İDİL

SERAMİK KARO ÜRETİMİNDE KULLANILAN MAVİ RENGİ İNJEKT BOYADAN ELDE EDİLEN ATIĞIN 1200 °C'DE MASSE ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN GÖZLEMLENMESİ

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

Leyla KUBAT
Doç., Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, Seramik ve Cam, kubat.leyla@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4751-4055

Yavaş, Cihan., Kubat, Leyla. "Seramik Karo Üretiminde Kullanılan Mavi Rengi İnjekt Boyadan Elde Edilen Atığın 1200 °C'de Masse Üzerindeki Etkilerinin Gözlemlenmesi". idil, 122 (2026/1): s. 72–85. doi: 10.7816/idil-15-122-06

ÖZ

Günümüzde seramik sektörünün, geleneksel baskı modellerine göre dijital baskı teknolojilerinin daha çok tercih edildiği bir alan olduğu bilinmektedir. Dijital baskı teknolojilerinin yükselişinin ardından solvent bazlı inkjet mürekkepler de en çok tercih edilen inkjet boyalar olarak öne çıkmaktadır. Bu boyalar, renk pigmenti ve solvent içermesi nedeniyle hızlı kururken aslında çevreye daha fazla zarar verir. Fakat mürekkeplerin içeriğindeki solvent, seramik üzerinde hızlı şekilde buharlaşıp boyanın kurumasını sağladığı için bu sektörde ağırlıklı olarak kullanılmaktadır. Mavi, kahve, sarı ve siyah gibi temel renklerin küresel çapta karo sektöründe tercih edildiği bilinmektedir. Seramik karo üretiminde kullanılan bu solvent bazlı inkjet boyalar, bidonlarda taşınır ve zamanla dibe çöken boyanın bir kısmı baskı makinesine aktarılamaz ve artık boya olarak bidonun dibinde kalır. Bu artıklar da imha edilmek üzere biriktirilir. Bu araştırmada, imha öncesinde mavi inkjet boya bidonlarının dibinde kalan atıkların geri dönüştürülerek kullanılabilir mavi pigment elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda toplanan atık boya, ince çelik bir tepside ısı işlemine tabi tutulmuş ve ardından spatula yardımıyla kazınarak mavi toz boya pigmentleri elde edilmiştir. Bu pigmentler cam kavanozlarda muhafaza edilmiş ve tane boyutlarının eşitlenmesi için değirmende kuru çevirme işlemi uygulanmıştır. Ardından toz pigmentler 125 mikronluk bir elekten geçirilmiştir. Toz pigmentin uygulanabilirliğini test etmek için, seramik karo sektöründe kullanılan masse granülleri preslenerek 5x10 cm boyutlarında deneme plakaları hazırlanmıştır. Mavi boya pigmentinin etkileşimi gözlemlemek için, belirlenen reçeteler doğrultusunda 5 ml su, sentetik tiner, selülozik tiner, benzin ve dizel yakıt gibi çözücüler ile farklı miktarlarda boya birleştirilerek bu plakalara uygulanmış, ardından 1200 °C'de deneylere tabi tutulmuştur. Sonuçlar, artık mavi boya pigmentinin selülozik tiner ile etkileşiminin, diğer çözücülere kıyasla daha iyi bir renk dağılımı ve daha az topaklanma sağladığını göstermiştir. Solventi uzaklaştırılarak elde edilen mavi boya pigmentinin geri dönüştürülerek kullanılmasının seramik sektörüne yeni bir soluk getirebileceği görülmüştür. Bu yöntemin, atıkların değerlendirilmesi ve çevreye duyarlı üretim açısından önemli bir katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Mavi solvent bazlı inkjet boya, seramik sektörü, geri dönüşüm

Bu makale, yayınlanmamış yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Makale Bilgisi:
Geliş: 06 Aralık 2025 *Düzeltme:26 Ocak 2026* *Kabul: 20 Şubat 2026*

© 2026 idil. Bu makale Creative Commons Attribution (CC BY-NC-ND) 4.0 lisansı ile yayımlanmaktadır.

Giriş

Dijital yazıcılar, seramik üretiminde yaygın olarak kullanılan teknolojilerden biridir. Solvent bazlı inkjet boyalar ise bu yazıcılarda kullanılmakta fakat çevreye yaptığı olumsuz etkiler sebebiyle bir endişe kaynağı oluşturmaktadır. Bu çalışma kapsamında seramik fabrikalarında atık olarak ortaya çıkan solvent bazlı mavi inkjet boya pigmentlerinin geri dönüştürülerek seramik üretiminde tekrar kullanım potansiyelinin araştırılması amaçlanmıştır.

Araştırma kaynağı olarak seramik fabrikalarının atık sahalarında imha edilmeyi bekleyen solvent bazlı mavi inkjet boyalar kullanılmıştır. Boyalar elde edilirken atık boyaya ısı uygulanmış ve yanma işlemi sonunda geriye kalan boya kazınarak mavi toz boya pigmenti elde edilmiştir. Ardından üretilen pigmentler deney kapsamında seramik karo üretimi sırasında kullanılabilecek hammaddeler olarak test edilmiştir.

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 teknoloji ile mürekkep 2 farklı şekilde baskı yüzeyine aktarılır; mürekkebin nozullardan kesintisiz aktığı "sürekli akış-continuous inkjet (CIJ)" ve gerektiği zaman baskı yüzeyine mürekkep damlası gönderen "talebe bağlı mürekkep püskürtme (drop on demand-DOD)" (Özkan, 2017, s 46).

Sürekli baskı sisteminde baskı yüzeyine aktarılmak istenen mürekkep seçilir ve kesintisiz şekilde damla akışı sağlanır. Nozüldeki basınca bağlı olarak mürekkep sürekli püskürtülür (Hutchings ve Martin, 2013, s.27). Bu sistem kendi içerisinde ikiye ayrılır; İkili (binary) Defleksiyon ve Çoklu (multiple) Defleksiyon.

İkili defleksiyon sisteminin işleyişi titreşim vasıtasıyla damla oluşumuna dayanmaktadır. Titreşim sayesinde ortaya çıkan basınç sayesinde mürekkep, püskürtücü başlık (nozül-nozzle) dışına itilir. Damlanın oluşumu matematiksel bir model ile hesaplanır ve frekans da buna göre belirlenir. Basılacak görsele göre elektrik yüklemesi yapılan damlacıklar sonrasında baskı yüzeyine aktarılır (Kipphan, 2001, s.714). Elektrikle yüklenen mürekkep damlaları, direkt olarak baskı malzemesi üzerine püskürtülür. Elektrik yüklenmeyen damlalar, mürekkep haznesine geri gönderilmek üzere toplanır. Bu tip baskı kafaları, her geçişte tek bir satır basarlar (Altay, 2010, s. 15).

Çoklu (multiple) Defleksiyon mürekkep püskürtme sisteminde damlacıklara farklı elektrik yükü yüklenir, elektrik yoğunluklarına göre yansıtıcı plakalar arasından geçen damlalar daha fazla veya daha az olacak şekilde yollarından saparlar. Sonuç olarak, tek bir nozzle ile yaklaşık 10 mm yükseklikteki alana basım yapılabilir (Kipphan, 2001, s. 715).

Talebe göre mürekkep püskürtmeli inkjet teknolojisi (DoD), basım sanayinde en çok kullanılan baskı türüdür. Bu teknolojinin avantajlarının diğer baskı teknolojilerine göre daha fazla olması, mürekkep püskürtmeli yazıcıların sektörde hızlı şekilde kabul görmelerine ve kullanımlarının yaygınlaşmasına neden olmuştur. DoD baskı türü kendi içinde Termal inkjet, Piezoelektrik inkjet ve Elektrostatik inkjet adıyla üçe ayrılmaktadır (Özkan, 2017, s 51).

Termal inkjetlerde mürekkep, sıcaklık yardımıyla baskı kafasından püskürtülür. Püskürtme ucunda bulunan küçük ısıtıcılar, kontrol biriminden gelen elektriksel sinyallerle ısınır ve mürekkep damlacıklarını ısıtır. Bu damlalar genleşir ve püskürtme kafasından püskürerek baskı işlemini gerçekleştirir. Bazı malzemeler üzerine basınç uygulandığında elektrik akımı ortaya çıkarır. Bu malzemelere piezo-elektrik malzemeler denir. Piezoelektrik sisteminde, püskürtme elde etmek için mekanik güçten yararlanılır; piezoelektrik elemanları, elektrik geçişinde şekil değiştirerek mürekkep çıkışına olanak tanır (Gençkaya, 2011, s. 18). Burada Termal İnkjet teknolojisinde olduğu gibi mürekkep ısıtılmaz.

Elektrostatik inkjetlerin (EIJ) çalışma sistemi ise lazer yazıcılara benzemektedir. Baskı malzemesi üzerine elektrostatik yükleme yapılarak baskı işlemi gerçekleştirilir. Bu yazıcılar yüksek üretim hızına sahip olmakla birlikte kâğıdın dışında başka malzemelere de baskı yapabilirler. Büyük ebatlı inkjet yazıcıların sürekli gelişmesiyle birlikte elektrostatik yazıcılar arka planda kalmaktadır (Uyar, 2011, s. 14). Mürekkep püskürtme sistemlerinde inkjet boyalar, DOD ve CIJ baskı teknikleri ile yaklaşık elli yıldır işaretleme ve metin baskılama uygulamalarında tercih edilmektedir. Bu boyalar seramik sektöründe; süblimasyon, UV bazlı, su bazlı ve solvent bazlı olmak üzere dört ana kategoriye ayrılır. Süblimasyon mürekkepler normalde katı bir forma sahipken baskı sırasında süblimleşerek gaz formuna geçtiği bilinmektedir. Bir başka bilgi de bu mürekkeplerin tüm yazıcılarda kullanılamadığı ve kullanımı için de özel süblimasyon baskı makinelerine ihtiyaç olduğu yönündedir. Uv bazlı mürekkepler kuruma aşamasına tabi tutulmaz. Katılaşma reaksiyonları ile dekor baskı zeminine işlenir ve baskısı için özel baskı makinelerine ihtiyaç vardır.

Çözücü sıvısı su olan mürekkepler, su bazlı olarak bilinir ve kuruması için buharlaşması gerekir. Bu boyaların diğer türlere göre daha canlı ve parlak renkler ortaya çıkardığı bilinse de baskısı için çalışma aralığı, nem oranı gibi dikkat edilmesi gereken önemli kriterlere sahiptir. Kuruması uzun sürdüğünden, daha hızlı kuruması için solvent türevleri ile karıştırılır. Ayrıştırıcısı solvent olan mürekkeplere solvent bazlı mürekkepler denir. Diğer mürekkep türlerinden farklılaşan yanı, baskı aşamasının daha kolay olması ve daha hızlı bir şekilde kurumasıdır. Bundan dolayı, karo sektöründe baskı için kullanılan EIJ (elektrostatik mürekkep püskürtmeli) baskı moduna sahip baskı makinelerinde solvent bazlı pigmentler tercih edilmektedir. Solvent bazlı mürekkepler aynı zamanda nem, ısı ve ışık gibi çevresel faktörlere dayanıklıdır. Bu nedenle dış mekân baskılarında daha çok tercih edilmektedir.

Seramik baskı sektöründe de solvent bazlı mürekkeplerin de kullanımı oldukça yaygındır. Bu mürekkeplerin içerisinde yer alan solvent, aşırı uçucu bir maddedir. Aynı zamanda içeriğinde VOC (Volatile Organic Compound) olarak bilinen ve buharlaştığında insan sağlığına zarar veren uçucu organik bileşikler de bulundurmaktadır. Bu özelliği solvent bazlı mürekkeplerin dezavantajları arasındadır (Özdemir ve Oktav, 2023, s. 243). VOC, buharlaştığında atmosfere zarar veren ve insan sağlığını olumsuz yönde ciddi bir şekilde etkileyebilen organik bileşiklerin genel adıdır. Bu bileşikler genellikle oda sıcaklığında hızlıca buharlaşma, yüksek buhar basıncına sahip olma, düşük suda çözünürlük derecesi ve mükemmel derecede yanıcılık gibi ortak özellikler sergilemektedir. Özellikle solvent bazlı mürekkeplerde VOC bileşikleri fazla miktarda bulunmaktadır. Hızlı kuruyan bu mürekkep türünün bu özelliğinin VOC bileşiklerinden geldiği ve bu nedenle de sektörde daha çok tercih edildiği çıkarımı yapılmıştır. Uçucu Organik Bileşikler (VOC'lar), çoğunlukla toksik ve insan sağlığı için tehlikeli olarak kabul edilmektedir. Atmosfere salındıklarında hava kirliliğine ve diğer çevresel sorunlara yol açtığından dolayı VOC emisyonlarını belirli bir sınırın altında tutmak önemlidir. Solvent bazlı mürekkepler ise kururken yüksek oranda VOC salınımı yapmakta, bu durum da onları çevreye duyarlı uygulamalar için ideal materyaller olmaktan uzaklaştırmaktadır. Farkındalık arttıkça, daha az VOC içeren ve daha çevre dostu seçenekler geliştirilmiştir. Bunlardan biri, eko solvent bazlı mürekkeplerdir. Bu mürekkepler, VOC emisyonlarını önemli ölçüde azaltırken, solvent bazlı mürekkeplerle karşılaştırılabilir baskı kalitesi ve performansı sunmaktadır. Diğer bir seçenek ise yarı solvent bazlı mürekkeplerdir. Bu mürekkepler, solvent ve su bazlı mürekkeplerin özelliklerini birleştirirken VOC emisyonlarını azaltarak daha geniş bir renk yelpazesi ve daha iyi bir yapışma sağlamaktadır.

Eko solvent ve yarı solvent mürekkepler, geleneksel solvent mürekkeplere göre daha çevre dostu bir alternatif sunmaktadır. Bu mürekkepler, daha az toksik taşıyıcılar kullanarak daha az gaz emisyonu ve VOC üretimi sağlar. Bununla birlikte, eko solvent ve yarı solvent mürekkepler sadece çevre dostu olmakla kalmaz, aynı zamanda geleneksel solvent mürekkeplere göre daha yüksek renk kalitesi ve canlılığı da sunar. Daha yüksek çözünürlükleri sayesinde keskin ve net baskılar elde etmek mümkündür. Dış mekân baskıları için ideal olan bu mürekkepler, su geçirmezlik ve solmaya karşı direnç gibi önemli avantajlar da sağlamaktadır (Ilmonen ve Kela, 2011, s. 573). Ekolojik mürekkepler, solvent bazlı mürekkeplere nazaran daha yavaş kuruma süresine sahiptir. Bu nedenle kurumayı hızlandırmak için genellikle ısıtıcı kullanımı gerekir. Fakat önemli bir avantajları da vardır: koku seviyeleri ve VOC emisyonları solvent bazlı mürekkeplere kıyasla oldukça düşüktür. Bu özellikler, ekolojik mürekkepleri iç mekanlarda kullanım için ideal hale getirmektedir. Diğer taraftan, solvent bazlı mürekkepler ısıtıcıya ihtiyaç duymadan kuruyabilmektedir. Bu durum, ısıya duyarlı yüzeyler için onları daha uygun bir seçenek haline getirir. Ayrıca, solvent bazlı mürekkepler dış mekân koşullarına karşı ekolojik mürekkeplerden daha dayanıklıdır. Bu nedenle, dış mekân baskılarında hala daha fazla tercih edilmektedir (Haskins, 2023, s. 1).

Geleneksel solvent bazlı mürekkepler, yanıcı ve patlayıcı özellik gösteren etil asetat ve etanol gibi kimyasalları çözücü olarak barındırabilmektedir (Hayta ve Oktav, 2020, s. 807). Dolayısıyla solvent bazlı mürekkepler kullanılırken çok dikkat edilmesi gerekir. Çünkü solvent bazlı mürekkepler içeriğinden dolayı hızlıca tutuşabilir veya çeşitli durumlarda patlayabilir. Tabela üretiminde öne çıkan ve sıklıkla tercih edilen yarı solvent bazlı mürekkepler, geniş bir renk skalasına sahiptir. Diğer mürekkeplere göre daha doygun ve parlak renkler veren bu mürekkepler, baskı malzemesine hemen tutunabilmesinin yanı sıra diğer solvent bazlı mürekkepler gibi hızlı bir şekilde kurumaktadır. Farklı tarafı ise yarı solvent bazlı mürekkeplerin yüksek makine hızına ve hızlı sıcaklık artışına sahip olmasıdır. Genellikle piezoelektrik baskıda bu mürekkepler kullanılmaktadır. Seramik sektöründe dijital baskı teknolojilerinin geleneksel baskı yöntemlerine kıyasla daha fazla tercih edildiği görülmektedir. Bu artan talebin arkasındaki en önemli etkenlerden biri ise solvent bazlı mürekkeplerin kullanımının yaygınlaşmasıdır.

Solvent bazlı mürekkepler, baskı yapılacak malzemeye hızlı bir şekilde yapışarak kurumasını sağlamaktadır. Bu özellik, özellikle seramik gibi hassas malzemeler üzerinde baskı yaparken büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle inkjet boyalar arasında en çok tercih edilen mürekkep türü solvent bazlı

mürekkeplerdir. Ancak geleneksel solvent bazlı mürekkeplerin yüksek VOC (Uçucu Organik Bileşik) salınıma neden olması, çevreye önemli zararlar vermektedir. Bu nedenle, daha çevreci ve daha az toksik madde içeren solvent türevi boya maddeleri geliştirilmeye başlanmıştır. Bazı araştırmalar, bu yeni solvent türevlerinin geleneksel solvent bazlı mürekkeplerden daha iyi sonuçlar verebildiğini göstermiştir. Seramik sektöründe kullanılan inkjet boyaları, genellikle renk pigmenti ve solventten oluşmaktadır. Karo üretiminde evrensel olarak tercih edilen renkler siyah, sarı, kahve ve mavi gibi ana renklerdir. Baskı için kullanılacak boyalar genellikle 5 litrelik plastik bidonlarda muhafaza edilmektedir. İhtiyaç olduğunda üretimde faaliyet gösteren baskı makinesinin boya tanklarına doldurulmak üzere bekletilmektedir. Baskı makineleri her renk özelinde farklı boya tanklarına sahiptir. Baskıda ihtiyaç duyulduğunda solvent bazlı inkjet boyalar bekletildiği bidonlardan boya tanklarına doldurulur. Fakat bidonda beklemesinden kaynaklı olarak bir miktar boya dibe çökmüştür ve bu boya bidonun içerisinde artık olarak kalır. Boşaltılan bidonlar imha edilmek için fabrikanın atık sahasında bekletilir. Bu araştırma kapsamında, fabrikaların atık sahasında bekletilen ve boşaltılan bidonlarda bulunan az miktardaki artık boyaların geri dönüştürülerek seramik sektörüne kazandırılması amaçlanmaktadır.

Solvent Bazlı Mavi İnkjet Boya Atığının Geri Dönüştürülmesi

Seramik karo üretiminde kullanılan solvent bazlı inkjet boyalar bidonlar halinde üretim merkezlerine ulaşmaktadır. Boyalar dijital baskı makinelerine doldurulduktan sonra boş bidonlar imha işlemi için fabrika sahası içinde yer alan atık sahasında toplanmaktadır. Toplama alanına gitmeden önce, yani imha sürecinden önce, mavi inkjet boya bidonun içerisinde kalan az miktardaki boya artığının geri dönüşümünü sağlayarak, mavi pigment elde etmek için boya bidonu alınıp, belirli bir süre ters çevrilerek içerisinde kalan boyanın süzülmesi sağlanır. Süzülerek elde edilen mavi artık boya, ince çelik bir tepsinin içerisine boşaltılarak ısı işlemine tabi tutulur. Resim 1'de (A) görüldüğü gibi solvent tamamen pigmentten uzaklaştırılana kadar ısı işlemi devam ettirilir.

(A) **(B)**

Resim-1: (A) Mavi atık boyanın çelik tepside ısı işlemine tabi tutulması, (B) Isı verilen solvent bazlı dijital boyanın alev alması, (Cihan, Kubat, s.42, 2024)

Bu işlem sırasında dikkat edilmesi gereken noktalar bulunmaktadır. Bunlardan biri, Resim 1'de(B) görülen çelik tepsi içerisindeki mavi inkjet boyanın bünyesinde bulunan solvent maddesinin çok fazla ısı verildiğinde alev almasıdır (Bu işlem toplu yerleşim yerlerinden ve ormanlık alanlardan uzak, açık arazi ortamında özel ekipman kullanılarak yapılmıştır). Yanma işlemi sona erdiğinde geriye kalan boyanın yüzeyinde mavi bir katman oluştuğu, bu katman spatula yardımı ile kazındığında mavi toz pigmentlerinin açığa çıktığı Resim 2'de (A) ve (B) görülmektedir.

(A) **(B)**

Resim-2: (A) Solvent maddesinin boya içerisinden yüksek oranda buharlaşmış görünümü, (B) Solventten uzaklaştırılan pigmentler ve pigmentlerin kazıma işlemi, 2025

Isıl işleme tabi tutulduktan sonra elde edilen mavi toz pigmentleri soğuduktan sonra içerisine farklı maddelerin karışmasını engellemek amacıyla cam kavanozlarda muhafaza edilir**.** Toplanılan toz pigmentleri, tane boyutlarının eşit olması için değirmen içerisinde üç dakika boyunca kuru çevirme işlemine tabi tutulduktan sonra 125 mikron kalınlığında elekten geçirilir.

Resim-3: (A) Pigmentler ve (B) Toz pigmentleri değirmende kuru çevirme işlemi ardından 125 mikron elekten geçirme işlemi, (Cihan, Kubat, s.43, 2024)

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

Resim-4: Pigmentlerin uygulama yapılacağı deneme tabletlerinin granül ölçüm işlemi ve preslenmesi, (Cihan, Kubat, s.44, 2024)

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

Resim-5: Mavi pigment boya tartımı, çözelti tartımı ve karışım işlemi, (Cihan, Kubat, s.45, 2024)

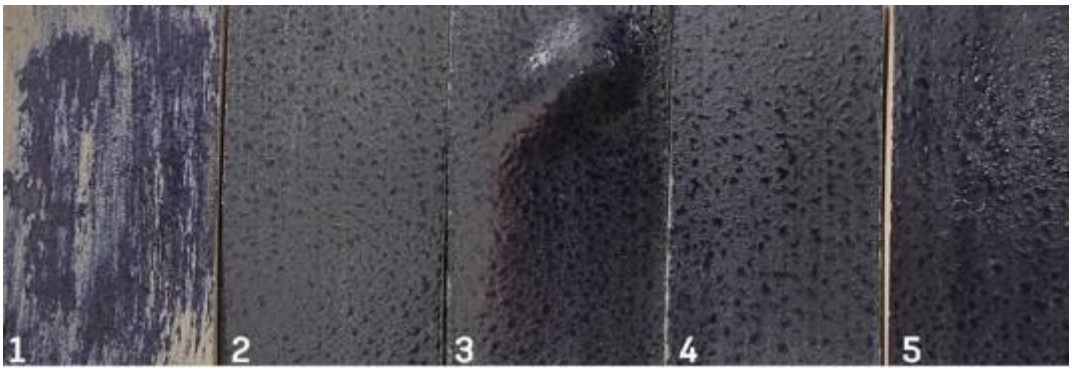
Su, tiner türevleri, benzin ve dizel yakıt çözücü olarak kullanılmış ve ortaya çıkarılan mavi pigmentin çözünmesi sağlanmıştır. Hafif hidrokarbonlardan meydana gelen benzinin yüksek oktanlı türevi özellikle içten yanmalı motorlarda kullanılmaktadır. Bunun yanında bu madde çözücü bir özelliğe de sahiptir. Bu özelliğinden dolayı boya çıkarıcı madde olarak temizlik ve endüstri uygulamalarında tercih edilmektedir. Dizel yakıt ise bu çalışmada faydalanılan bir diğer çözücü maddedir. Benzin kadar güçlü çözücü özellik göstermeyen dizel yakıt, ham petrolden elde edilir. Daha yoğun ve polar özellikler gösterir. Benzine göre organik maddeleri daha az etkili şekilde çözmesinin nedeninin bu olduğu bilinmektedir. Çözücü madde olarak dizel yakıt sık tercih edilen bir madde değildir. Bunun nedeni ise aslında bir yakıt olarak tasarlanmış olmasıdır. Endüstride temizleme veya çözücü işlemlerinde daha çok benzin ya da diğer özel çözücüler tercih edilmektedir. Tiner türleri ise selülozik ve sentetik olarak ikiye ayrılır. Yapısında alkol, keton, ester, glikol eter ve hidrokarbon bulunduran selülozik tiner, çözücü bir karışımdır. Bu özelliği sayesinde nitro-selüloz bazlı boyaların ve verniklerin uygulama aşamalarında viskozitesini indirerek kolaylık sağlamaktadır. Boya tineri, kimyasal yapısı nedeniyle saf bir madde olarak tanımlanamamaktadır. Deneysel çalışmalarda gerçek konsantrasyonunun belirlenmesi oldukça zordur (Yıldız, 2009, s.5). Selülozik tiner, selülozdan üretilen ve selülozik boyalar, vernikler ve yapıştırıcıları temizlemek, çözmek ve inceltmek için kullanılan bir çözücüdür. Yaygın olarak kullanılsa da çevreye olan zararları nedeniyle tercih edilmemektedir. Buna karşın sentetik tiner, daha çevre dostu bir alternatif olarak öne çıkmaktadır.

Elde Edilen Mavi Boyanın Çözücüler ile Karıştırılarak Uygulanması

Buraya kadar değinildiği üzere mavi pigment, çeşitli çözücülerle olan reaksiyonunun incelenmesi amacıyla selülozik tiner, sentetik tiner, benzin, dizel ve su gibi çözücüler ile belli oranlarda karıştırılmıştır. Elde edilen karışım karo üretiminde yararlanılan masseden elde edilen ve 5x10cm ebatlarına sahip ham deneme plakaları üzerine bir fırça vasıtasıyla uygulanmıştır. Uygulama bir pistole yardımı ile yapılmıştır. Uygulama esnasında pistole ucunun zaman zaman tıkandığı ve çözücü maddelerin uçucu özelliğe sahip olmasından dolayı bazı karışımların deneme plakalarına yapışmadığı gözlemlenmiştir. Elde edilen deneme plakaları fabrika ortamında kullanılan endüstriyel fırınlarda fırında 1200 ºC ısıda 56 dakika boyunca pişirilmiş ve sonuçları gözlemlenmiştir.

Tablo:1-2 gr mavi pigment ile çözücülerin karışım oranları

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

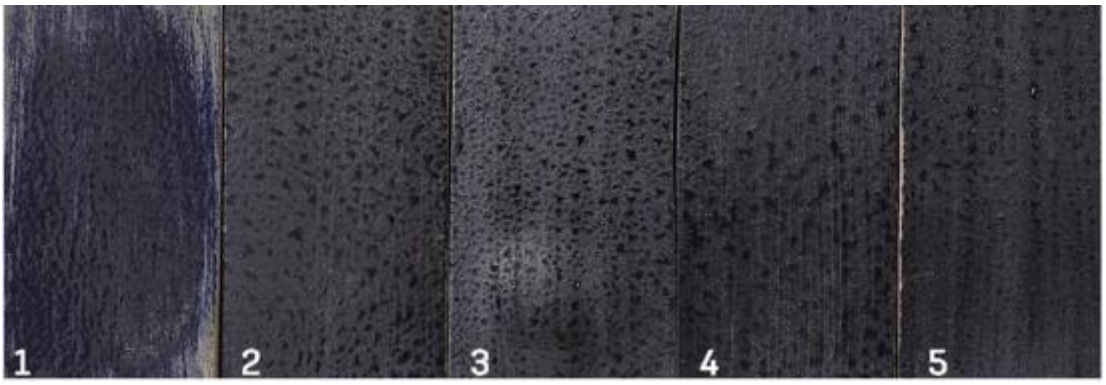


Resim-6: 2 gr mavi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 2gr Mavi Pigment, (2) 5ml Benzin +2gr Mavi Pigment, (3) 5ml Mazot + 2gr Mavi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 2gr Mavi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2gr Mavi Pigment, 2025

Birinci deneme plakasında bulunan boya, Tablo 1'de görüldüğü gibi 2 gr mavi pigment içerisine 5 ml su karıştırılmasıyla hazırlanmıştır. Solventten arındırılan mavi pigment su ile homojen bir şekilde karışmadığından dolayı deneme plakası yüzeyinde pigment katmanların oluştuğu ve pütürlü dokuların varlığı Resim 6'da görülmektedir. İkinci deneme plakasında 2 gr mavi pigment içerisine 5 ml benzin eklenerek karışım elde edilmiştir. Mavi pigmentin benzin içerisinde daha homojen şekilde karışması ve yağlı yapıya sahip olması nedeniyle plaka üzerine daha kolay uygulandığı ve tutunduğu gözlemlenmiştir. Üçüncü deneme plakasında 2 gr mavi 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 deneme plakasında 2 gr mavi 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, mavi pigmentin renk tonunun farklılaştığı görülmüştür. Beşinci deneme plakasında 2 gr mavi 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.

Tablo:2-4 gr mavi pigment ile çözücülerin karışım oranları

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



Resim:7-4 gr mavi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 4gr Mavi Pigment, (2) 5ml Benzin +4gr Mavi Pigment, (3) 5ml Mazot + 4gr Mavi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 4gr Mavi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 4gr Mavi Pigment, 2025

Tablo 2'de verilen oranlar karıştırılarak yeni bir deney aşaması hazırlanmıştır. Birinci deneme plakasında 4 g mavi pigment içerisine 5 ml su ilave edilerek karışım hazırlanmıştır. Solventten uzaklaştırılan mavi pigment su ile homojen bir şekilde karışmadığından deneme plakası yüzeyinde pigment katmanlarından dolayı dokuların oluştuğu ve bunun yanı sıra koyu mavi tonunda renk elde edildiği Resim 7'de görülmektedir.

Mavi 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 mavi tonu elde edilmiştir.

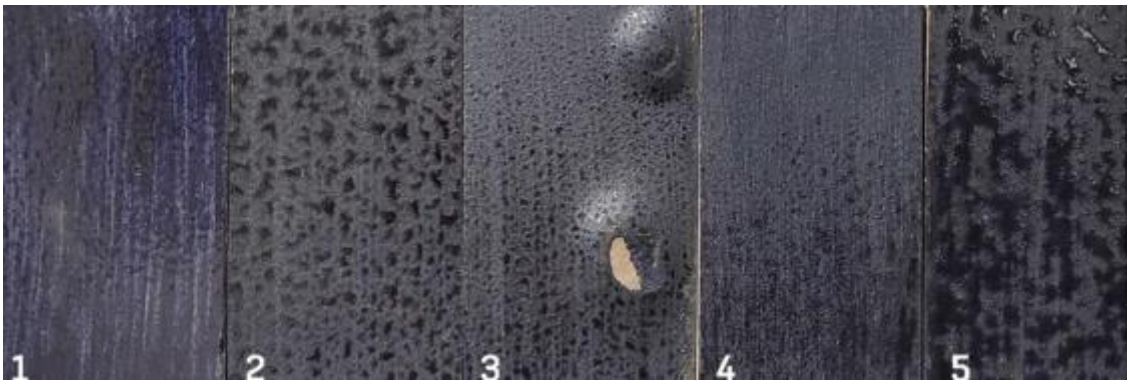
Üçüncü deneme plakasında 4 gr mavi pigment içerisine 5 ml mazot (dizel yakıt) ile karışım hazırlanmıştır. Mazot ile hazırlanan pigment karışımı, benzin ile hazırlanan pigment karışımına yakın özellikler sergilemiş ve benzer renk tonlarında olduğu gözlemlenmiştir.

Dördüncü deneme plakasında 4 gr mavi 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, mavi pigmentin renk tonunun farklılaştığı görülmüştür. Daha mavimsi bir mavi tonu elde edilmiştir.

Beşinci deneme plakasında 4 gr mavi pigment içerisine 5 ml sentetik tiner eklenerek karışım hazırlanmıştır. Sentetik tiner ile pigment karışımı mazot (dizel yakıt) karışımına daha yakın özellikte sonuçlar vermiştir.

Tablo:3-6 gr Mavi pigment ile çözücülerin karışım oranları

	1. Deneme	2. Deneme	3. Deneme	4. Deneme	5. Deneme
Mavi pigment	Su	Benzin Yakıtı	Dizel Yakıtı	Selülozik Tiner	Sentetik Tiner
6 gr	5 ml	5 ml	5 ml	5 ml	5 ml



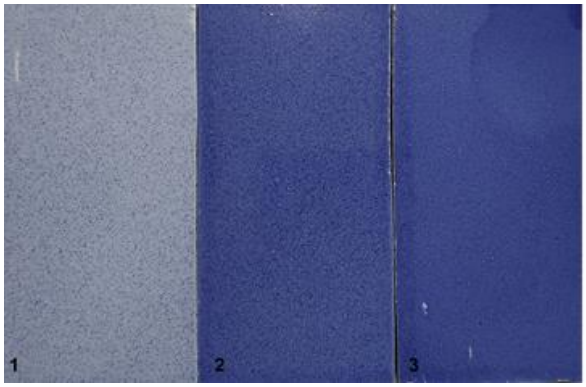
Resim-8: 6 gr mavi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 6gr Mavi Pigment, (2) 5ml Benzin +6gr Mavi Pigment, (3) 5ml Mazot + 6gr Mavi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 6gr Mavi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 6gr Mavi Pigment, 2025

Birinci deneme plakasında, Tablo 3'te de görüldüğü üzere 6 gr mavi 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. Mavi tonunda ve doygun bir görünüm elde edilmiştir. Aynı zamanda deneme plakası yüzeyinde pütürlü dokuların varlığı Resim 8'da görülmektedir.

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

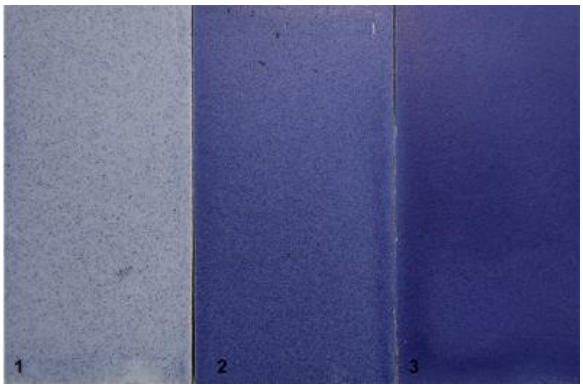
Üçüncü deneme plakasında 6 gr mavi pigment içerisine 5 ml mazot (dizel yakıt) ile karışım hazırlanmıştır. Mazot ile hazırlanan karışımın yüzeyi benzinle hazırlanan karışıma göre daha pürüzsüzdür ve renk tonu daha açıktır. 6 g mavi pigment içerisine 5 ml selülozik tiner/sentetik tiner ile hazırlanan karışımlar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

Pişirilen tabletlerin fabrika koşullarında üretimde kullanılan parlak sır ile elde edilen mavi pigment sonuçları Resim 9'da verilmiştir.



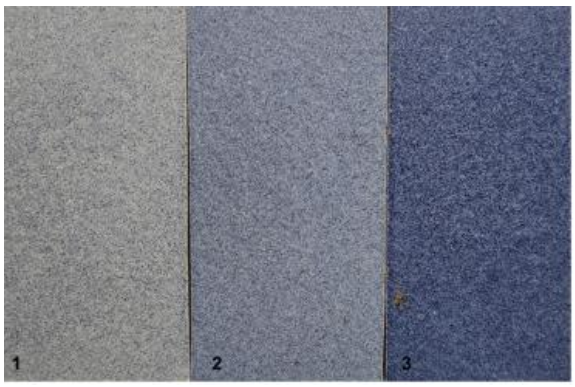
Resim -9: Mavi Pigmentli Plakaların Parlak Sırlı fırın çıkışı görselleri
(1) 1gr Mavi pigment +parlak sır, (2) 3gr Mavi pigment + parlak sır, (3) 5gr Mavi pigment + parlak sır. (Cihan Yavaş Görsel Galerisi), 2024

Pişirilen tabletlerin fabrika koşullarında üretimde kullanılan mat sır ile elde edilen sonuçları Resim 10'da verilmiştir.



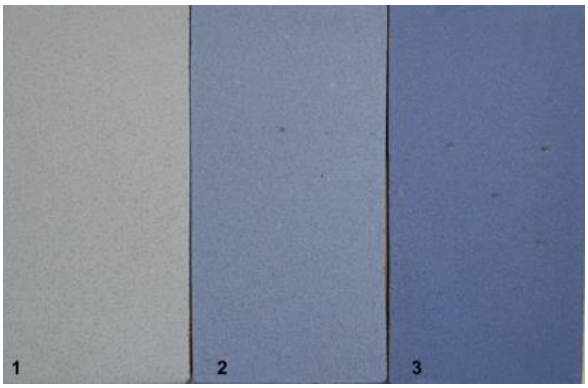
Resim -10: Mavi Pigmentli Plakaların Mat Sırlı fırın çıkışı görselleri
(1) 1gr Mavi pigment +Mat sır, (2) 3gr Mavi pigment + mat sır, (3) 5gr Mavi pigment + mat sır. (Cihan Yavaş Görsel Galerisi), 2024

Pişirilen tabletlerin fabrika koşullarında üretimde kullanılan şugar sır ile elde edilen sonuçları Resim 11'de verilmiştir.



Resim -11: Mavi Pigmentli Plakaların Sugar Sırlı fırın çıkışı görselleri
(1) 1gr Mavi pigment +şugar sır, (2) 3gr Mavi pigment + şugar sır, (3) 5gr Mavi pigment + şugar sır. (Cihan Yavaş Görsel Galerisi), 2024

Fabrika koşullarında üretimde kullanılan engobun üretimde kullanılan plakalara elde edilen mavi pigment karıştırılması ile elde edilen sonuçları Resim 11'de verilmiştir.



Resim -11: Mavi Pigmentli Plakaların Angoblu fırın çıkışı görselleri
(1) 1gr Mavi pigment +engob, (2) 3gr Mavi pigment + engob, (3) 5gr Mavi pigment + engob.
(Cihan Yavaş Görsel Galerisi), 2024

Endüstriyel dijital baskı sistemlerindeki yüksek maliyetli arıza riskleri nedeniyle, pigment denemeleri üretim hattı yerine laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir. Çalışma, stoneware bünyeler üzerinde Raku pişirimi ve 1200 °C elektrikli fırın pişirimi olmak üzere iki alternatif yöntemle sürdürülmüştür. Bu yaklaşım, pigmentlerin farklı atmosfer ve sıcaklıklardaki karakteristik değişimlerini karşılaştırmalı olarak inceleme imkânı sunarak araştırmanın bilimsel ve sanatsal derinliğini tamamlamıştır.

Araştırma sürecinde geliştirilen pigmentlerin endüstriyel ölçekte farklı denemelerin uygulanabilmesi mümkün olmadığından, bu pigmentlerin yüzey performanslarını analiz etmek amacıyla alternatif bir metot olarak raku pişirim tekniği seçilerek uygulanmıştır. Raku tekniğinin sunduğu ani ısı değişimleri ve indirgen atmosfer koşulları, pigmentlerin karakteristik davranışlarını gözlemlemek adına elverişli bir ortam sunmaktadır. Elde edilen deney verilerine dayanarak seçilen stoneware çamurundan üretilmiş vazo formları, her pigmentin en verimli sonuç verdiği çözücü kombinasyonlarıyla hazırlanmıştır. Yaklaşık 900 °C sıcaklığa ulaşılan raku pişirim sürecinde, pigmentlerin çözücü türüne göre sergilediği renk varyasyonlarını ve dokusal etkileri net bir şekilde izleyebilmek adına vazo yüzeylerine yalnızca bor katkılı şeffaf sır akıtma yöntemi ile sırlanmıştır. (Resim 9) Sırlama aşaması ve devamında gerçekleştirilen raku pişirim sürecine ait görseller bulunmaktadır. (Resim 10-11)

Resim-9: Raku pişirimi için mavi pigmentli stonware vazoların sırlama aşaması,
(Cihan, Kubat, s.59-60, 2025)

Resim-10: Raku pişirimi, (Cihan, Kubat, s.62-63, 2025)

Resim-11: Raku pişirimi sonrası mavi renk pigmentin etkieri, (Cihan, Kubat, s.64-67, 2025)

Sonuç

Bu çalışmada; seramik karo üreten fabrikaların atık sahasında imha edilmek üzere bekletilen solvent bazlı mavi inkjet boya, geri dönüşümünün sağlanması amacıyla toplanmıştır. Toplanan boya ince çelik bir tepsi üzerine yayılmış ve ardından ısı işlemine tabi tutulmuştur. Yanma işleminin sonrasında yüzeyde oluşan katman spatula yardımı ile kazınarak mavi toz boya pigmentleri elde edilmiştir. Ortaya çıkarılan mavi boya pigmenti, bozulmaya uğramaması için cam kavanozlarda muhafaza edilmiş, pigmentlerin tane boyutlarının eşit seviyeye gelmesi için değirmen ile üç dakika boyunca kuru çevirme işlemi uygulanmıştır. Ardından 125 mikron kalınlığındaki elekten geçirilerek toz boya elde edilmiştir. Boyanın uygulanması için 5x10 cm boyutlarda ham plakalar hazırlanmıştır. Deney için mavi boya pigmentinin farklı miktarlardaki çözücülerle karıştırıldığı uygulama reçeteleri hazırlanmış ve pigmentin etkileşimi gözlemlenmiştir. Uygulanan deney serisinde 5 ml dizel yakıt, benzin, sentetik tiner, selülozik tiner ve su çözücüleri içerisine her seferinde 2, 4 ve 6 gr mavi boya pigmenti ilave edilerek karışımlar elde edilmiştir. Elde edilen karışımlar 5x10cm boyutundaki ham deneme plakaları üzerine fırça yardımıyla uygulanarak fabrika ortamında bulunan endüstriyel fırında 1200 °C sıcaklığında 56 dakikada pişirilmiş ve sonuçları gözlemlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlara göre; farklı oranlardaki mavi boya pigmentlerinin su ile hazırlanan reçetelerinde yüzeyde daha pürüzlü bir görüntü elde edilmiştir. Farklı oranlarda mavi boya pigmentleri ile elde edilen benzin ve mazot karışımlarında ise tutarlı şekilde daha homojen ve daha pürüzsüz karışımlar elde edildiği görülmüştür. Karışımlara katılan benzin ve mazot oranının artması ile plaklardaki renk daha canlı hale gelmiştir. Sentetik tiner karışımları sulu karışımlara göre daha homojen, dizel ve benzin pigment karışımlarına göre daha pürüzsüz olarak kaydedilmiştir. Aynı zamanda renk tonu da farklılaşmaktadır. Sentetik tiner karışımları ise genel olarak mazot karışımına daha yakın sonuçlar vermiştir. Fabrikanın atık sahasında imha edilmek üzere bekletilen solvent bazlı mavi inkjet boyanın geri dönüşümünü sağlamak amacı ile yapılan farklı reçete denemeleriyle, bu artıkların özel üretimler için değerlendirilebileceği ve sanatsal seramik ürünlerde de kullanımının mümkün olduğu görülmektedir.

Kaynaklar

Altay, Bilge Nazlı "Dijital Baskı Sisteminde Kullanılan Baskıaltı Malzemelerin Renk Evrenine Etkisinin Tespiti". Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Matbaa Bilimleri Anabilim Dalı Matbaa Eğitimi Programı Yükseklisans Tezi, İstanbul, (2010): 15.

Gençkaya, Esra "Mürekkep Püskürtmeli Baskı Sistemlerinde Solvent Bazlı ve UV Bazlı Mürekkeplerin Tekstil ve Branda Üzerine Yapılan Baskılarda Görüntü Kalitesine Etkisi". Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Matbaa Bilimleri Anabilim Dalı Matbaa Eğitimi Programı (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul. (2011): 18.

Haskins, Mary. "What Are Solvent Inks? Easy Tech Junkie", 18 Nisan.2023.: 1. https://www.easytechjunkie.com, (2023).

Hayta, Pelin., ve Oktav, Mehmet., "Yenilenebilir Kaynakların Mürekkep Üretiminde Kullanılabilirliğinin İncelenmesi". Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, (2020). 8(2), 805-810.

Hutchings, Ian.M. ve Martin, Graham.D. "Inkjet Technology for Digital Fabrication". UK: Wiley. (2013): 27.

Ilmonen, Annika. ve Kela, Leena., "Mürekkep Püskürtmeli Mürekkeplerin Çevre Dostu Olması ve Bunu Artırmak İçin Yeni Bir Çözüm". NIP ve Dijital Üretim Konferansı'nda Görüntüleme Bilimi ve Teknolojisi Derneği. Cilt 27, Ocak, (2011): 573-575.

Kipphan, Helmut. "Handbook of Print Media Technologies and Production Methods". German: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, (2001): 714-715.

Özdemir, Lütfi., & Oktav, Mehmet. 15. Bölüm. Sosyal ve Beşerî-İdari (2023): 237-243.

Özkan, Ziya. Yekta. "Seramik Karo Endüstrisinde Dijital Baskı Teknolojisinin Renk, Desen, Tasarımcı Yönünden İncelenmesi ve Örnek Uygulama". Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Turkey. (2017): 41-51.

Uyar, Olgun. "Tonerli Dijital Baskı Sisteminde UCR-GCR ve Toplam Mürekkep Miktarı Parametrelerinin Baskı Altı Kalitesine Etkisinin İncelenmesi". Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Matbaa Eğitimi Anabilim Dalı Matbaa Eğitimi Programı (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul. (2011): 14.

Yavaş, Cihan., Kubat, Leyla., "Seramik Karo Üretiminde Kullanılan Kahverengi İnjekt Boyadan Elde Edilen Pigmentin 1200°C'de Masse Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi", Volume: 9, Issue: 18, June-July / Summer / 2024 Cilt: 9, Sayı: 18, Haziran-Temmuz / Yaz / 2024

Yavaş, Cihan., Kubat, Leyla., "Seramik Karo Sektöründeki Dijital Boya Atıklarının Seramik Yüzeylerde Kullanım Olanaklarının Araştırılması", Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Seramik ve Cam Programı, Bilecik, (2025): 2-69.

Yıldız, Şerife. "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. (2009): 5.

İDİL

OBSERVATION OF THE EFFECTS OF THE WASTE OBTAINED FROM BLUE COLOR INJECT PAINT USED IN CERAMIC TILE PRODUCTION ON THE MASS AT 1200 °C

Cihan YAVAŞ, Leyla KUBAT

ABSTRACT

In the ceramic sector, digital printers are preferred over traditional printing technologies. Solvent-based inks are the most preferred inkjet inks in digital printing machines. Inkjet inks used in the ceramic sector mostly include color pigments and solvents. Conventional solvent-based inks are less environmentally friendly and more harmful, but they dry faster due to the rapid evaporation of gases contained within them. For this reason, they are highly preferred in the ceramic industry. It is widely recognized that primary colors such as blue, brown, yellow, and black are globally utilized in the tile industry. Solvent-based inkjet inks are transferred from their barrels into the digital printing machine before being used in the ceramic tile industry. The residual ink that remained in the barrel and settled to the bottom over time is kept for disposal. The objective of the study is to obtain brown pigment by recycling the small amount of residue left in the brown inkjet paint barrel before the disposal process and. The brown dye collected during the study was subjected to heat treatment on a thin steel tray. Following the combustion process, brown powder paint pigments were obtained from the scraped layer using a spatula. The obtained paint pigments were kept in glass bottles, subjected to dry-rotation process in the mill for three minutes to homogenize the grains, and sieved through a 125-micron mesh sieve. To apply the sieved powder pigment, granular masses used in the ceramic tile industry were compressed into 5x10 cm sizes, and test plates were then obtained. To observe the interaction of the brown dye pigment, various amounts of dye was tested with various solvents such as 5 ml water, synthetic thinner, cellulosic thinner, gasoline, and diesel fuel at 1200°C, following the specified recipes. The interaction of the residual brown dye pigment with cellulosic thinner was observed to be more suitable compared to other solvents, resulting in less color distribution and agglomeration. It was concluded that the brown dye pigment obtained after solvent removal can be recycled and used.

Keywords: Blue solvent-based inkjet paint, ceramic industry, recycling