



Pamuklu Kumaşlarda Mikrodalga Destekli Boyamanın Etkileri: Renk Performansı ve Mukavemet Analizi

Semiha Eren¹, Aliye Akarsu Özenç²

¹B.U.Ü., Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bursa, TÜRKİYE, ORCID ID 0000-000202326-686X

²B.U.Ü., Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bursa, TÜRKİYE, ORCID ID 0000-0001-5603-5913

Corresponding Author: Semiha EREN, semihaeren@uludag.edu.tr

Özet

Bu çalışmada mikrodalga destekli boyama işlemi, pamuklu örme kumaşların renk, yıkama, sürtme haslıkları ve patlama mukavemeti üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla uygulanmıştır. Yapılan analizler; K/S değerlerinin mikrodalga güç seviyeleri ve boyama süreleri ile değiştiğini göstermiştir. Yüksek güç seviyesinde gerçekleştirilen boyamaların renk mukavemetinin orta güç seviyesine göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle, 15 dakika boyama süresinde maksimum K/S değerine ulaşıldığı belirlenmiştir. Yıkama ve sürtme haslıklarının 4-5 civarında yüksek değerlerde olduğu saptanmıştır. Mikrodalga destekli boyama işleminin, numunelerin mukavemet değerlerine olumsuz bir etkisi olmadığı ve liflere zarar vermediği görülmüştür. Bu çalışma, mikrodalga destekli boyama yönteminin tekstil boyamacılığındaki potansiyelini vurgulamaktadır. Yüksek renk mukavemeti, kısa süreli boyama süreleri ve enerji tasarrufu avantajlarıyla, mikrodalga destekli boyama, tekstil endüstrisinde sürdürülebilir ve verimli bir seçenek olarak öne çıkmaktadır.

Article Info

Research Article

Received: 21/11/2023

Accepted: 08/12/2023

Anahtar Kelimeler

Mikrodalga destekli boyama, pamuk boyama, sürdürülebilirlik, yenilikçi yaklaşımlar

Öne Çıkanlar

Mikrodalga destekli boyama, pamuklu örme kumaşlarda yüksek renk mukavemeti sağlayarak sürdürülebilir tekstil uygulamaları için potansiyel sunmaktadır. Bu çalışma, mikrodalga destekli boyamanın yüksek yıkama ve sürtme haslıklarıyla birlikte numunelerin mukavemetine olumsuz bir etkisi olmadığını göstermiştir. Mikrodalga teknolojisi pamuk boyamada tekstil endüstrisinde enerji tasarrufu ve verimlilik avantajları sunmaktadır.

Effects of microwave assisted dyeing on cotton fabrics: color performance and strength analysis

Abstract

In this study, the microwave-assisted dyeing process was employed to assess the impact of cotton knitted fabrics on color, washing, rubbing fastness, and bursting strength. Analyses revealed variations in K/S values based on microwave power levels and dyeing times. Notably, the color strength of dyeings conducted at a high power level exceeded that of medium power levels. Specifically, the study determined that the maximum K/S value was achieved within a 15-minute dyeing time. Washing and rubbing fastnesses were consistently found to be at high values, typically ranging between 4-5. Importantly, the microwave-assisted dyeing process demonstrated no adverse effects on the strength values of the samples and did not cause damage to the fibers. This study underscores the potential of the microwave-assisted dyeing method in textile dyeing. With its notable attributes such as high color strength, short dyeing times, and energy-saving advantages, microwave-assisted dyeing emerges as a sustainable and efficient option in the textile industry.

Keywords

Microwave assisted dyeing, cotton dyeing, sustainability, innovative approaches

Highlights

Microwave-assisted dyeing offers potential for sustainable textile applications by providing high color strength in cotton knitted fabrics. This study showed that microwave-assisted dyeing did not have a negative effect on the strength of the samples, with high washing and rubbing fastnesses. Microwave technology offers energy saving and efficiency advantages in the textile industry in cotton dyeing.

1. Giriş

Günümüz tekstil endüstrisinde sürdürülebilir yenilikçi yaklaşımların ön plana çıktığı görülmektedir. Geleneksel tekstil üretimi ve boyama yöntemleri, su kirliliği ve aşırı enerji tüketimi gibi önemli çevresel etkilere sahiptir [1]. Tekstilde sürdürülebilir yenilikçi yaklaşımlar, çevre dostu malzemeler, süreçler ve teknolojiler sunarak bu sorunları ele almayı amaçlamaktadır [2]. Bu yaklaşımlar, organik ve geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanımının yanı sıra enerji tasarruflu üretim yöntemlerinin ve atık azaltma stratejilerinin uygulanmasına öncelik vermektedir [3]. Bu bağlamda tekstil endüstrisi sürdürülebilirliği benimseyerek ekolojik ayak izini en aza indirebilir ve daha çevre dostu bir geleceğe katkıda bulunabilir [4].

Elektromanyetik radyasyonun bir formu olan mikrodalga enerjisi, tekstil endüstrisinde çok yönlü ve verimli bir araç olarak dikkat çekmiştir [5]. Mikrodalga enerjisi, su moleküllerinin kinetik enerjisini artırarak termal etki yaratır. Elektromanyetik bir dalga olarak malzemeler tarafından absorbe edilen mikrodalga enerjisi, özellikle su moleküllerine etkili bir şekilde etki eder. Su molekülleri, mikrodalga enerjisinin etkisi altında rezonansa girer ve bu süreç ısı oluşturur. Suyun mikrodalga enerjisi tarafından

döndürülmesi, kinetik enerjinin artması ve dolayısıyla sıcaklığın yükselmesiyle sonuçlanır [6]. Tekstil uygulamalarında, mikrodalga teknolojisi ön terbiye [7], boyama [8,9,10] ve bitim [11] gibi çeşitli işlemler için kullanılır.

Mikrodalga enerjisi boyarmadde fiksajının gerçekleştirilmesine yardımcı olur [12]. Bu yöntem, daha kısa işlem süreleri, gelişmiş renk verimi ve azaltılmış çevresel etki dahil olmak üzere çeşitli avantajlar sunar [13]. Mikrodalga boyamanın kullanılması, önemli ölçüde enerji tasarrufu ve daha düşük kimyasal tüketimine yol açarak tekstil boyamalarında daha sürdürülebilir bir yaklaşıma katkıda bulunabilir [14].

Bu çalışmada, pamuklu kumaşlar üzerinde mikrodalga enerjisi kullanılarak boyama deneyleri gerçekleştirilmiştir. Farklı süreler ve güç seviyelerinde mikrodalga destekli boyamaların renk verimlilikleri araştırılmıştır. Boyama prosesi sonrasında kumaşın haslık ve mukavemet gibi fiziksel özellikleri incelenmiştir

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Bu çalışmada haşıl sökme ve ağartma işlemleri yapılmış %100 pamuk süprem örme kumaş (200 g/m²) kullanılmıştır.

Numunelerin boyama işlemleri için reaktif Vinazol Brilliant Blue boyarmaddesi kullanılmıştır. Boyama işlemleri için soda ve tuz (Merck, Almanya) kullanılmıştır.

Mikrodalga enerjisi ile boyama işlemlerinde Arçelik MD 200B model (700 W çıkış gücü – 2450 MHz çalışma frekansı) mikrodalga fırın kullanılmıştır.

Numunelerin renk ve haslık değerlerini belirlemek amacıyla Konica Minolta CM3600D model spektrofotometre kullanılmıştır.

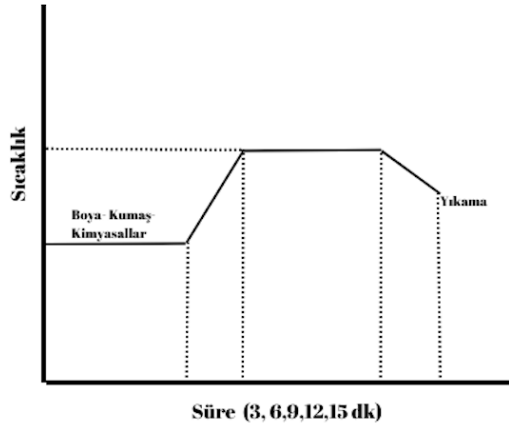
Kumaşların patlama mukavemeti, SDL Atlas marka patlama mukavemeti test cihazında değerlendirilmiştir.

2.2. Yöntem

Boya çözeltisi % 1'lik boyarmadde konsantrasyonlarında 1:100 çözelti oranı ile 30 g/L tuz ve 25 g/ L soda banyosunda hazırlanmıştır. Tablo 1 ve Şekil 1'de gösterilen hazırlanan boyama banyoları mikrodalga fırında iki farklı mikrodalga seviyesinde orta (420 W) ve yüksek (700 W) güç belirlenen zamanlarda (3-6-9-12-15 dakika) gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Boyama tablosu

Güç Seviyesi	Süre
Yüksek Güç (700 W)	3
	6
	9
	12
	15
Orta Güç (420 W)	3
	6
	9
	12
	15
%1 lik boyarmadde; 1:100 çözelti oranı	

**Şekil 1.** Boyama grafiği

Kumaşlara uygulanan testler ve standartları aşağıda sunulmuştur. Kumaşların renk ölçümleri (L^* , a^* , b^*) Konica Minolta CM3600D model reflektans spektrofotometre ile belirlenmiştir. Burada;

L^* : Açıklık/koyuluk değeri(+ daha açık, - daha koyu)

a^* : Kırmızılık/yeşillik değeri(+ daha kırmızı, - daha yeşil)

b^* : Sarılık/mavilik değeri (+ daha sarı, - daha mavi) değerlerini ifade etmektedir.

Renk ölçümleri aşağıda verilen denkleme göre belirlenmiştir

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

Burada; K/S :Kubelka-Munkfonksiyonu

R : Maksimum absorpsiyon dalga boyundaki reflektans değeri

K : Absorpsiyon katsayısı

S : Yayılma katsayısı anlamına gelmektedir.

Yıkama haslıkları TS EN ISO 105 C06, sürtme haslıkları TS EN ISO 105-X12 standartlarına göre belirlenmiştir. Patlama mukavemeti ISO 13938-1 standardına uygun olarak tespit edilmiştir.

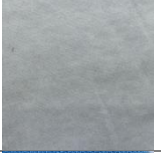




3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Renk ölçüm sonuçları

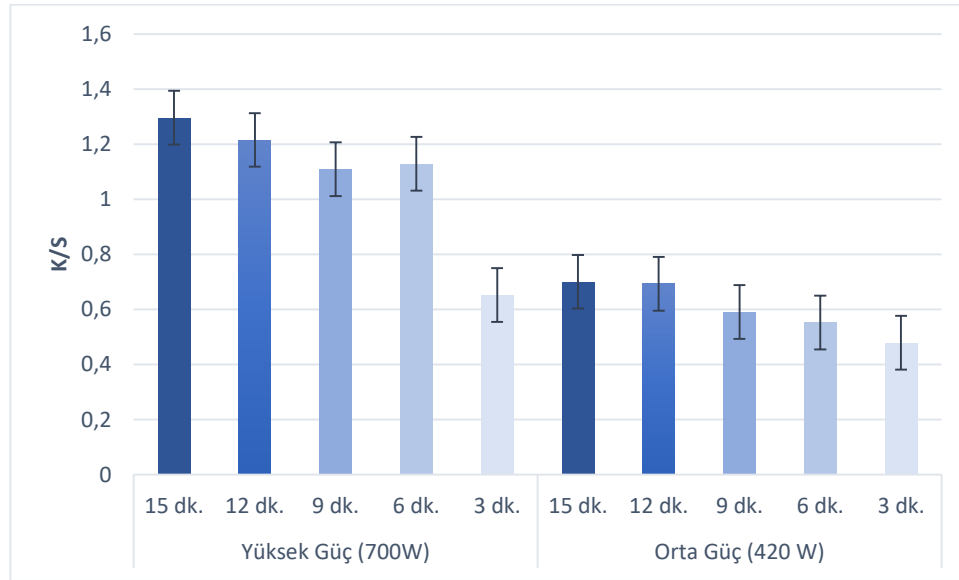
Numunelerin renk ölçüm sonuçları Tablo 1'de sunulmuştur. K/S değerlerinin en yüksek olduğu dalga boyu 360 nanometre olarak belirlenmiş ve Şekil 1'de 360 nm'de numunelere ait K/S grafikleri gösterilmiştir. En yüksek renk mukavemeti değeri, güç seviyeleri fark etmeksizin 15 dakika süreyle boyamada elde edilmiştir. Mikrodalga fırında boyama süresinin azalması, genellikle renk mukavemetinde azalmaya neden olmuştur. Çeşitli araştırmacılar tarafından vurgulandığı üzere, mikrodalga yardımıyla yapılan boyamalarda, boyama süresinin artması genellikle renk mukavemetinde bir artışa yol açmaktadır [15,16].

Tablo 2 ve Şekil 2 incelendiğinde yüksek güç seviyesinde yapılan boyamaların, orta güç seviyesinde yapılanlara göre pamuklu numunelerin daha koyu renkte boyandığı anlaşılmıştır. Çeşitli liflerin mikrodalga enerjisi ile boyandığı bir çalışmada, mikrodalga güç seviyesindeki artışın numunelere ait renk mukavemetinde bir artışa neden olduğu belirtilmiştir [17, 18,19]. Mikrodalga destekli boyama yöntemi, konvansiyonel boyama yöntemlerine göre daha hızlı ve enerji verimli bir seçenek sunduğu, aynı zamanda daha homojen ve düzenli bir boyama sonucu elde etmeye olanak tanıdığı düşünülmektedir.

Tablo 2. Numunelere ait renk ölçüm sonuçları

Güç Seviyesi	Süre	L^*	a^*	b^*	c^*	Boyanmış kumaş görüntüleri
Ham Kumaş		90,58	-0,13	2,01	2,02	
Yüksek Güç (700 W)	15 dk.	-34,84	-4,07	-26,95	23,26	
	12 dk.	-34,06	-4,36	-27,27	23,62	
	9 dk.	-32,79	-4,57	-26,10	22,52	
	6 dk.	-32,67	-4,98	-26,06	22,56	

	3 dk.	-23,86	-5,37	-19,74	16,54
	15 dk.	-25,68	-5,14	-20,73	17,43
	12 dk.	-25,84	-4,96	-20,97	17,60
Orta Güç (420 W)	9 dk.	-22,51	-5,59	-18,83	15,74
	6 dk.	-23,14	-5,24	-17,97	14,81
	3 dk.	-19,52	-5,37	-15,31	12,36



Şekil 2. Numunelere ait K/S grafikleri

Numunelere ait yıkama ve sürtme haslıkları Tablo 3'te sunulmuştur. Mikrodalga destekli boyama yöntemi uygulanan numunelerin yıkama haslık değerleri 4-5 arasında

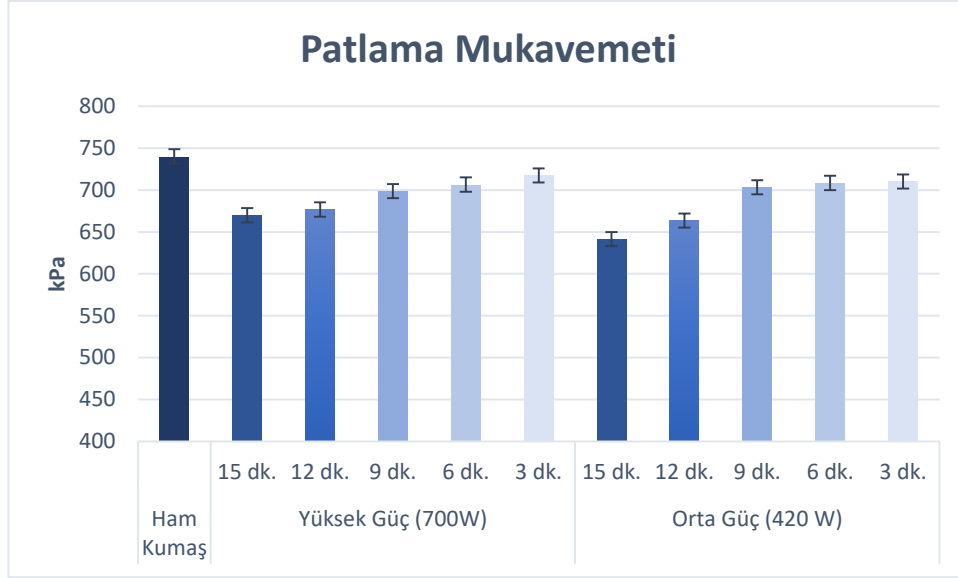
bulunmaktadır. Bu değerler, mikrodalga destekli boyamaların tekstil ürünlerinin yıpranma ve renk kaybına karşı direncinin çok iyi olduğunu göstermiştir. Benzer şekilde mikrodalga destekli boyama sürecinde boyanan numuneler, sürtünmeye karşı yüksek renk haslığı ve değerlere sahiptir; bu değerler 4 ila 5 civarındadır.

Tablo 3. Numunelere ait yıkama ve sürtme haslığı değerleri

Güç Miktarı	Süre	Yıkama Haslığı						Sürtme Haslığı	
		Yün	Akrilik	Poliester	Poliamid	Pamuk	Asetat	Yaş	Kuru
Yüksek Güç (700 W)	15 dk.	5	5	5	5	4-5	5	5	4-5
	12 dk.	5	5	5	5	4	5	4-5	5
	9 dk.	5	5	5	5	4-5	5	4-5	5
	6 dk.	5	4-5	4-5	5	4	5	5	4-5
	3 dk.	5	5	5	5	4-5	5	4-5	4
Orta Güç (420 W)	15 dk.	5	5	5	5	4	5	5	4-5
	12 dk.	5	5	5	5	4	5	5	4-5
	9 dk.	5	5	5	5	4	5	5	4-5
	6 dk.	5	5	5	5	4	5	4-5	5
	3 dk.	5	5	5	5	4-5	5	4-5	4

3.2.Mukavemet sonuçları

Numunelere ait patlama mukavemeti sonuçları Şekil 3'te verilmiştir. Bu sonuçlara göre patlama mukavemetleri arasında küçük farklılıklar olduğu, boyalı elyafların patlama mukavemetlerindeki bu kayıpların, boyanmamış elyafa kıyasla ihmal edilebilecek düzeyde olduğu anlaşılmıştır. Bu durum, mikrodalga destekli boyamanın kumaşın dayanım özelliklerini önemli ölçüde etkilemediğini göstermektedir. Literatürde, mikrodalga destekli boyama yönteminin uygulanmasıyla belirgin mukavemet kaybının yaşanmadığını belirten çalışmalar mevcuttur [12,20]. Mikrodalga destekli boyama, patlama mukavemeti açısından kumaşın dayanıklılığını sürdürmekte ve böylece tekstil ürünlerinin kullanımında olumsuz bir etki yaratmadığı görülmektedir.



Şekil 3. Numunelere ait patlama mukavemeti sonuçları

4. Sonuç

Bu çalışmada pamuklu örme kumaşlar mikrodalga destekli boyama yöntemi ile başarılı bir şekilde boyanmıştır. Gerçekleştirilen boyama sonrasında renk, yıkama, sürtme haslıkları ve patlama mukavemeti değerlendirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, K/S değerlerinin mikrodalga güç seviyelerine ve boyama süresine bağlı olarak değişim gösterdiği belirlenmiştir. Mikrodalga destekli boyamada, en yüksek K/S değeri maksimum güç seviyesinde 15 dakika boyama süresinde gerçekleştiği görülmüştür. Özellikle, yüksek güç seviyesinde yapılan boyamaların renk mukavemetinin orta seviyeye göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, süre açısından incelendiğinde maksimum K/S değerinin 15 dakika boyama süresinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Genel olarak, yıkama ve sürtme haslıklarının 4-5 civarında yüksek değerlerde olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, mikrodalga destekli boyama işleminin renk stabilitesi üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu işaret etmektedir.

Mikrodalga destekli boyama işleminin numunelerin mukavemet değerlerine belirgin bir olumsuz etkisi olmadığını ve uygulanan boyama işlemlerinin liflere zarar vermediğini ortaya koymuştur.

Bu bulgular, mikrodalga destekli boyama yöntemi ile pamuklu kumaşların reaktif boyamasında önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermiştir. Yüksek renk mukavemeti, kısa süreli boyama süreleri ve enerji tasarrufu gibi avantajlarıyla, mikrodalga destekli boyama işlemi, tekstil endüstrisinde sürdürülebilir ve verimli bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Bu teknik, enerji maliyetlerini düşürerek çevresel etkiyi azaltabilir ve aynı zamanda üretim süreçlerinde verimliliği artırabilir, bu da tekstil sektöründe önemli bir rekabet avantajı sağlayabilir.

Finansal Destek

Yoktur.

Çıkar Çatışması

Yoktur

Yazar Katkısı

Semiha Eren: Deneysel planlama, metot ve test belirlenmesi sonuçların yorumlanması, makale yazımı

Aliye Akarsu Özenç: Deneysel çalışmaların yürütülmesi, makale yazımı

5. Kaynaklar

- [1] Khattab, T. A., Abdelrahman, M. S., & Rehan, M. (2020). Textile dyeing industry: environmental impacts and remediation. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 3803-3818.
- [2] Choudhury, A. K. R. (2017). Sustainable chemical technologies for textile production. In *Sustainable Fibres and textiles* (pp. 267-322). Woodhead Publishing.
- [3] Corsten, M., Worrell, E., Rouw, M., & Van Duin, A. (2013). The potential contribution of sustainable waste management to energy use and greenhouse gas emission reduction in the Netherlands. *Resources, Conservation and Recycling*, 77, 13-21.
- [4] Lee, K. E. (2017). Environmental sustainability in the textile industry. *Sustainability in the textile industry*, 17-55.
- [5] Lara, L., Cabral, I., & Cunha, J. (2022). Ecological approaches to textile dyeing: a review. *Sustainability*, 14(14), 8353.
- [6] Buyukakinci, Y. B., Guzel, E. T., & Karadag, R. (2021). Organic cotton fabric dyed with dyer's oak and barberry dye by microwave irradiation and conventional methods. *Industria Textila*, 72(1), 30-38.
- [7] Hashem, M., Abou Taleb, M., El-Shall, F. N., & Haggag, K. (2014). New prospects in pretreatment of cotton fabrics using microwave heating. *Carbohydrate polymers*, 103, 385-391.
- [8] Al-Mousawi, S. M., El-Asasery, M. A., & Elnagdi, M. H. (2013). Microwave assisted dyeing of polyester fabrics with disperse dyes. *Molecules*, 18(9), 11033-11043.
- [9] Ghaffar, A., Adeel, S., Habib, N., Jalal, F., Haq, A., Muniir, B., ... & Jamil, Q. (2019). Effects of microwave radiation on cotton dyeing with reactive blue 21 dye. *Polish Journal of Environmental Studies*, 28(3).
- [10] Adeel, S., Zia, K. M., Azeem, M., Kiran, S., Zuber, M., Irfan, M., & Qayyum, M. A. (2019). Microwave-supported green dyeing of mordanted wool fabric with arjun bark extracts. *Journal of Natural Fibers*.

- [11] Mahltig, B., & Miao, H. (2017). Microwave-assisted preparation of photoactive TiO₂ on textile substrates. *Journal of Coatings Technology and Research*, 14(3), 721-733.
- [12] Öner, E., Büyükakinci, Y., & Sökmen, N. (2013). Microwave-assisted dyeing of poly (butylene terephthalate) fabrics with disperse dyes. *Coloration Technology*, 129(2), 125-130.
- [13] Haggag, K., Hanna, H. L., Youssef, B. M., & El-Shimy, N. S. (1995). Dyeing polyester with microwave heating using disperse dyestuffs. *American Dyestuff Reporter*, 84(3), 22-37.
- [14] Ahmed, N. S., & El-Shishtawy, R. M. (2010). The use of new technologies in coloration of textile fibers. *Journal of Materials Science*, 45, 1143-1153.
- [15] El-Khatib, E. M., Ali, N. F., & Ramadan, M. A. (2014). Environmentally friendly dyeing of silk fabrics using microwave heating. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci*, 3(10), 757-764.
- [16] Alşan, H. G. (2019). Reaktif boyarmaddelere mikrodalga ortamında boyanma kinetiğinin incelenmesi (Doctoral dissertation, Sakarya Üniversitesi (Turkey)).
- [17] El-Molla, M. M., Haggag, K., & Ahmed, K. A. (2013). Dyeing of polyester fabrics using microwave irradiation technique. *Int J Sci Res*, 4, 2319-7064.
- [18] Coşkun, G., & Tağı, S. Ö. (2020). Pamuklu Kumaşların Doğal Boyarmaddelerle Boyamasında Mikrodalga Kullanımının Etkilerinin İncelenmesi. *Folklor Akademi Dergisi*, 3(4), 421-445.
- [19] Doyuran, Z. (2010). Pamuklu kumaşın mikrodalga ortamında reaktif boyarmaddelerle boyanması (Doctoral dissertation, Sakarya Üniversitesi (Turkey)).
- [20] Lei, N. N., Gong, D. L., Ling, X. R., & Shi, Y. D. (2013). Researches on microwave dyeing cotton fabrics. *Advanced Materials Research*, 627, 343-347.