Materyal ve Yöntem

DeneySEL çalışmalarda %100 pamuk, boyamaya hazır ön işlemleri yapılmış örme kumaş kullanılmıştır. Boyamaya yardımcı malzeme olarak Na₂SO₄, Na₂CO₃ kullanılırken, pamuklu kumaşı renklendirme için (C.I.ReactiveYellow 138:1) ticari adı Iyozol Yellow HEYL olan sarı renkli reaktif boyarmadde, mikrodalga fırın olarak Kumtel marka KUM-1225 (1150 W) modeli kullanılmıştır. Boyalı kumaşların boyarmadde çekim ve absorbans değerleri Gretag Macbeth Color Eye 7000 renk spektrofotometresinde ölçülmüştür (Alşan, 2019). Haslık testleri için ECE fosfat test deterjan B, Sodyum perborat tetra hidrat, sürtme haslığı pamuklu test kumaşı, multifiber kullanılmıştır. Haslık testleri değerlendirilmeleri için Laborteks marka ışık kabini ve gri skala kullanılmıştır.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan boyarmaddenin kimyasal yapısı (C.I. Reactive Yellow 138:1) (Rahman ve ark., 2015).

Mikrodalga fırınının seviyelerine göre güç değerleri Çizelge 1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Mikrodalga fırınının güç seviyeleri

Mikrodalga Gücü	Mikrodalğanın Ayar Seviyeleri				
	L Seviyesi	ML Seviyesi	M Seviyesi	MH Seviyesi	H Seviyesi
% Güç	% 17	% 40	% 66	% 85	% 100
(W) Güç	195.50	460.00	759.00	977.50	1150.00

2.1. Kullanılan boyarmaddenin mikrodalga ortamında boyama kinetik çalışmaları

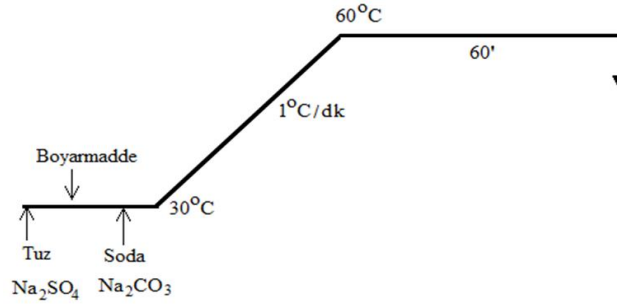
Iyazol Yellow HEYL (C.I.Reactive Yellow 138:1) boyarmaddesinin %4 oranında çözeltisi hazırlandı. Boyama banyosunun bileşenleri olarak 1/100 flotte oranında (kumaş/boyama çözelti oranı), %0.5 boyarmadde konsantrasyonu ve bu konsantrasyona göre hesaplanmış olan miktarlarda 20 g/L. Na₂SO₄, 5 g/L. Na₂CO₃ kullanıldı. Hazırlanan boyama banyosunun pH değerleri 10,60- 10,80 arasındadır. Hazırlanan boyama banyolarında kumaşlar L, ML, M mikrodalga seviyelerinde ve zamana bağlı olarak 2, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28 ve 32 dakika sürelerinde boyama işlemleri yapıldı. Boyama sonucunda kumaşlar reaktif boyama sonu yıkama prosesine tabi tutuldu, 60°C'de kurutulup, spektrofotometrede renk ölçümleri yapıldı, K/S değerleri belirlendi. Boyama zamanına göre elde edilen K/S değerlerinden, 0. Derece, I. Derece ve II. Derece boyama kinetik hız hesapları yapılarak, en uygun hız denklemlerinden hız sabitleri tayin edilmiştir. Geri bırakma, desorpsiyon çalışmaları yapılmamıştır.

2.2. Konvansiyonel boyama yöntemi ile mikrodalga ortamda boyama yönteminin karşılaştırma çalışmaları

Iyazol Yellow HEYL boyarmaddesinin %4 oranında çözeltisi hazırlandı. Boyama banyosunun bileşenleri olarak 1/100 flotte oranı (kumaş/boyama çözelti oranı), % 1,50 boyarmadde konsantrasyonu ve bu konsantrasyona göre hesaplanmış olan miktarlarda 20 g/L. Na₂SO₄, 5 g/L. Na₂CO₃ kullanıldı. Boyama işlemine 30°C'de başlanıldı, kademeli 1°C/dak. olacak şekilde banyo 60°C'ye ısıtıldı ve bu derecede 60 dakika süresince boyama işlemi yapılmıştır. Boyama işlemi Şekil 2. de gösterilen diyagrama göre yapıldı.

Konvansiyonel reaktif boyama yöntemine göre mikrodalga boyama yönteminin boyarmadde çekim ve haslık özelliklerini karşılaştırmak için mikrodalga ortamında aynı içerikli, %1.50 boyarmadde konsantrasyonunda boyama işlemi yapılmıştır. Mikrodalgada L seviyesinde 10 dakika, ML seviyesinde 8 dakika, M seviyesinde 6 dakika boyama işlemi yapılmıştır. Mikrodalga gücü arttıkça daha kısa sürede boyama işleminin tamamlanacağı öngörüldüğü için güç arttırılınca boyama süresi azaltılmıştır. Konvansiyonel ve mikrodalga yöntemine göre boyanan tüm kumaşlar reaktif boyama sonu yıkama

prosesine tabi tutuldu, 60°C’de kurutulup, spektrofotometrede renk ölçümleri yapıldı, K/S değerleri belirlendi.



Şekil 2. Konvansiyonel reaktif boyama diyagramı.

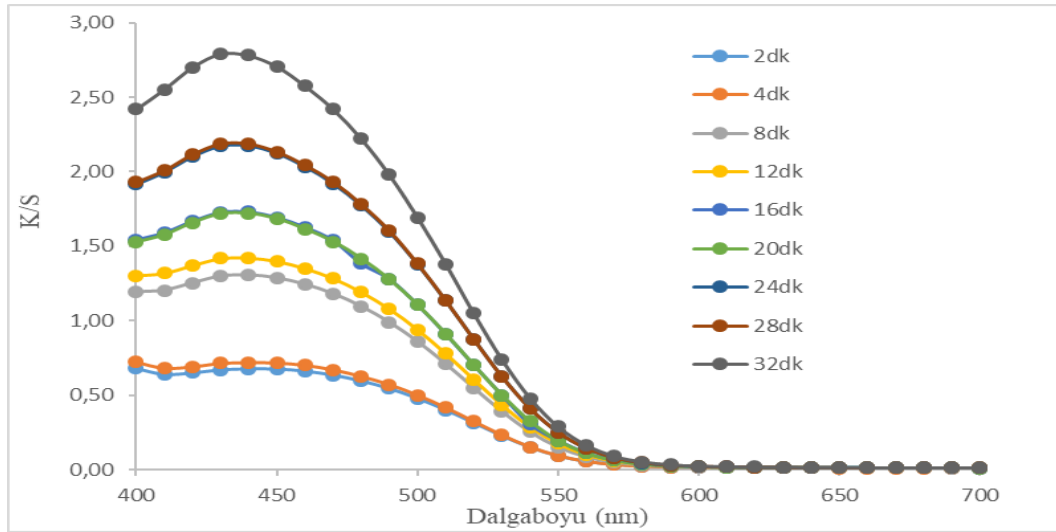
2.3. Haslık testlerinin yapılması

Konvansiyonel yöntemde ve mikrodalga ortamında boyanan, yıkanan tüm kumaşlara yıkama haslığı ISO 105 C06 A2S metoduna, kuru ve yaş sürtme haslıkları ISO 105-X12 metoduna göre yapılmıştır. Boyanan kumaşların gri skala ile ISO 105 A02 ve ISO 105 A03 metoduna göre haslık değerlendirmeleri yapılmıştır.

3. Bulgular

3.1. C.I. Reactive Yellow 138:1 boyarmaddesinin mikrodalğanın L seviyesinde boyama prosesi kinetik çalışmaları

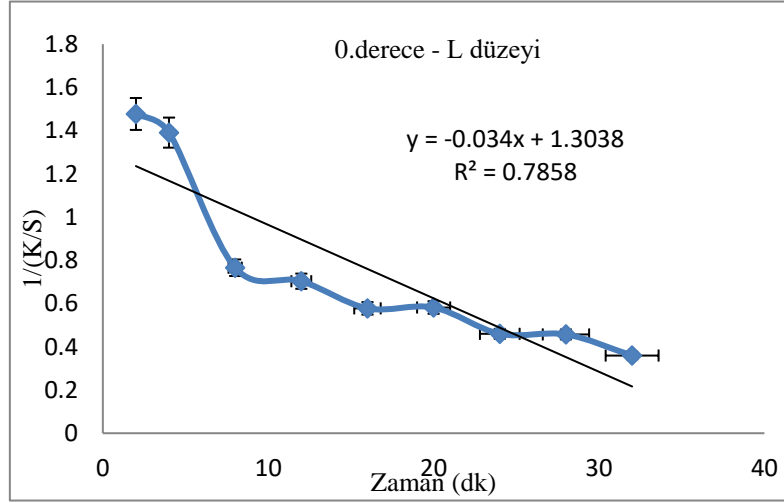
C.I. Reactive 138:1 ile mikrodalga L seviyesinde boyanan kumaşların renk değerleri spektrofotometrede ölçüldü, K/S değerleri hesaplandı. Dalga boyuna göre K/S değerlerini gösteren grafik elde edildi (Şekil 3).



Şekil 3. C.I. Reactive Yellow 138:1 boyarmaddesinin mikrodalğanın L düzeyi K/S-dalgaboyu eğrileri.

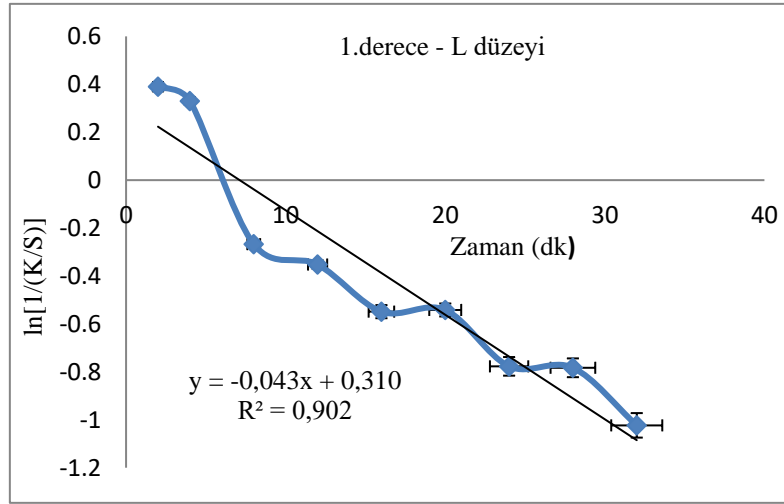
En yüksek K/S (440 nm’deki) değerleri alındı, (Sıfırıncı) 0. Derece kinetik değerleri için C (konsantrasyon) $C=1/(K/S)$ formülü uygulanarak hesaplamalar yapıldı. I. Derece kinetik değerleri için $\ln C$ değerleri hesaplanıp, grafikler oluşturuldu. II. Derece kinetik hesaplamalarında, K/S değerleri için $1/C = K/S$ formülü kullanılarak grafikler oluşturuldu.

0. Derece kinetik hesaplamaları (Şekil 4) te gösterilmiştir.



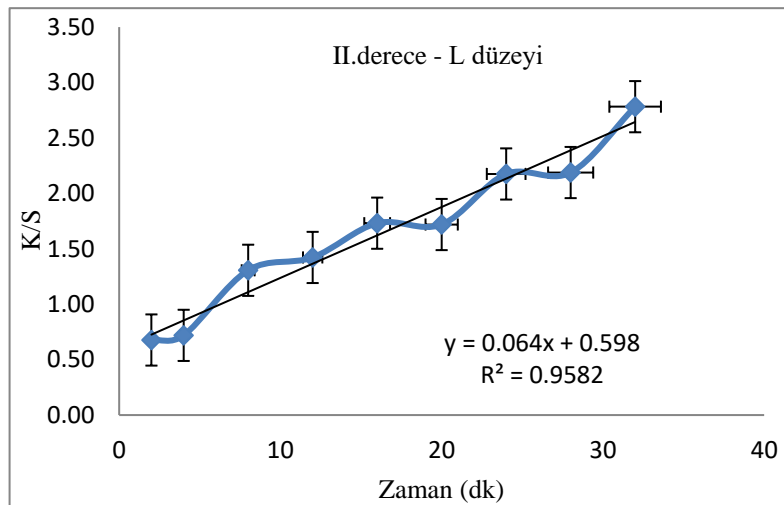
Şekil 4. Mikrodalga L seviyesinde boyamanın 0. derece kinetik hız denklem grafiği.

I. Derece kinetiği (Şekil 5)'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Mikrodalga L seviyesi boyamanın I. Derece kinetik hız denklem grafiği.

II. Derece kinetiği (Şekil 6)'da gösterilmiştir.

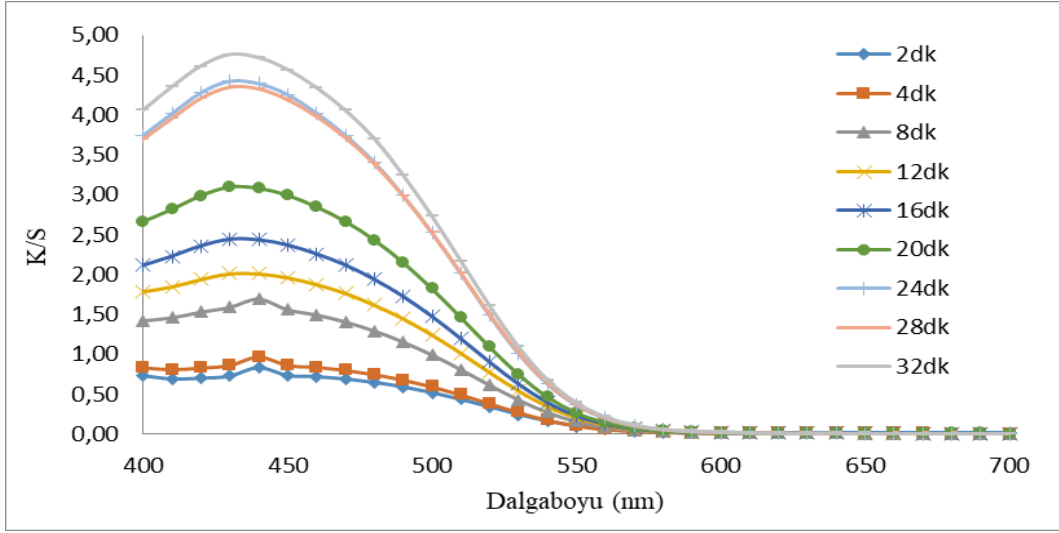


Şekil 6. Mikrodalga L seviyesi boyamanın II. Derece kinetik hız denklem grafiği.

Grafikten elde edilen verilere göre regresyon analizi yapılarak doğru denklemleri hesaplandı ve Çizelge 4'te gösterilmiştir. L seviyesinde boyama kinetiğinin II. derece olduğu gözlemlenmiştir.

3.2. C.I. Reactive Yellow 138:1 boyarmaddesinin mikrodalganın ML seviyesinde boyama prosesi kinetik hesaplamaları

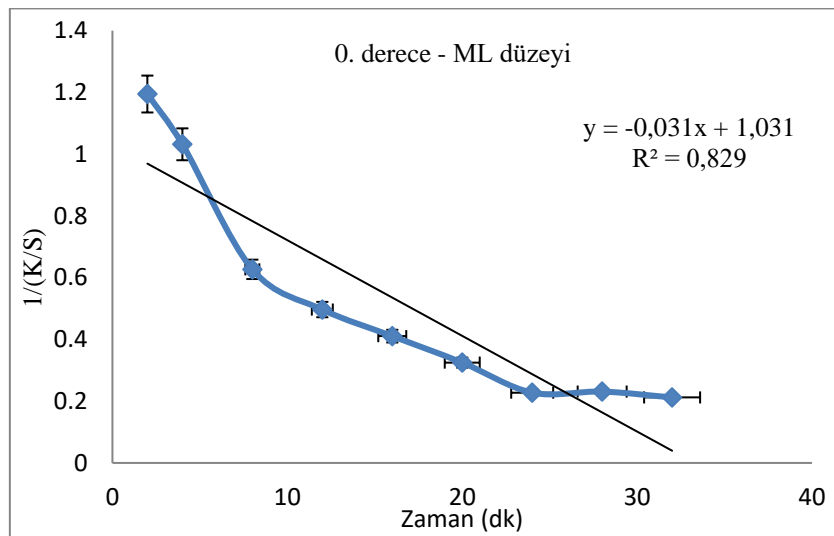
C.I. Reactive 138:1 ile mikrodalga L seviyesinde yapılan boyanan kumaşların renk değerleri spektrofotometrede ölçüldü, K/S değerlerinin hesaplamaları yapıldı. Dalga boyuna göre K/S değerlerini gösteren grafik elde edildi (Şekil 7).



Şekil 7. C.I. Reactive Yellow 138:1 boyarmaddesinin mikrodalganın ML düzeyi K/S-dalgaboyu eğrileri.

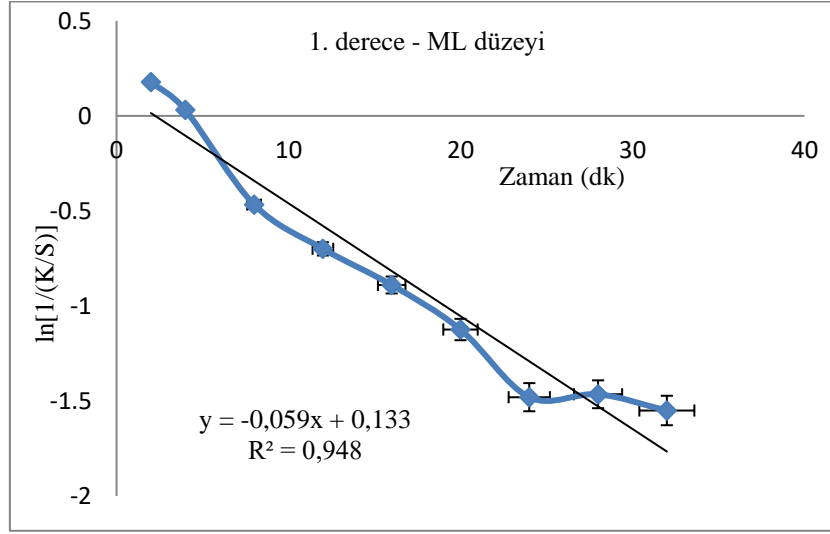
En yüksek K/S (440 nm'deki) değerleri alındı, 0. derece kinetik değerleri için C (konsantrasyon) $C=1/(K/S)$ formülü uygulanarak hesaplamalar yapıldı. I. Derece kinetik değerleri için $\ln C$ değerleri hesaplanıp, grafikler oluşturuldu. II. Derece kinetik hesaplamalarında, K/S değerleri için $1/C = K/S$ formülü kullanılarak grafikler oluşturuldu.

0. Derece kinetik hesaplamaları (Şekil 8)'de gösterilmiştir.



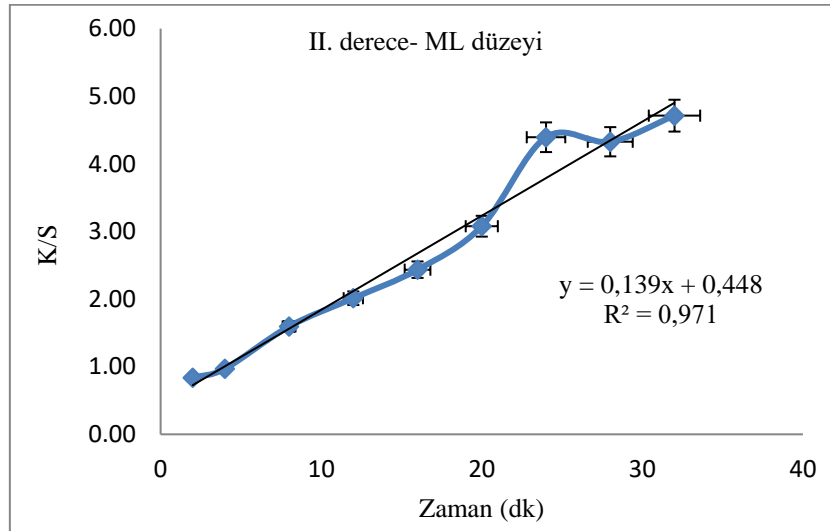
Şekil 8. Mikrodalga ML seviyesinde boyamanın 0. derece kinetik hız denklem grafiği.

I. Derece kinetiği (Şekil 9)'da gösterilmiştir.



Şekil 9. Mikrodalga ML seviyesinde boyamanın I. derece kinetik hız denklem grafiği.

II. Derece kinetiği (Şekil 10)'da gösterilmiştir.



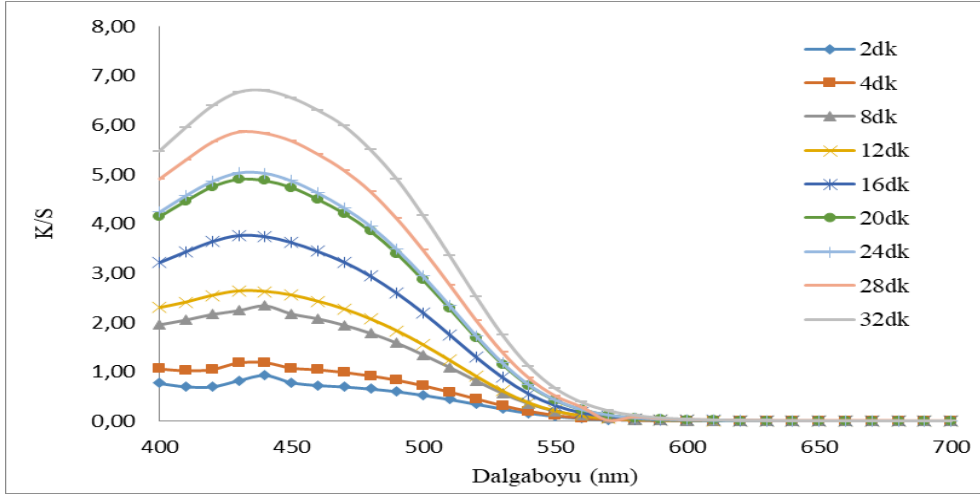
Şekil 10. Mikrodalga ML seviyesinde boyamanın II. derece kinetik hız denklem grafiği.

Grafikten elde edilen verilere göre regresyon analizi yapılarak doğru denklemleri hesaplandı ve Çizelge 4'te de gösterilmiştir. ML seviyesinde boyama kinetiğinin II. derece olduğu gözlemlenmiştir.

3.3. C.I. Reactive Yellow 138:1 boyarmaddesinin mikrodalga ortamında M seviyesinde boyama prosesi kinetik çalışmaları

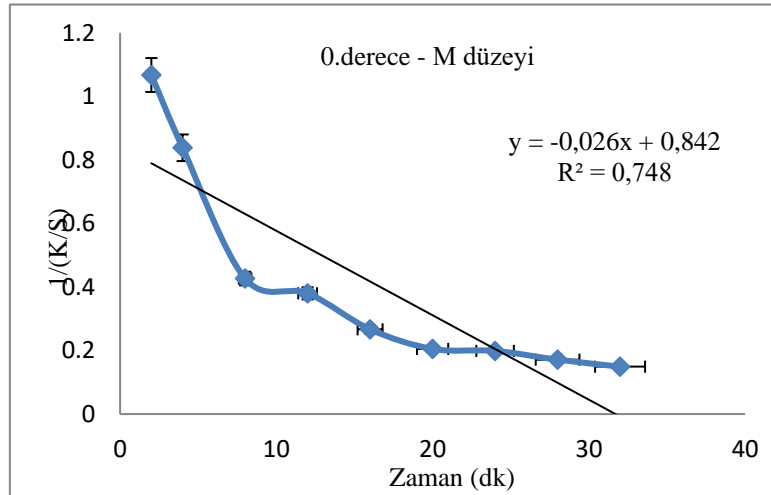
C.I. Reactive 138:1 boyarmaddesi ile M seviyesinde mikrodalga ortamında boyanan kumaşların renk değerleri spektrofotometrede ölçüldü, K/S değerleri belirlendi. Dalga boyuna göre K/S değerlerini gösteren grafik elde edildi (Şekil 11).

En yüksek K/S (440 nm'deki) değerleri alındı, 0. Derece kinetik değerleri için C (konsantrasyon) $C=1/(K/S)$ formülü uygulanarak hesaplamalar yapıldı. I. Derece kinetik değerleri için $\ln C$ değerleri hesaplanıp, grafikler oluşturuldu. II. Derece kinetik hesaplamalarında, K/S değerleri için $1/C = K/S$ formülü kullanılarak grafikler oluşturuldu.



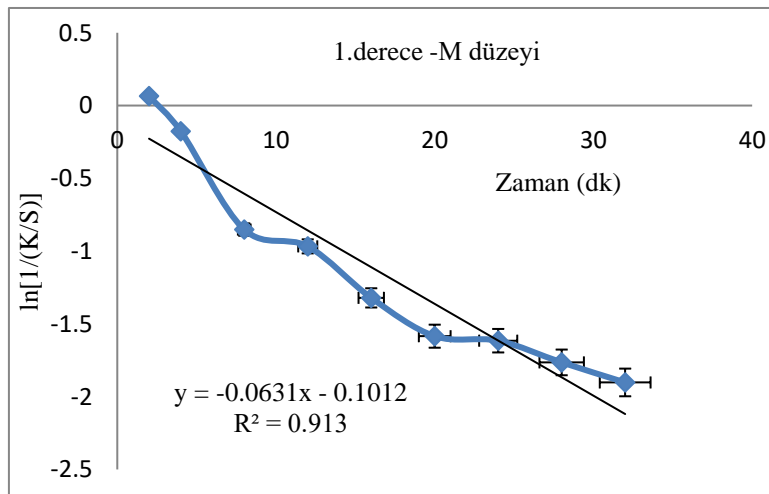
Şekil 11. C.I. Reactive Yellow 138:1 boyarmaddesinin mikrodalga ortamında M düzeyi K/S-dalgaboyu eğrileri.

0. Derece kinetik hesaplamaları (Şekil 12)'de gösterilmiştir.



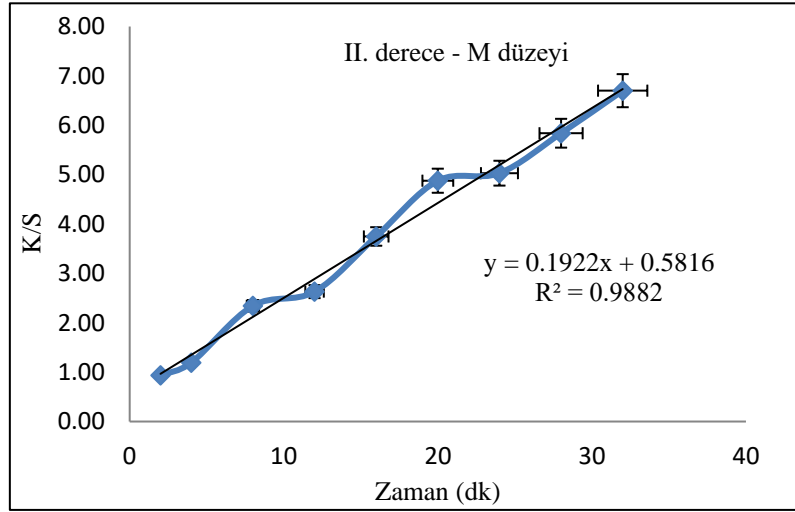
Şekil 12. Mikrodalga M seviyesinde boyamanın II. derece kinetik hız denklem grafiği.

I. Derece kinetiği (Şekil 13)'te gösterilmiştir.



Şekil 13. Mikrodalga M seviyesinde boyamanın I. derece kinetik hız denklem grafiği.

II. Derece kinetiği (Şekil 14)'te gösterilmiştir.



Şekil 14. Mikrodalga M seviyesinde boyamanın II. derece kinetik hız denklem grafiği.

Grafikten elde edilen verilere göre regresyon analizi yapılarak doğru denklemleri hesaplandı ve Çizelge 4'te de gösterilmiştir. M seviyesinde boyama kinetiğinin II. Derece olduğu görülmüştür.

3.4. Geleneksel ve mikrodalga ortamda boyama yöntemlerinin karşılaştırılması

Çizelge 2'de geleneksel ve mikrodalga ortamda reaktif boyama proseslerinde boyanan kumaşların fotoğrafları gösterilmiştir. Çizelge 2'de görüldüğü üzere boyanan kumaşların düzgün bir şekilde, abraj yapmadan boyandığı görülmektedir. Mikrodalga ortamında L seviyesinde 10 dakika boyama sonunda en yüksek renk derinliğine ulaşılmıştır. Konvansiyonel reaktif boyama metodunda boyanan kumaşa göre, mikrodalga ortamda L seviyesinde 10 dakika boyanan kumaş daha koyu renkli ve en yakın renk derinliğindedir. ML seviyesi 8 dakika ve M seviyesi 6 dakikada boyanan kumaşlar konvansiyonel yöntemle göre çok az bir oranda daha açık renk derinliğine sahiptirler. Bu deneyler üç defa tekrarlanmıştır ve benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Kinetik çalışmalarda verilenlere göre mikrodalga gücü arttırıldıkça daha kısa sürede boyamanın tamamlanacağı ön görülmüş olsa da, en iyi renk verimliliğine mikrodalga ortamında 10 dakika boyama sonunda ulaşıldığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 2. Konvansiyonel ve mikrodalga ortamda boyanan kumaşların görselleri

Konvansiyonel Boyama 60°C'de 60 dak.	Mikrodalga L Seviyesi 10 dak.	Mikrodalga ML Seviyesi 8 dak.	Mikrodalga M Seviyesi 6 dak.

Çizelge 3'te geleneksel ve mikrodalga ortamda reaktif boyama proseslerinde boyanan kumaşların renk derinlik, yıkama haslık ve sürtme haslık değerleri belirtilmiştir. Geleneksel reaktif boyama ve mikrodalga ortamda boyama yapılan kumaşların renk derinlikleri spektrofotometrede

ölçüldü, K/S değerleri belirlendi. Konvansiyonel yöntemde boyama işlemi toplam 90 dakikada tamamlanırken, mikrodalga ortamda boyama yönteminde 10 dakika içerisinde tamamlanmaktadır. Mikrodalga ortamında boyama süresinin çok kısa olmasına rağmen konvansiyonel yöntemde göre çok yakın K/S renk değerlerine ulaşılmaktadır. Büyükakıncı ve arkadaşları, organik pamuk elyafının doğal boyarmaddeler ile konvansiyonel yöntemde göre boyama süresi toplamda altmış dakika sürerken, mikrodalga ortamında boyama yönteminde 10 dakikada boyama işleminin tamamlandığı ve geleneksel yöntemde göre daha yüksek K/S değerlerine ulaşıldığı, yıkama haslık değerlerinin de 0.5 puan arttığı belirtilmiştir (Büyükakıncı ve ark., 2021).

Konvansiyonel ve mikrodalga yönteminde boyanan kumaşlara ISO 105 C06 A2S yöntemine göre uygulanan yıkama haslık test sonuçlarında benzer sonuçlar gözlemlenmiştir. Mikrodalga yöntemine göre boyanan kumaşların yıkama haslık Nylon kirletme değerlerinin 0.5 puan daha iyi olduğu görülmüştür. Konvansiyonel ve mikrodalga yönteminde boyanan kumaşlara ISO 105-X12 yöntemine göre uygulanan kuru sürtme haslık test sonuçlarında benzer sonuçlar gözlemlenmiştir. Mikrodalga yöntemine göre boyanan kumaşların yaş sürtme haslık değerinin 0.5 puan daha iyi olduğu görülmüştür. Mikrodalga ortamda boyama yönteminin haslıklar üzerinde olumlu bir etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Molla ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada da, mikrodalga ortamda boyanan kumaşların yıkama, sürtme ve ter haslık değerlerinin konvansiyonel yöntemde göre yaklaşık bir puan değerinde arttığı belirtilmiştir (Molla ve ark., 2014).

Çizelge 3. Geleneksel ve mikrodalga ortamda boyanan kumaşların renk derinliği ve yaş haslık değerleri

	K/S	Yıkama Haslığı ISO 105 C06 A2S							Sürtme Haslığı ISO 105-X12	
		Renk Değ.	Multifiber Kirletme Değeri						Kuru	Yaş
			Yün	Akrilik	PES	Nylon	Pamuk	Asetat		
Konvansiyonel Boyama 60°C'de 60 dak.	6.35	4/5	5	5	5	4	4	5	4	3/4
Mikrodalga L Seviyesi 10 dak.	6.72	4/5	5	5	5	4/5	4	5	4/5	4
Mikrodalga ML Seviyesi 8 dak.	6.07	4/5	5	5	5	4/5	4	5	4/5	4
Mikrodalga M Seviyesi 6 dak.	6.21	4/5	5	5	5	4/5	4	5	4/5	4

4. Tartışma ve Sonuç

Mikrodalga ortamında L, ML ve M seviyelerinde C.I. Reactive Yellow 138:1 boyarmaddesi ile zamana bağlı olarak yapılan boyama proseslerinin spektrofotometrede ölçtüğümüz renk değerlerinden 0. derece, I. derece ve II. dereceden hız denklemlerinin grafiklerini incelediğimizde, Bulduğumuz en uygun boyama kinetiğinin II. derece olduğu hesaplanmıştır, değerler Çizelge 4'te belirtilmiştir. Wang ve arkadaşları, geleneksel yöntem ile reaktif boyama prosesinin de, ayrıca tuz/su içermeyen ortamda yaptıkları boyama prosesinin de II. Derece olduğunu belirtmişlerdir (Wang ve ark., 2018). Boyama yöntemlerimiz farklı da olsa reaktif boyama kinetiğinin II. Dereceye en uygun olduğu görülmektedir.

II. Derece hız sabiti, (1) formülü kullanılarak hesaplanmıştır (Wang ve ark., 2018).

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (1)$$

Çizelge 4. Mikrodalga ortamında L, ML, M seviyelerinde boyanma prosesinden elde edilen II. Dereceden hız denklemleri

Mikrodalğanın Ayar Seviyeleri	II. Derece Hız Denklemleri	R ²	k (hız Sabiti) [s ⁻¹]
L	$y = 0.064x + 0.598$	0.958	0.72×10^{-2}
ML	$y = 0.139x + 0.448$	0.971	4.31×10^{-2}
M	$y = 0.1922x + 0.5816$	0.988	6.35×10^{-2}

C.I. Reactive Yellow 138:1 boyarmaddesiyle yapılan mikrodalga gücünün düşükten yükseğe farklı güç ayar seviyelerindeki boyama proseslerinin kinetik hesaplamalarında, mikrodalğanın güç düzeyini arttırdıkça boyanma hızlarının da arttığı gözlemlenmiştir. Çalışmalar aynı sıcaklıkta yapılmasına rağmen, k sabitlerinin artarak değişimi gözlemlenmiştir. Manyetik dalgaların polariteyi kullanarak dönme momentlerini arttırmasına ve boyanma reaksiyon hızlarının da artmasına vesile olmuştur.

Mikrodalga ortamında L, ML, M seviyelerinde, C.I. Reactive Yellow 138:1 boyarmaddesi ile boyanan tüm kumaşların homojen, düzgün ve iyi egalize olmuş bir şekilde boyandığı gözlemlenmiştir. Kumaşların renk koyuluğunun boyama süresi ile doğru orantılı olarak arttığı gözlemlenmiştir. Konvansiyonel reaktif boyama prosesi 90 dakikada tamamlanırken, mikrodalga ortamda en düşük enerji düzeyinde bile boyama prosesinin 10 dakika içerisinde tamamlandığı görülmüştür. Proses sürelerinin azalması ile birlikte enerji maliyetlerinde de azalma olacaktır. Tekstil sektöründe mikrodalga ısıtma ortamında kısa sürede tamamlanan boyama proseslerinin geliştirilmesi ile yeşil bir üretim yöntemi olarak kullanımının artacağı öngörülmektedir.

Kaynakça

- Agrawal, D. (2006). Microwave sintering of ceramics, composites and metallic materials and melting of glasses. *Transactions of the Indian Ceramic Society*, 65(3), 129-144. doi:10.1080/0371750X.2006.11012292
- Alşan, H. G. (2019). *Reaktif boyarmaddelerle mikrodalga ortamında boyanma kinetiğinin incelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya, Sakarya, Türkiye.
- Başer, İ., & İnanıcı, Y. (1990). *Boyarmadde Kimyası*. İstanbul: Marmara Teknik Eğitim Fk. Tekstil Eğitimi Bölümü.
- Büyükakıncı, Y. B., Karadağ, R., & Guzel, E. T. (2021). Organic cotton fabric dyed with dyer's oak and barberry dye by microwave irradiation and conventional methods. *Industria Textila*, 72(1), 30-38. doi:10.35530/IT.072.01.1755
- Cevheri, C. İ., & Şahin, M. (2020). Dünya'da ve Türkiye'de pamuk üretiminin tekstil sektörü açısından önemi. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 5(2), 71-81. doi:10.46578/humder.736777
- Çalışkan, N. (2021). *Reaktif boyama sonrası yıkamalarda, reaktif boyama atıksularının tekrar kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği, Bursa, Türkiye.
- Deghan, A., Jamaljan, J., Farahnaky, A., Mesbahi, G., & Moosavi-Nasab, M. (2012). The effect of microwave pasteurization on some physical and chemical characteristics of milk. *International Journal of Food Engineering*, 8(1), 1-12. doi:10.1515/1556-3758.2423
- Elshehy, N. S., Elshakankery, M. H., Shahien, S. M., Haggag, K., & Sayed, H. (2017). Kinetic investigations on dyeing of different polyester fabrics using microwave irradiation. *Egyptian Journal of Chemistry*, 60(Conference issue), 79-88. doi:10.21608/ejchem.2017.1604.1131
- Elshehy, N. S., & Haggag, K. (2019). New trend in textile coloration using microwave irradiation. *Journal of Textiles, Coloration and Polymer Science*, 16(1), 33-48. doi:10.21608/jtpps.2019.9928.1019
- Eroğlu, A., Selcuk Cirig, N. (2019). Mikrodalga enerjisinin buğdayda çimlenme, erken fide büyümesi ve mitotik bölünme üzerine etkisi. *Doğu Fen Bilimleri Dergisi / Journal of Natural&Applied Sciences of East*, 2(2), 61-68.
- Jennie, R. L. (2009). *Microwave Assisted Proteomics*. England: The Royal Society of Chemistry.

- Kale, M. J., & Bhat, N. (2011). Effect of microwave pretreatment on the dyeing behaviour of polyester fabric. *Coloration Technology*, 127(6), 365-371. doi:10.1111/j.1478-4408.2011.00332.x
- Keglevich, G. (2022). The application of microwaves in the esterification of P-Acids. *Current Microwave Chemistry*, 9, 62-64. doi:10.2174/2213335610666230105162405
- Konak, Ü. İ., Certel, M., & Helhel, S. (2009). Gıda sanayisinde mikrodalga uygulamaları. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4(3), 20-31.
- Kutbay, I., & Kuşkonmaz, N. (2004). Mikrodalga ısıtmanın seramik üretiminde kullanımı. *Metalurji Dergisi*, 137, 52-56.
- Molla, M, Haggag, K., & Mahmoud, A. M. (2014). Dyeing of cotton fabrics using reactive dyes by microwave irradiation technique. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 39, 406-410.
- Oner, E., Büyükkakıncı, Y., & Sökmen, N. (2013). Microwave-assisted dyeing of poly(butylene terephthalate) fabrics with disperse dyes. *Coloration Technology*, 129(2), 125-130. doi:10.1111/cote.12014
- Rahman, A., Kishimoto, N., & Urabe, T. (2015). Adsorption characteristics of clay adsorbents-sepiolite, kaolin and synthetic talc – for removal of Reactive Yellow 138:1. *Water and Environment Journal*, 29, 375-382. doi:10.1111/wej.12131
- Rehman, F. U, Adeel, S., Haddar, W., Bibi, R., Azeem, M., Mia, R., & Bulbul, A. (2022). Microwave-assisted exploration of yellow natural dyes for nylon fabric. *Sustainability*, 14(9), 5599. doi:10.3390/su14095599
- Sutton, W. H. (1989). Microwave processing of ceramic materials. *Ceramic Bulletin*, 68(2), 376-386.
- Thostenson, E. T., & Chou, T. W. (1999). Microwave processing: Fundamentals and applications. *Composites A.*, 30, 1055-1071.
- Turgut, T. (2016). The effect of microwave heating on the some quality properties and shelf life of yoghurt. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 22(6), 809-814.
- Wang, J., Gao, Y., Zhu, L., Gu, X., Dou, H., & Pei, L. (2018). Dyeing property and adsorption kinetics of reactive dyes for cotton textiles in salt-free non-aqueous dyeing systems. *Polymers*, 10(9), 1030. doi:10.3390/polym10091030