

SERAMİK KARO ÜRETİMİNDE KULLANILAN KAHVERENGİ İNJEKT BOYADAN ELDE EDİLEN PİGMENTİN 1200°C'DE MASSE ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ*

Cihan YAVAŞ**

Leyla KUBAT***

Özet

Dijital baskı teknolojilerinin seramik sektöründe yaygınlaşmasıyla birlikte, solvent bazlı inkjet boyalar daha fazla tercih edilmektedir. Solvent bazlı inkjet boyalar, hızlı kuruma özellikleri nedeniyle avantaj sağlamaktadır ancak içerisindeki zararlı maddelerin insan sağlığını tehdit etmesi ve atık kontrolünün işletmenin maliyetini artırması dezavantajını taşımaktadır. Bu çalışmada, seramik karo üretiminde kullanılan solvent bazlı kahverengi inkjet boyanın üretim süreçlerinde biriken atıkların pigmente dönüştürülmesi ile tekrar kullanılabilirliği araştırılmıştır. Solvent bazlı kahverengi inkjet boya pigmentlerinin ileri dönüşüme katkıda bulunacak biçimde geri kazanılması ve seramik sektöründe özel üretimde veya sanatsal çalışmalarda kullanılabilirliği araştırmanın parçasıdır.

Fabrikaların mevcut atıkları değerlendirmesi, hammadde maliyetlerini düşürebilir ve atık yönetimi maliyetlerinde tasarruf sağlayabilir. Bu çalışma, seramik sektöründe sürdürülebilir üretim ve atık yönetimi konusunda yeni öneriler sunmaktadır. Seramik karo sektöründe kullanılan kahverengi inkjet boya pigmentleri farklı çözücülerle işlenmiş ve çeşitli testlere tabi tutulmuştur. Deneylerde kullanılan çözücüler arasında selülozik tiner, sentetik tiner, su, benzin ve dizel yakıt yer almaktadır. Kahverengi inkjet boya depolama kabının dibinde kalan solvent bazlı atıklar, ince çelik bir tepsi üzerinde ısı işlemine tabi tutulmuş ve ardından spatula yardımıyla kazınarak kahverengi toz boya pigmentleri elde edilmiştir. Bu pigmentlerin, tane boyutlarını eşitlemek için değirmen içinde kuru öğütme işlemine tabi tutulmuş ve 125 mikron kalınlığında bir elekten geçirilmiştir. Elekten geçirilen kahverengi toz pigmentlerinin uygulanabilmesi için pres yöntemiyle deneme plakaları oluşturulmuştur. Oluşturulan deneme plakalarına kahverengi toz pigmentler ile uygulama yapılmış ve 1200°C sıcaklıkta pişirilerek test edilmiştir. Deney sonuçları, benzin ve selülozik tiner ile işlenen pigmentlerin daha homojen bir dağılım ve daha az topaklanma gösterdiğini ortaya koymuştur. Diğer çözücülerle yapılan deneylerde ise renk dağılımının daha dengesiz ve topaklanmanın daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bu, farklı çözücülerin pigmentlerin yapısal bütünlüğünü koruma yeteneğinde önemli farklar olduğunu göstermektedir. Ayrıca ileri dönüştürülmüş pigmentlerin yüksek ısı işlem koşullarında renk stabilitesi ve dayanıklılık açısından olumlu sonuçlar alınmıştır. Ek olarak, yapılan deneysel çalışmalar çeşitli çözücülerin kahverengi boya pigmentleri üzerindeki etkilerinin incelenmesine, seramik sektöründe kullanılan boyaların özelliklerinin anlaşılmasına ve daha etkili kullanımına yönelik öneriler sunmaktadır. Bu çalışma, seramik endüstrisinde malzeme kullanımının optimize edilmesine ve çevreye zararlı etkilerinin azaltılmasına, atık yönetimi maliyetinin düşürülmesine katkıda bulunmakta, sektördeki sürdürülebilirlik politikası yönündeki çabaları desteklemektedir.

* Bu makale, yayınlanmamış yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

** Öğrenci, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Seramik ve Cam Programı, cihanyavastr@gmail.com, Bilecik-Türkiye, ORCID ID: 0009-0004-8737-2612

*** Doç. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, Seramik ve Cam Programı, leyla.kubat@bilecik.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-4751-4055

Anahtar Kelimeler: Kahverengi solvent bazlı inkjet boya, pigment, seramik karo sektörü, masse, çözücüler, ileri dönüşüm.

EXAMINATION OF THE IMPACTS OF PIGMENT OBTAINED FROM BROWN INKJET DYES USED IN CERAMIC TILE PRODUCTION ON MASSE AT 1200°C

Abstract

With the diverse application of digital printing technologies in the ceramic industry, solvent-based inks have become highly preferred. Solvent-based inkjet dyes offer advantages due to their rapid drying characteristics; however, they also raise some environmental concerns. The use of recycled solvent-based brown inkjet dye pigments in ceramic tile production was examined. The objective is to investigate the recyclability of the residual pigments accumulated during the manufacturing processes. Recycling solvent-based brown inkjet dye pigments and incorporating them into ceramic tile production hold significant potential for reducing environmental pollution and achieving economic savings. Utilizing factory waste can reduce raw material costs and provide savings in waste management expenses. Consequently, this study presents new opportunities for sustainable production and waste management in the ceramic industry. During the experimental studies, brown inkjet dye pigments used in ceramic tile production were processed using different solvents and subjected to various tests. The solvents used include synthetic thinner, cellulosic thinner, water, gasoline and diesel fuel. The solvent-based pigment residue remaining in the brown inkjet paint barrels was subjected to heat treatment on a thin steel tray, and the resulting layer was scraped off using a spatula. Thus, brown pigment powders were obtained. To homogenize the grain sizes, these pigments were subjected to a dry-rotation process in the mill for three minutes and were then sieved through a 125-micron mesh. To use the sieved brown pigment powders, masse granules used in the ceramic tile industry were pressed into 10x5 cm dimensions to form test plates. The brown pigment powders were applied on these test plates and tested at 1200°C. The experiments revealed that pigments processed with gasoline and cellulosic thinner displayed a more homogenous distribution and less agglomeration. On the other hand, tests performed using other solvents resulted in more uneven color distribution and greater agglomeration. These results indicate that different solvents exhibit significant differences in their capacity to preserve the structural integrity of pigments. Furthermore, it was observed that after heat treatment at high temperatures, recycled pigments displayed positive results in terms of color stability and durability. Moreover, the experimental studies offer valuable information for examining the impacts of different solvents on brown dye pigments, understanding the characteristics of dyes used in the ceramic industry and utilizing them more efficiently. This study supports sustainability efforts in the industry by contributing to the optimization of material consumption in the ceramic industry and reducing environmental impacts.

Keywords: Brown solvent-based inkjet paint, pigment, ceramic tile industry, mass, solvents, upcycling.

Giriş

Seramik sektöründe dijital yazıcılar yaygın olarak kullanılmaktadır. Dijital baskı teknolojilerinin seramik sektöründe yaygınlaşması, solvent bazlı inkjet boyaların kullanımını artırmıştır. Bu yazıcılarda kullanılan solvent bazlı inkjet boyalar hızlı kuruma özellikleriyle avantaj sağlasa da çevreye zarar vermesi nedeniyle bir endişe kaynağıdır. Seramik karo üretiminde biriken solvent bazlı

kahverengi inkjet boya atıklarının geri dönüştürülerek yeniden kullanılması hem çevresel kirliliği azaltmak hem de ekonomik tasarruf sağlamak açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, solvent bazlı kahverengi inkjet boya pigmentlerinin geri dönüştürülmesi ve seramik üretiminde tekrar kullanılma potansiyelinin olup olmadığının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Araştırmada, fabrikaların atık sahasında imha edilmek üzere bekleyen solvent bazlı kahverengi inkjet boyalar kullanılmıştır. Bu boyalar, ısı işlemine tabi tutulmuş ve yanma işleminin ardından oluşan katman kazınarak kahverengi toz boya pigmentleri elde edilmiştir.

Elde edilen pigmentler, çeşitli çözücülerle işlenmiş ve farklı testlere tabi tutulmuştur. Farklı çözücülerle işlenen pigmentlerin yapısal bütünlüğü ve renk stabilitesi değerlendirilmiş, geri dönüştürülen pigmentlerin seramik üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Elde edilen bulgular, geri dönüştürülmüş pigmentlerin, hammadde maliyetlerinin ve atık yönetimi yükünün azaltılmasına katkı sağlayabileceğini göstermektedir.

Bu çalışma, seramik endüstrisinde malzeme kullanımının optimize edilmesine ve çevresel etkilerin azaltılmasına katkıda bulunarak, sektördeki sürdürülebilirlik çabalarını desteklemektedir.

Seramik Yazıcılar ve Mürekkep Türleri

Günümüzde dijital seramik yazıcılar seramik sektöründe en çok tercih edilen baskı araçları arasındadır. Geleneksel yöntemlere göre daha yüksek çözünürlük sağladığı, daha ekonomik olduğu ve baskı sürelerini kısalttığı için tercih edilmektedir. Bu alanda, DOD (Drop on Demand), CIJ (Continuous Inkjet), EIJ (Electrostatic Inkjet) baskı teknikleri kullanılmaktadır.

DOD (Drop on Demand) yazıcılarda mürekkep zeminin üzerine damlatılarak bırakılmaktadır. DOD baskı yönteminde yazıcı damla oluşturma mekanizmasına göre termal inkjet ve piezoelektrik inkjet olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır (Koçak Özescici vd., 2019, s. 69). Termal yazıcılarda mürekkebin baskı malzemesinin üzerine püskürtülmesi için ısı değişimi kullanılır. Mürekkep haznesi, mürekkebi ısıtmaya yarayacak bir malzeme barındırır. Buharlaştıran mürekkep basınç oluşturur ve bu basınçla hala sıvı olan mürekkep baskı kafasından dışarı itilir. Piezoelektrik yazıcılarda ise baskı sonucunda titreşen piezoelektrik kristal, mürekkebin dışarı itilmesini sağlamaktadır (Altay, 2010, s. 16). DOD, mürekkep damlalarını belirli aralıklarla püskürtme prensibi üzerine çalışmaktadır. Böylece mürekkep damlalarının sadece talep edilen alanlara düşmesini sağlar. Genellikle mürekkep tasarrufu yapabilen ve hassas baskı uygulamaları için ideal olan bir sistemdir.

CIJ (Continuous Inkjet) baskı sistemi, endüstriyel baskı uygulamalarında öne çıkan bir teknolojidir. Sürekli mürekkep akışını kullanarak baskıyı gerçekleştirir. Yüksek basınçlı mürekkep jeti, bir nozulden¹ çıkarak sürekli mürekkep damlalarını oluşturur. CIJ baskı sistemi, DOD yazıcıların aksine sürekli mürekkep püskürtme yöntemini kullanarak istenen karakter ve desenleri meydana getirir. Yüksek basınçlı bir mürekkep jeti sürekli akar ve elektrostatik bir alanda kontrol edilerek damlalarla hızlı üretim hattı uygulamalarında etkili bir çözümdür.

Bu teknikte mürekkep sıkıştırılarak küçük boyutlu bir delikten akması için zorlanır. Akış esnasında yüklenmiş saptırıcı, istenmeyen damlaları bir oluğa çeker ve israfı önleyerek atık mürekkebi geri kazanır (Karasu vd., 2019, s. 695). Elektrostatik bir alanda şarj edilen damlalar, kontrollü bir şekilde alt tablaya düşer, böylece istenen yazı veya desen ortaya çıkarılır. CIJ baskı, yüksek hızlı uygulamalarda etkili bir performans sergiler ve genellikle endüstriyel sektörlerde seri numaralar,

¹ Nozul, bir akışkanın veya sıvının belirli bir yönde veya şekilde püskürtülmesini sağlayan özel bir çıkış açıklığını veya deliği ifade eder.

tarikhler, parti bilgileri gibi bilgilerin hızlı ve sürekli olarak işlenmesi için tercih edilir. Gıda, ilaç, ambalaj ve otomotiv endüstrileri gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılan bu teknoloji çeşitli malzemeler üzerinde başarılı bir şekilde uygulanabilmektedir.

EIJ (Extended Inkjet) baskı teknolojisi ise endüstriyel uygulamalarda CIJ baskı gibi mürekkep püskürtme süreçlerini yöneten bir diğer sistemdir. CIJ baskı, sürekli mürekkep püskürtme prensibi üzerine çalışırken EIJ baskı genellikle mürekkep püskürtme sürecini daha uzatılmış bir şekilde ele alır. EIJ baskılarda mürekkep bir elektrikli alandan geçirilir ve yüklenmesi sağlanır. Ardından başka bir plaka arasından geçerken plakanın elektrik potansiyeli değiştirilir ve mürekkebin istenilen konuma püskürtülmesi sağlanır (Li vd., 2015, s. 2541).

Her iki teknoloji de endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılır, ancak CIJ daha hızlı ve küçük ölçekli baskı işlemleri için idealdir. EIJ ise genellikle büyük formatlı ve daha geniş alanlarda kullanılan uygulamalarda avantaj sağlar.

Mürekkep püskürtme sistemlerinde kullanılmakta olan inkjet boyalar, DOD ve CIJ baskı teknikleri ile yaklaşık yarım yüzyıldır işaretleme ve metin baskılamaya uygulamalarında kullanılmaktadır. Seramik sektöründe ise kullanılan inkjet boyaların kendi içerisinde süblimasyon, UV bazlı, su bazlı ve solvent bazlı olarak dörde ayrıldığı görülmektedir.

Süblimasyon mürekkeplerin katı formdayken baskı esnasında süblimleşerek gaz formuna geçtiği anlaşılmıştır. Bu mürekkeplerin her yazıcıda kullanılmadığı ve özel süblimasyon baskı makinelerine ihtiyaç olduğu bilinmektedir. Buna rağmen çok kolay baskı alınabilmektedir.

Uv bazlı mürekkeplerin kuruma aşaması yoktur, dekorun zemine işlenmesi katılaşma reaksiyonları ile gerçekleştirilir. Baskıda kullanılabilmesi için özel bir baskı makinesi gereklidir.

Su bazlı mürekkepler, su ile çözülür. Diğerlerine göre daha parlak ve canlı renkler verir fakat kaliteli bir baskı için nem oranı, çalışma aralığı gibi kriterlere dikkat edilmelidir. Kurutma hızını arttırmak için solvent türevleri eklenir (Küçüköğlü, 2015, s. 11).

Solvent bazlı mürekkeplerin içerisindeki pigmentlerin ayrıştırıcısı solventtir. Daha hızlı kuruma ve baskı aşamasının daha kolay olması ayırt edici özellikleri arasındadır. Bundan dolayı, karo sektöründe baskı için EIJ baskı moduna sahip makinelerde solvent bazlı pigmentler kullanılmaktadır. Aynı zamanda çevresel faktörlere (ısı, ışık, nem vb.) çok dayanıklı olduğu için özellikle dış mekânlarda kullanılacak baskılarda tercih edilmektedir.

Solvent bazlı mürekkepler seramik sektöründe de kullanımı yaygın olan bir mürekkep türüdür. Solvent, aşırı uçucu bir madde olmakla birlikte, buharlaştığında sağlık sorunlarına ve çevre kirliliğine neden olabilen maddeler içermektedir. Solvent bazlı mürekkeplerin VOC (Volatile Organic Compound), yani uçucu organik bileşikler içermesi de bu nedenle dezavantaj olarak görülmektedir. Dolayısıyla baskı ortamının havasının çok iyi bir şekilde temizlenmesi gerekir (Gençkaya, 2011, s. 23).

İnsan sağlığını ciddi derecede etkileyebilen VOC'ların, buharlaşarak atmosfere zarar veren bir dizi organik bileşiğe verilen ortak isim olduğu bilinmektedir. Ortak özelliklerinin ise, oda sıcaklığında hızlı bir şekilde buharlaşabilmesi, yüksek buhar basıncına sahip olması, suda çözünürlük derecesinin düşük olması ve mükemmel yanıcılık olduğu görülmektedir. Solvent bazlı mürekkepler de bu bileşiklerden fazla miktarda içermektedir. Sektörde hızlı kuruduğu için tercih edilmesinin bu özelliğine bağlı olduğu çıkarımı yapılmıştır.

VOC'ların çoğu toksiktir, ayrıca insan sağlığı için de tehlikeli kabul edilmektedir. Bu nedenle atmosfere salınan VOC'ların kontrol altında tutulması ve belirli bir sınır değerinin altına indirilmesi gerekmektedir (Hayta ve Oktav, 2020, s. 805).

Solvent bazlı mürekkeplerin yaydığı VOC oranı oldukça yüksek kabul edilmektedir. Her türlü solvent mürekkebi kururken bir miktar VOC açığa çıkarmaktadır. Bu nedenle zaman içerisinde çevre bilinciyle birlikte eko solvent bazlı ve yarı solvent bazlı mürekkepler de üretilmiştir.

Günümüzde ekolojik açıdan solvent bazlı mürekkeplere göre daha çevre dostu kabul edilen eko solvent bazlı ve yarı solvent bazlı mürekkepler, taşıyıcı olarak daha az toksik madde içermekte ve daha az miktarda gaz çıkışı sağlamaktadır. Yani geleneksel solvent mürekkeplerle aynı düzeyde zararlı uçucu organik bileşikler (VOC) üretmezler. Bu ekolojik alternatifler solvent bazlı mürekkeplere göre daha iyi renk kalitesi ve şiddeti sağlamaktadır. Üstelik çözünürlüğü de daha yüksektir ve dış mekân baskılarında da su geçirmezlik özelliği daha iyidir (Uğur, 2018, s. 78).

Ekolojik mürekkep seçeneklerinin geleneksel solvent bazlı mürekkeplere göre daha yavaş kurduğu görülmektedir. Bu mürekkeplerin kuruması için genellikle ısıtıcıların gerektiği bilinmektedir. Fakat koku seviyelerinin solvent bazlı mürekkeplere göre daha az olduğu ve VOC seviyelerinin de daha düşük olduğu bilinmektedir. Buna dayanarak dış mekân baskılarının yanında, iç mekânlarda da tercih edildiği sonucuna ulaşılmıştır.

Normal solvent bazlı mürekkepler, kuruma için bir ısıtıcı gerektirmez. Bu nedenle özellikle ısıya duyarlı yüzeylerde kullanım için idealdir. Solvent bazlı mürekkepler, eko solvent mürekkeplere göre dış mekân kullanımında daha dayanıklıdır. Bu nedenle çevresel etkisi ne olursa olsun hala solvent bazlı mürekkepler, ekolojik alternatiflerine göre daha çok tercih edilmektedir (Haskins, 2023, s. 1).

Geleneksel solvent bazlı mürekkeplerde etil asetat ve etanol gibi içeriklere sahip patlayıcı ve yanıcı maddeler çözücü olarak kullanılabilir. Bu nedenle solvent bazlı mürekkepleri kullanırken oldukça dikkat edilmesi gerekir. Çünkü bunlar kolayca tutuşabilir ve bazı durumlarda patlayabilir (Hayta ve Oktav, 2020, s. 807).

Yarı solvent bazlı mürekkepler ise genellikle tabela endüstrisinde tercih edilmektedir. En önemli özellikleri geniş bir renk skalasında hem parlak hem de doygun renkler verebilmesidir. Diğer solvent bazlı mürekkepler gibi çabuk kurur ve baskı malzemesine hemen tutunabilir. Farklı olarak bu mürekkeplerin hızlı sıcaklık artışına ve yüksek makine hızına ihtiyacı vardır. Genellikle piezoelektrik baskı tekniğinde yarı solvent bazlı mürekkepler tercih edilmektedir (Gençkaya, 2011, s. 24).

Seramik sektörü ve solvent bazlı mürekkeplerin kesişim noktasına baktığımızda karşımıza, seramik sektöründe dijital yazıcıların geleneksel baskı teknolojilerine göre daha çok tercih edildiği verisi çıkar. Aynı zamanda kullanılan inkjet boyalar arasında en çok tercih edilen solvent bazlı mürekkeplerdir. Baskı yapılacak malzemenin çeşidine ve baskı türüne göre kullanılacak yöntemler de farklılaşmaktadır.

Geleneksel solvent bazlı mürekkeplerin VOC salınımından dolayı çevreye zarar verdiği bilinmektedir. Ancak seramik sektöründe baskıların çabuk kurumasını sağlayan hızlı buharlaşma özelliği sayesinde tercih edilmektedir. Ayrıca, daha çevreci ve daha az toksik madde içeren solvent türevi boyar maddelerin de üretildiği görülmüştür. Bu yeni mürekkep türleri farklı alanlarda kullanılmakta olup, bazı durumlarda geleneksel solvent bazlı mürekkeplerden daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Seramik sektöründe kullanılan inkjet boya ları genellikle renk pigmenti ve solvent içermektedir. Mavi, kahve, sarı, siyah gibi ana renkler, karo üretiminde evrensel olarak tercih edilen renklerdir. Bu boyalar genellikle 5 litrelik kendi plastik depolama kaplarında saklanmaktadır ve üretim sahası içerisinde yer alan dijital baskı makinesinin boya tanklarına ihtiyaca göre doldurulmak üzere bekletilmektedir.

Dijital baskı makinelerinde her renk için ayrı boya tankları mevcuttur. Solvent bazlı inkjet boya lar kendi depolama kaplarından dijital baskı makinesine doldurulur. Doldurulduktan sonra depolama kaplarının içinde zamanla dibe çöküp biriken artık boya lar fabrikanın atık sahasında imha edilmek üzere bekletilmektedir. Mavi, kahve, sarı, siyah gibi ana renkler arasından kahverengi seçilmiş ve uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Araştırma kapsamında bu artık boya ları geri dönüştürerek seramik sektörüne kazandırmak amaçlanmaktadır.

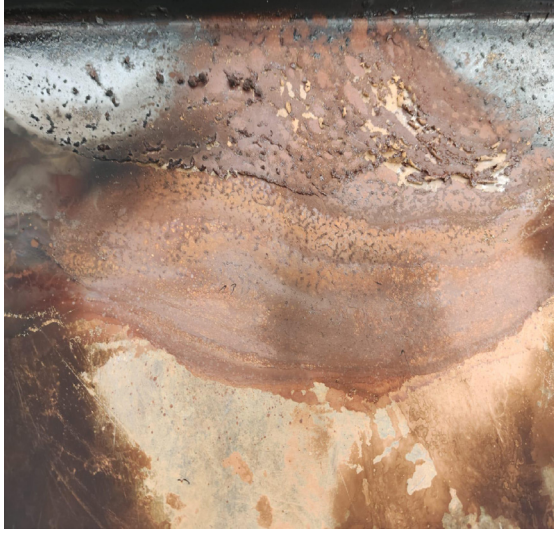
Solvent Bazlı Kahverengi İnkjet Boya Atığının Geri Dönüştürülmesi

Seramik karo üretiminde kullanılan solvent bazlı inkjet boya lar depolama kaplarıyla üretim merkezlerine ulaşmaktadır. Boyalar dijital baskı makinelerine doldurulduktan sonra boş depolama kapları imha işlemi için fabrika sahası içinde yer alan atık sahasında toplanmaktadır. Toplama alanına gitmeden önce, kahverengi inkjet boya depolama kabının içerisinde kalan az miktardaki boya artığının toplanması için belirli bir süre ters çevrilerek içerisinde kalan boyanın süzülmesi sağlanır. Elde edilen kahverengi artık boya, ince çelik bir tepsinin içerisine boşaltılarak ısı işlemine tabi tutulur. Görsel 1’de görüldüğü gibi solvent tamamen pigmentten uzaklaştırılana kadar ısı işlemi devam ettirilir.



Görsel 1-2: Kahverengi atık boyanın çelik tepside ısı işlemine tabi tutulması ve ısı verilen solvent bazlı dijital baskı boyasının alev alması.

Bu işlem sırasında dikkat edilmesi gereken noktalar bulunmaktadır. Bunlardan biri, Görsel 2’de görülen çelik tepsi içerisindeki kahverengi inkjet boyanın bünyesinde bulunan solvent maddesinin çok fazla ısı verildiğinde alev almasıdır. İkinci dikkat edilmesi gereken nokta ise solventin buharlaşması sonucunda ortaya çıkan gazın solunmaması gerektiğidir. Yapılan deney sırasında yarım yüz maskesi, abek filtre, ısıya dayanıklı eldiven ve koruyucu gözlük ekipmanları kullanılmıştır. Bu işlem toplu yerleşim yerlerinden ve ormanlık alanlardan uzak, açık arazi ortamında özel ekipman kullanılarak yapılmıştır.



Görsel 3-4: Solventten uzaklaştırılan pigmentlerin kazıma işleminden önceki hali ve solventten uzaklaştırılan pigmentlerin kazıma işlemi.

Yanma işlemi sona erdiğinde geriye kalan boyanın yüzeyinde kahverengi bir katman oluşmaktadır. Oluşan bu katman spatula yardımı ile kazındığında kahverengi toz pigmentlerinin açığa çıktığı Görsel 3 ve 4'te görülmektedir. Isıl işleme tabi tutulduktan sonra elde edilen kahverengi toz pigmentleri soğuduktan sonra içerisine farklı maddelerin karışmasını engellemek amacıyla cam kavanoza alınarak muhafaza edilir.



Görsel 5: Kazıma işlemi yapılmış pigmentlerin cam kavanoza alınması

Toplanan toz pigmentler, tane boyutlarının eşit olması için değirmen içerisinde üç dakika boyunca kuru çevirme işlemine tabi tutulduktan sonra 125 mikron kalınlığında elekten geçirilir.

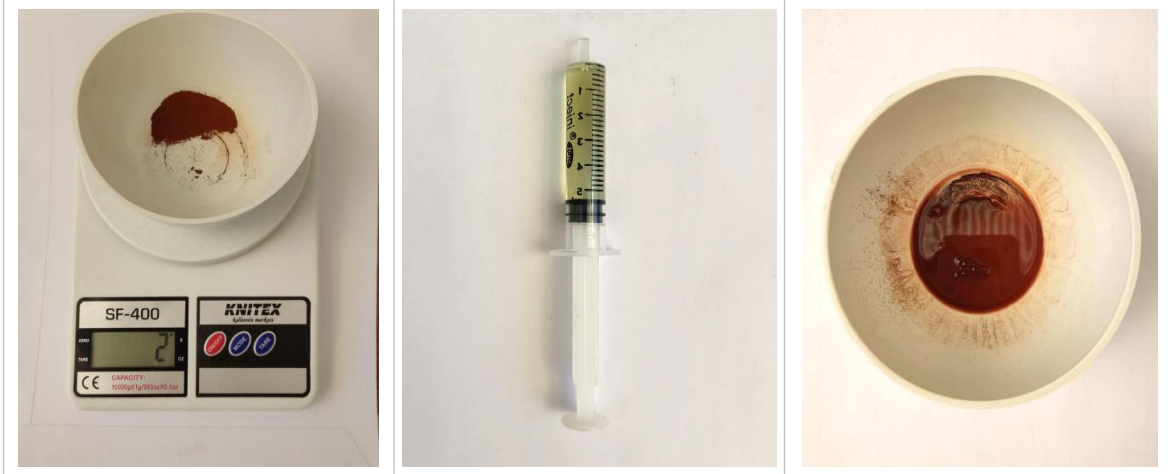


Görsel 6: Toz pigmentlerinin değirmende kuru çevirme işlemi görmesinin ardından 125 mikron elekten geçirilmesi işlemi.

Çıkarılan pigmentlerin uygulanacağı ham deneme plakalarını elde etmek için toz granül tartımı yapılır ve pres makinasında 5x10 cm boyutlarında preslenip plakalar elde edilir.



Görsel 7: Pigmentlerin uygulama yapılacağı deneme tabletlerinin masse-granül ölçüm işlemi ve preslenmesi.



Görsel 8: Kahverengi pigment boya tartımı, çözelti tartımı ve karışım işlemi

Belirlenen reçeteler doğrultusunda elektronik tartı ile tartımlar yapılır. Kahverengi boya pigmentinin çözünebilmesi için 5 ml hacminde su, sentetik tiner, selülozik tiner, benzin ve dizel yakıtı gibi çözücüler içerisinde 2 g kahverengi boya pigmenti ilave edilerek karışım elde edilir.

Kullandığımız çözücülerin genel özellikleri şu şekilde açıklanabilir: Benzin, genel anlamda hafif hidrokarbonlardan meydana gelen bir yakıttır. Özellikle içten yanmalı motorlarda performans artırıcı yakıt olarak kullanılan benzin, çözücü özelliklere sahiptir. Bu nedenle endüstriyel uygulamalarda ve temizlik uygulamalarında boya çözücü olarak tercih edilmektedir.

Çalışmada kullanılan diğer bir çözücü madde dizel yakıttır. Dizel yakıtın ham petrolden elde edildiği bilinmektedir (Beşergil, 2008, s.143). Genel anlamda benzin kadar güçlü bir çözücü değildir. Çoğunlukla yoğun ve daha polar özelliklere sahiptir. Bu sebeple benzine kıyasla organik maddeleri etkili bir şekilde çözebilme yeteneğinin kısıtlı olduğu görülmektedir. Dizel yakıt, özellikle motorlarda enerji üretimi için tasarlanmıştır ve bu nedenle çözücü olarak kullanımı yaygın değildir. Genellikle benzin veya diğer özel çözücüler tercih edilmektedir.

Tinerler çözücü türevleri olarak genellikle sentetik ve selülozik olmak üzere iki farklı türe ayrılmaktadır. Selülozik tinerin, çözücü bir karışım olduğu bilinmektedir. Yapısında; hidrokarbonlar, glikol eterler, esterler, ketonlar, alkoller bulundurulur ve nitro-selüloz esaslı boyaların, verniklerin viskozitelerini indirerek uygulama kolaylığı sağlamaktadır. Boya tineri, kimyasal yapısı nedeniyle saf bir madde olarak tanımlanamamaktadır. Deneysel çalışmalarda gerçek konsantrasyonunun belirlenmesi oldukça zordur (Yıldız, 2009, s.5).

Selülozik tiner, genel anlamda selüloz türevlerinden, yani organik çözücülerden elde edilen bir çözücüdür. Selülozik bazlı boya, vernik ya da yapıştırıcıları temizlemek, çözmek ve inceltmek için kullanılmaktadır. Geleneksel boya uygulamalarında yaygın olarak kullanılmakla beraber çevresel riskler sebebi ile diğer tiner çeşitleri tercih edilmektedir. Sentetik tiner, diğer geleneksel çözücülerle karşılaştırıldığında alternatif olarak daha çevre dostu bir çözücü olarak görülmektedir.

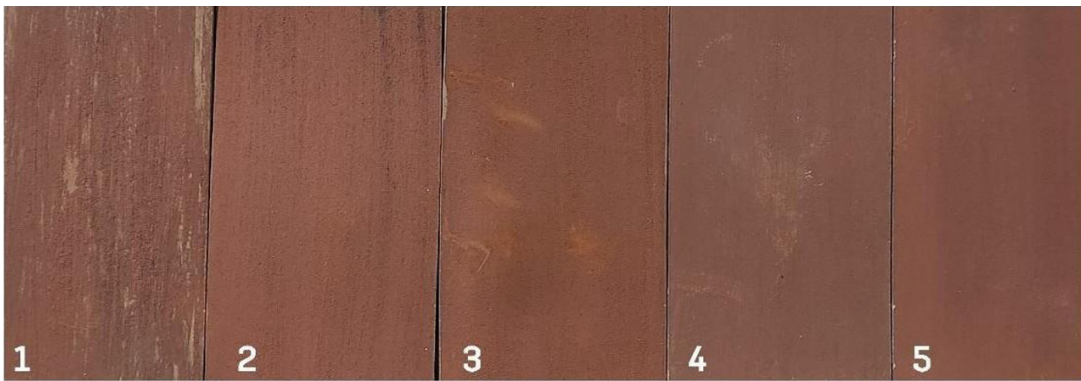
Elde Edilen Kahverengi Pigmentin Çözücüler ile Karıştırılarak Uygulanması

Kahverengi boya pigmenti; benzin, dizel, sentetik ve selülozik tiner gibi çözücülere farklı oranlarda eklenerek karışımlar elde edilmiştir. Karışımlar seramik karo üretiminde kullanılan masse ile 10x5

cm boyutlarında preslenmiş ve deneme plakaları üzerine fırça yardımıyla uygulanmıştır. Pistole yardımı ile yapılan uygulamalarda pistole ucunun tıkanıdığı, ayrıca çözücü maddelerin uçucu özelliklerinden dolayı karışımların deneme plakalarına yapışmadığı da görülmüştür. Bu deneme plakaları fabrika ortamında bulunan endüstriyel fırında 1200 °C ısıda 56 dakika boyunca pişirilmiş ve sonuçları gözlemlenmiştir.

	1. Deneme	2. Deneme	3. Deneme	4. Deneme	5. Deneme
Kahverengi pigment	Su	Benzin Yakıt	Dizel Yakıt	Selülozik Tiner	Sentetik Tiner
2 g	5 ml	5 ml	5 ml	5 ml	5 ml

Tablo 1: 2 g kahverengi pigment ile çözücülerin karışım oranları.



Görsel 9: 2 g kahverengi pigment ile su, benzin-dizel yakıt, selülozik-sentetik tiner çözücüleri ile hazırlanan karışımlarının deneme plakaları üzerine uygulanması.

Birinci deneme plakasında bulunan boya, 1. Tablo'da da görüldüğü gibi 2 g kahverengi pigment içerisine 5 ml su karıştırılmasıyla hazırlanmıştır. Solventten arındırılan kahverengi pigment su ile homojen bir şekilde karışmadığı için deneme plakası yüzeyinde pigment katmanların olduğu ve pütürlü dokuların varlığı Görsel 9'da görülmektedir.

İkinci denemede 2 g kahverengi pigment içerisine 5 ml benzin eklenerek karışım elde edilmiştir. Kahverengi pigmentin benzin içerisinde daha homojen şekilde karışması ve yağlı yapıya sahip olması nedeniyle plaka üzerine daha kolay uygulandığı ve tutunduğu gözlemlenmiştir.

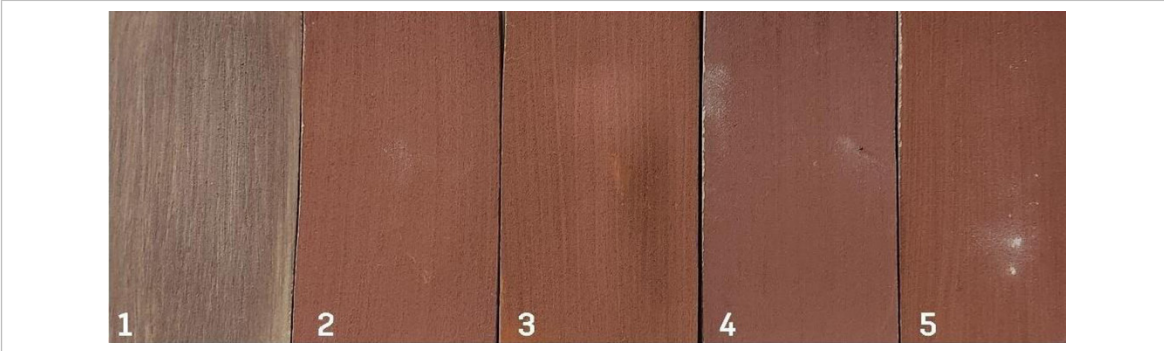
Üçüncü denemede 2 g kahverengi pigment içerisine 5 ml mazot (dizel yakıt) ile karışım hazırlanmıştır. Mazot ile hazırlanan karışım su ile hazırlanan pigment karışımına göre daha homojen kalırken, benzin ile hazırlanan pigment karışımına benzer homojen yapıya sahiptir. Fakat benzinli karışıma göre yüzeyi noktalı ve pütürlüdür.

Dördüncü denemede 2 g kahverengi pigment içerisine 5 ml selülozik tiner ile karışım elde edilmiştir. Su ile yapılan pigment karışımına göre daha homojen, benzin ve dizel ile hazırlanan pigment karışımına göre ise daha pürüzsüz yüzeye sahiptir. Selülozik tiner ile yapılan pigment karışımında, kahverengi pigmentin renk tonunun farklılaştığı görülmüştür.

Beşinci denemede 2 g kahverengi pigment içerisine 5 ml sentetik tiner eklenerek karışım hazırlanmıştır. Sentetik tiner ile pigment karışımı diğer karışımlara nazaran daha homojen, yüzeyi ise daha pürüzsüz bir yapıya sahiptir. Fırçayla daha kolay uygulandığı gözlemlenmiştir.

	1. Deneme	2. Deneme	3. Deneme	4. Deneme	5. Deneme
Kahverengi pigment	Su	Benzin Yakıt	Dizel Yakıt	Selülozik Tiner	Sentetik Tiner
4 gr	5 ml	5 ml	5 ml	5 ml	5 ml

Tablo 2: 4 g kahverengi pigment ile çözücülerin karışım oranları.



Görsel 10: 4 g kahverengi pigment ile su, benzin-dizel yakıt, selülozik-sentetik tiner çözücülerini içeren karışımların deneme plakaları üzerine uygulanması.

Tablo 2’de birinci denemede 4 g kahverengi pigment içerisine 5 ml su ilave edilerek karışım hazırlanmıştır. Solventten uzaklaştırılan kahverengi pigment su ile homojen bir şekilde karışmadığından deneme plakası yüzeyinde pigment katmanlarından dolayı dokuların oluştuğu ve bunun yanı sıra koyu kahve tonunda renk elde edildiği Görsel 10’da görülmektedir.

İkinci denemede 4 g kahverengi pigment içerisine 5 ml benzin ile karışım hazırlanmıştır. Kahverengi pigmentin benzin içerisinde daha homojen şekilde karıştığı, yağlı yapısı nedeniyle plaka üzerine fırça yardımıyla daha kolay uygulandığı ve tutunduğu gözlemlenmiştir. Benzin yakıtı ile hazırlanan pigment karışımında kızıl kahve tonu elde edilmiştir.

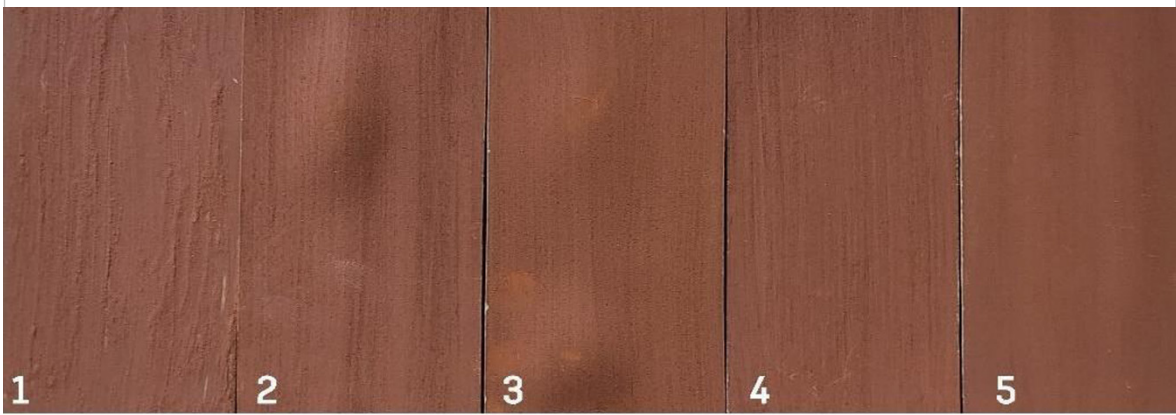
Üçüncü denemede 4 g kahverengi pigment içerisine 5 ml mazot (dizel yakıt) ile karışım hazırlanmıştır. Mazot ile hazırlanan pigment karışımı, benzin ile hazırlanan pigment karışımına yakın özellikler göstermiş ve benzer renk tonlarında olduğu gözlemlenmiştir.

Dördüncü denemede 4 g kahverengi pigment içerisine 5 ml selülozik tiner ile karışım hazırlanmıştır. Su ile pigment karışımına göre daha homojen, benzin ve dizel pigment karışımına göre ise daha pürüzsüz bir yüzeye sahiptir. Selülozik tiner ile pigment karışımında, kahverengi pigmentin renk tonunun farklılaştığı görülmüştür. Daha mavimsi bir kahverengi tonu elde edilmiştir.

Beşinci denemede 4 g kahverengi pigment içerisine 5 ml sentetik tiner eklenerek karışım hazırlanmıştır. Sentetik tiner ile pigment karışımı mazot (dizel yakıt) karışımına daha yakın özellikte sonuçlar vermiştir.

	1. Deneme	2. Deneme	3. Deneme	4. Deneme	5. Deneme
Kahverengi pigment	Su	Benzin Yakıt	Dizel Yakıt	Selülozik Tiner	Sentetik Tiner
6 g	5 ml	5 ml	5 ml	5 ml	5 ml

Tablo 3: 6 g kahverengi pigment ile çözücülerin karışım oranları.



Görsel 11: 6 g kahverengi pigment ile su, benzin-dizel yakıt, selülozik-sentetik tiner çözücülerini ile hazırlanan karışımlarının deneme plakaların üzerine uygulanması.

Birinci denemede, Tablo 3'te de görüldüğü üzere 6 g kahverengi pigment içerisine 5 ml su ilave edilerek karışım hazırlanmıştır. Su ve pigment karışımından elde edilen karışımın içerisindeki pigmentin oranı diğer deneylerden daha fazla olduğu için, deneme plakasının üzerine daha yoğun şekilde tutunduğu görülmüştür. Kahve tonunda ve doygun bir görünüm elde edilmiştir. Aynı zamanda deneme plakası yüzeyinde pütürlü dokuların varlığı Görsel 11'de görülmektedir.

İkinci denemede 6 g kahverengi pigment içerisine 5 ml benzin ile karışım hazırlanmıştır. Benzin yakıtının yapısının yağlı olması nedeniyle karışımın daha homojen olduğu görülmüştür. Deneme plakası yüzeyi, su ile kahverengi pigment karışımına göre daha pürüzsüz, renk tonu olarak daha canlıdır.

Üçüncü deneme de 6 g kahverengi pigment içerisine 5 ml mazot (dizel yakıt) ile karışım hazırlanmıştır. Mazot ile hazırlanan karışımın yüzeyi benzinle hazırlanan karışıma göre daha pürüzsüzdür ve renk tonu daha açıktır. 6 g kahverengi pigment içerisine 5 ml selülozik tiner/sentetik tiner ile hazırlanan karışımlar ile benzer özellikler görülmüştür.

Sonuç

Bu çalışmada, solvent bazlı inkjet boyadan elde edilen kahverengi pigmentlerin çeşitli çözücüler kullanılarak seramik üretiminde nasıl davrandığı incelenmiştir. Benzin, dizel, sentetik tiner, selülozik tiner ve su kullanılarak hazırlanan pigment karışımları, 10x5 cm boyutlarındaki ham deneme plakaları üzerine fırça yardımıyla uygulanmıştır. Uygulanan deney serisinde 5 ml su, sentetik tiner, selülozik tiner, benzin ve dizel yakıt çözücülerinin içerisine ayrı ayrı 2-4-6 g kahverengi boya pigmenti ilave edilerek karışımlar elde edilmiştir. Pistole ile yapılan uygulamalarda, pistole ucunun tıkanması ve çözücülerin uçucu özelliklerinden dolayı karışımların plakalara yapışmaması gibi sorunlar yaşanmıştır, bu nedenle uygulamaya fırça ile devam edilmiştir. Deneme plakaları, 1200°C'de 56 dakika boyunca endüstriyel fırında pişirilerek sonuçlar değerlendirilmiştir.

Denemelerde kullanılan çözücülerin pigmentlerin homojenliği ve yüzey kalitesi üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır. Su ile hazırlanan karışımlar, pigmentin homojen dağılmaması nedeniyle deneme plakası yüzeyinde pütürlü dokular ve pigment katmanları oluşturmuştur. Pigmentin artan oranıyla birlikte su karışımları daha yoğun bir renk elde etse de yüzey pürüzlülüğü sorununu çözmemiştir.

Benzin, pigmentle daha homojen karışım sağlayarak plakalar üzerinde daha pürüzsüz ve tutarlı bir yüzey oluşturmuştur. Pigment miktarının artmasıyla benzinli karışımlar daha canlı ve homojen renkler elde etmiştir. Ancak, benzinle hazırlanan karışımların kızıl kahve tonları üretmesi dikkat çekicidir.

Dizel yakıtla hazırlanan karışımlar, benzinle hazırlanan karışımlara benzer homojenlikte olmasına rağmen yüzeyde daha belirgin pütürlü dokular bırakmıştır. Dizel karışımlarının yüzey pürüzsüzlüğü, benzinli karışımlardan biraz daha düşüktür, ancak yine de su ile hazırlanan karışımlara göre daha iyidir.

Selülozik tiner ile hazırlanan karışımlar, su karışımlarına göre daha homojen ve pürüzsüz yüzeyler oluşturmuştur. Ayrıca, selülozik tiner pigmentin renk tonunu değiştirerek daha mavimsi bir kahverengi tonu üretmiştir. Bu karışımlar, diğer çözücülere göre daha pürüzsüz ve tutarlı yüzeyler sağlamıştır.

Sentetik tiner ile hazırlanan karışımlar, tüm çözücüler arasında en homojen ve pürüzsüz yüzeyi oluşturmuştur. Sentetik tinerli karışımlar, pigmentin yüzeye en iyi şekilde tutunmasını sağlamış ve fırça ile en kolay uygulanan karışımlar olmuştur. Pigmentin artan oranıyla birlikte, sentetik tinerli karışımlardan homojen ve yoğun renkler elde edilmiştir.

Sonuç olarak, benzin ve sentetik tiner gibi çözücüler, kahverengi pigmentlerin daha homojen karışmasını ve daha pürüzsüz yüzeyler oluşturmasını sağlamıştır. Dizel yakıt ve selülozik tiner de iyi sonuçlar verirken, su karışımları pigmentin homojen dağılmasını sağlamada yetersiz kalmıştır. Benzin ve sentetik tiner, en iyi sonuçları veren çözücüler olarak öne çıkmaktadır.

Geri dönüştürülmüş pigmentlerin kullanımı hem estetik hem de teknik açıdan olumlu sonuçlar vermiştir. Özellikle 1200°C’de yapılan denemelerde, pigmentlerin renk stabilitesi ve dayanıklılığı açısından başarılı olduğu görülmüştür. Bu da yüksek ısı işlem gerektiren seramik üretim süreçlerinde bu atık pigmentlerin kullanılabilmesini göstermektedir.

Atık solvent bazlı kahverengi inkjet boya pigmentlerinin geri dönüştürülmesi, atık yönetimi ve çevresel sürdürülebilirlik açısından büyük bir potansiyel sunmaktadır. Bu, atıkların doğrudan imha edilmesi yerine yeniden kullanılması çevresel kirliliğin azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Ekonomik açıdan, geri dönüştürülmüş pigmentlerin kullanımı, seramik üretim maliyetlerini düşürebilir. Fabrikaların mevcut atıkları değerlendirebilmesi, hammadde maliyetlerinde tasarruf sağlarken, aynı zamanda atık yönetimi maliyetlerini de azaltmaktadır.

Kaynakça

- Altay, B. (2010). *Dijital Baskı Sisteminde Kullanılan Baskıaltı Malzemelerinin Renk Evrenine Etkisinin Tespiti* 2010. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Beşergil B. (2008). *Yakıtlar ve Yağlar*. Ankara: Gazi Kitabevi
- Gençkaya, E. (2011). *Mürekkep Püskürtmeli Baskı Sistemlerinde Solvent Bazlı ve UV Bazlı Mürekkeplerin Tekstil ve Branda Üzerinde Yapılan Baskılarda Görüntü Kalitesine Etkisi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Haskins, M. (2023). What Are Solvent Inks? *Easy Tech Junkie*, 18 Nisan 2023. <https://www.easytechjunkie.com>
- Hayta, P. ve Oktay, M. (2020). Yenilenebilir kaynakların mürekkep üretiminde kullanılabilirliğinin incelenmesi. *Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(2), 805-810.

- Karasu, B., Karabulut, D., Biçer, A., Varol, U. ve Oytaç, Z. (2019). Seramik Sektöründe İnk-Jet Dekorasyon Uygulamaları. *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6(3), 691-711.
- Koçak Özeskici, S., Avcıoğlu, C. ve Nükte, M. (2019). İnkjet Dijital Baskı Teknolojisi ile Deneysel Seramik Karo Tasarımı Uygulaması. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 67-80.
- Küçükkoğlu, E. (2015). *Kahverengi pigmentlerin inkjet mürekkepleri için öğütülmesi ve karakterizasyonu*. Yayımlanmamış Doktora Tezi. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Li, J., Rossignol, F., & Macdonald, J. (2015). Inkjet printing for biosensor fabrication: combining chemistry and technology for advanced manufacturing. *Lab on a Chip*, 15(12), 2538-2558.
- Uğur, E. (2018). İnkjet (Mürekkep Püskürtmeli) Dijital Baskı Teknolojilerin Çalışma Sisteminin Tanımlaması ve Kullanım Alanlarının Kategorizasyonu. *Journal of Social, Humanities and Administrative Sciences*, 75-85.
- Yıldız, Ş. (2009). *Sub-kronik Tiner Bağımlısı Ratlarda Karaciğer ve akciğer Dokularında Bazı Biyokimyasal Parametrelerdeki Değişim ve bunlara α -Lipoik Asitin Etkisinin Araştırılması*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Görsel Kaynakça

Görsel 1-11: Birinci Yazar Arşivi, 2024.