



Derleme Makale- Review Article

Tekstil Endüstrisinde Kullanılan İnkjet Baskı Mürekkepleri

Inkjet Printing Inks Used in Textile Industry

Gökhan Erkan^{1*}, Dilara Sevindik²

Geliş / Received: 20/07/2022

Revize / Revised: 31/03/2023

Kabul / Accepted: 03/04/2023

ÖZ

Geleneksel baskının uzun üretim prosesleri, yüksek enerji ve su kullanımı, geniş depolama alanı gerektirmesi, çevre kirliliği gibi olumsuz etkileri sebebiyle son yıllarda dijital baskı ön plana çıkmaktadır. Bununla birlikte dijital baskı proseslerinde geliştirilmesi gereken teknik kısıtlamalar da bulunmaktadır. Kumaş türü, kullanılan mürekkebin formülasyonu, ön işlemler ve ard işlemler gibi faktörler baskının son halinde renk farklılıklarına sebep olarak sorun teşkil edebilmektedir. Özellikle baskı kalitesi ve püskürtme özelliklerini doğrudan etkilemesi nedeni ile dijital baskı mürekkepleri dijital baskının en önemli bileşenlerinden biridir. Mürekkeplerin sahip olması gereken bazı özellikler bulunmaktadır ve bu özellikler tıkanmayı önleyebilmek için baskı kafasının çalışma prensibine uygun olmalıdır. Baskı mürekkeplerinde bulunması gereken temel özellikler; saflık, parçacık boyutu, viskozite, yüzey gerilimi, stabilite, iletkenlik, pH, renk haslıkları olarak kısaca özetlenebilir. Bu çalışmada, baskı mürekkeplerinin genel özellikleri, formülasyonları, çeşitli ön işlemler ve kullanılan renklendiricilere göre karşılaşılan teknik kısıtlamalar anlatılmaktadır.

Anahtar Kelimeler- *Dijital Baskı Mürekkepleri, Mürekkep Formülasyonu, Ön İşlem, Viskozite*

ABSTRACT

Digital printing has become to the prominent in recent years due to the negative effects of traditional printing, such as long production processes, usage of high energy and water, large storage space, and environmental pollution. However, there are also technical limitations that need to be developed in digital printing processes. Changes such as the type of fabric, the formulation of the ink used, pre-treatments and post-treatments can cause color differences in the final print and other problems. Digital printing inks are one of the most important components of digital printing, especially since they directly affect the printing quality and jetting properties. There are some features that inks must have, and these features should be in accordance with the working principle of the printhead in order to prevent clogging. The basic properties that should be found in ink jet printing inks are: purity, particle size, viscosity, surface tension, stability, conductivity, pH, color fastness. In this study, the general properties of printing inks, their formulations, various pre-treatments, and technical limitations according to the colorants used are explained.

Keywords- *Digital Printing Inks, Ink Formulation, Pre-Treatment, Viscosity*

^{1*}Sorumlu yazar iletişim: gokhan.erkhan@deu.edu.tr (<https://orcid.org/0000-0002-2239-9556>)

Tekstil Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Tınaztepe yerleşkesi Buca, İzmir, Türkiye

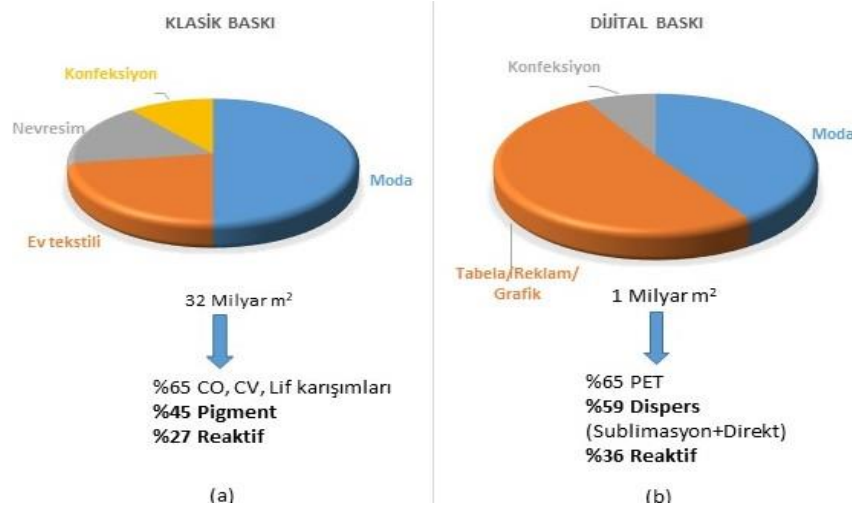
²İletişim: dilarademirtas26@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0001-8708-1939>)

Tekstil Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Tınaztepe yerleşkesi Buca, İzmir, Türkiye

I.GİRİŞ

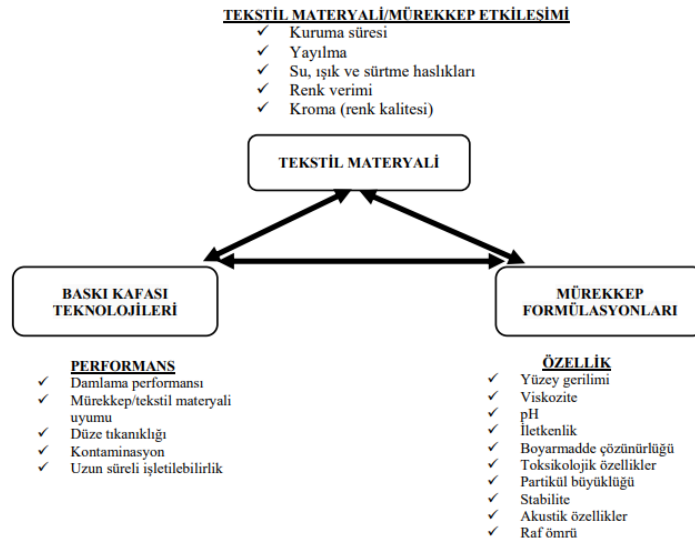
Geleneksel tekstil baskıcılığında seri üretim için rotasyon baskı kullanılmaktadır. Ancak geleneksel baskının uzun üretim süreci, işçilik maliyetinin yüksek olması, geniş depolama alanı gerektirmesi ve çevre kirliliği gibi bazı negatif yönleri bulunmaktadır. Tüm bu nedenler, son yıllarda dijital baskının popüleritesinin artmasını sağlamıştır [1].

İnk jet baskı, pazar payı göz önüne alındığında baskı teknolojileri içinde en hızlı büyüyen teknoloji olduğu düşünülmektedir. Geleneksel baskıda en çok pamuk, viskon ve karışımları ile pigment ve reaktif boyarmaddeler kullanılarak çalışılmaktadır. Dijital baskı ise en çok PET kumaşlara uygulanmıştır ve baskı işlemlerinde dispers ve reaktif boyarmaddeler yaygın olarak kullanılmıştır. Şekil 1'de geleneksel baskı ve ink jet baskının karşılaştırması verilmiştir [2].



Şekil 1. Geleneksel (a) ve ink jet (b) baskının karşılaştırılması [2]

İnk jet baskı teknolojisinin ana bileşenleri; baskı kafası, yazılım ve mürekkep olan temassız bir baskı tekniğidir [2,3]. İnk jet baskıda pigment ve boyarmaddeler klasik baskıda olduğu gibi yüksek viskoziteli patlar ile kullanılmamaktadırlar. Bu durumun sebepleri; baskı kafalarının fiziksel yapılarının bu patlara uygun olmaması ve ink jet baskıda mürekkep püskürtüldüğü için düşük viskoziteli sıvıların kullanılmasıdır [4, 5]. Şekil 2'de mürekkep formülasyonu, baskı kafası teknolojileri ve tekstil materyali arasındaki uyumun inkjet baskı performansına etkileri görülmektedir [2, 6].



Şekil 2. Mürekkep formülasyonu, baskı kafası teknolojileri ve tekstil materyalinin inkjet baskıya etkileri [2, 6]

İnkjet baskıda kullanılan mürekkeplerin ana üreticileri Acroma, Dupont, Kornit, Mimaki, Fuji Imaging Colorants, EFI Reggiani, MS Italy ve Sensient'tır, ancak bunlar dışında da birçok küçük çaplı ink-jet baskı mürekkebi üreticisi vardır. Bazı üreticiler son zamanlarda, UV gel 460 (Canon), Artistri (Dupont), Artistri® Xite

P2700 (DuPont) ve Ultrachrome Dg (Epson) mürekkepleri gibi baskı mürekkeplerini piyasaya sunmuşlardır[7, 8]. SETAŞ kimya gibi yerli üreticiler de bulunmaktadır.

Sadece Amerika Birleşik Devletleri'nde 20.000 bin adet inkjet baskı makinesi kullanılmaktadır ve bu makinelerin mürekkep tüketimi yılda 200.000 litreye ulaşmıştır [9, 10].

II. INKJET BASKI MÜREKKEPLERİ

Dijital baskıda kullanılan mürekkepler damlacık oluşumuna uygun olmalı, yüksek renk verimi elde edilebilmeli ve kontürleri net desenler oluşturabilmelidir. Mürekkeplerin, baskı makinesinin gereksinimlerini karşılayabilmesi için doğru reolojide (yüzey gerilimi, viskozite, yoğunluk) olmaları çok önemlidir. Reolojik özellikler desene göre püskürtme yapılan kesikli inkjet baskıda (DOD) ve kesiksiz inkjet (CIJ) baskıda farklı olabilmektedir. Örneğin CIJ baskı sistemlerinde mürekkeplerin yüksek iletkenliğe sahip olması gerekirken DOD sistemlerde düşük iletkenlikte mürekkepler kullanılmaktadır.İnkjet baskı mürekkeplerinde bulunması gereken özellikler aşağıda kısaca özetlenmiştir [3, 4, 5, 11, 12]:

- Yüzey gerilimi ve viskozitenin damla özelliklerini sağlayacak özellikte olması,
- Kimyasal olarak stabil olması ve kullanılan baskı kafası ile uyumlu olması,
- Reolojisinin kullanılacağı baskı kafasına uygun olması,
- Mürekkep içindeki boyarmaddenin basılacağı tekstil materyaline karşı afinitesinin olması,
- Çalışma sırasında mürekkebin düzgün damla büyüklüğünde, düzgün akış ile verilmesi,
- Hızlı ıslatma ve kuruma özelliği,
- Baskı kafalarının tıkanmasına neden olacak hava partikülleri içermemesi,
- Sıcaklığın mürekkep üzerinde etkisinin düşük olması,
- pH 7-10 olması,
- Uzun raf ömrü beklenmektedir.

İnk jet baskı mürekkepleri, renklendirici (bm/pigment), zemin ve yardımcı kimyasal maddelerden oluşmaktadır. Zemin görevinde su, çözücü, yağ, faz değiştirici sıvı veya UV kürlendirilmiş sıvı kullanılabilir. Ancak, tekstil baskıcılığında kullanılan mürekkeplerin neredeyse tamamı su bazlıdır ve bunun sebebi kullanılan baskı kafalarına uyumun sağlanabilmesidir. Tablo 1'de su bazlı bir mürekkebin genel formülasyonu görülmektedir [13, 14, 15].

Tablo 1. Su bazlı dijital baskı mürekkeplerinin formülasyonu [13, 14, 15]

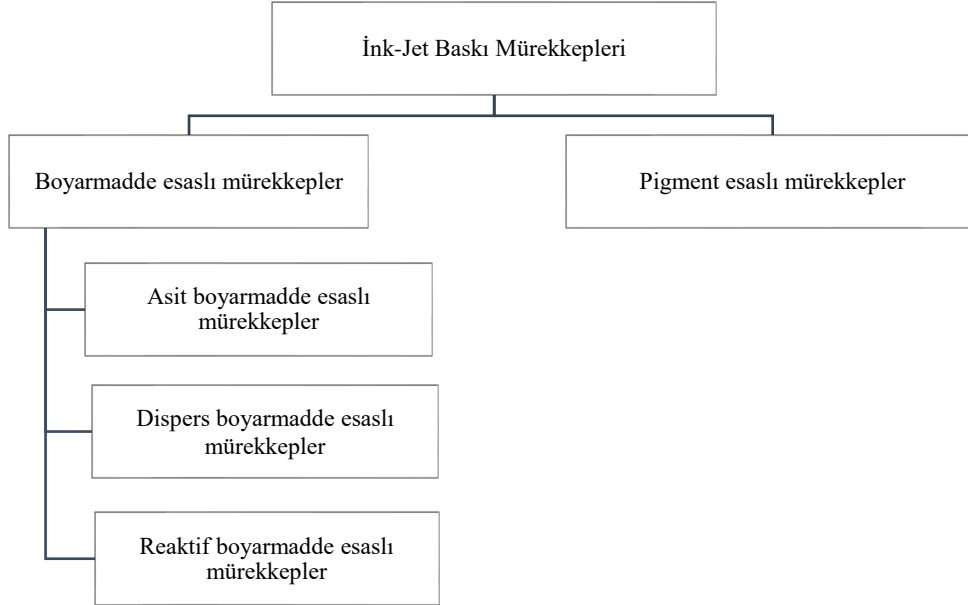
Bileşen	İşlevi	Konsantrasyon (%)
Deiyonize su	Sulu taşıyıcı	60-90
Suda çözünen çözücü	Viskozitenin ayarlanabilmesi, nemlendirici	5-30
Renklendirici (bm/pigment)	Kromofor	1-10
Yüzeyaktif madde	Islatıcı	0,1-10
Antibakteriyel madde	Bakteri/mantar oluşumunu engelleme	0,05-1
Tampon madde	Mürekkebin ph ayarı	0,1-0,5
Yardımcı kimyasal maddeler	Çapraz bağlayıcı, köpük önleyici	>1

Su bazlı baskı mürekkeplerinin kullanımı, uçucu organik bileşiklerin (VOC) emisyonunu azaltması ile daha az çevre kirliliği oluşturması, kullanılan çözücü miktarının daha az olması, baskı tertibatından kolaylıkla uzaklaştırılabilmesi ve ucuz olması sebebi ile önerilmektedir. Bu mürekkepler daha az çözücü içerdiğinden yangın riski azdır ve baskı tertibatından yıkanarak temizlenmesi oldukça kolaydır. Su bazlı baskı mürekkepleri termal ve piezoelektrik inkjet baskılar için geliştirilmiştir. Ayrıca daha az baloncuk oluşturmaları ve reolojileri sayesinde baskı kafalarını daha az tıkamaları gibi üstün özelliklere sahiptirler [15].

İnk jet baskıda kullanılan mürekkep ve tekstil materyali arasındaki etkileşim debaskı kalitesi açısından göz önünde bulundurulması gereken önemli faktörlerdendir. Mürekkep ve tekstil materyali arasında, mürekkep ve materyalin kimyasal yapısına bağlı olarak elektrostatik ve iyonik bağlar, kovalent bağ, hidrojen bağları, Van der Waals etkileşimleri ve dipol-dipol bağları gibi farklı etkileşimler oluşabilmektedir. Bu sebeplerle dijital baskıda kaliteyi arttırabilmek için tekstil materyali ve mürekkep uyumuna çok dikkat edilmelidir [11].Asit boyarmaddeler

ile naylon arasında iyonik bağ, reaktif boyarmaddelerle pamuk arasında kovalent bağ ve dispers boyarmaddeler ile polyester arasında van der waals etkileşimi meydana geldiği bilinmektedir [16].

İnk-jet mürekkepler kullanılan renklendiriciye göre ikiye ayrılmaktadır. Bunlar; boyarmadde esaslı olan mürekkepler ve pigment esaslı olan mürekkeplerdir [3]. İnk-jet baskı mürekkeplerinin kullanılan renklendiriciye göre sınıflandırılması Şekil 3'te görülmektedir [1].



Şekil 3. İnk-jet baskı mürekkepleri [1]

A. Boyarmadde İçeren Baskı Mürekkepleri

Renklendirici, baskı kafası teknolojisi, baskı makinesinin çalışma prensibi (DOD, CIJ) gibi çeşitli faktörler su bazlı baskı mürekkeplerin formülasyonundaki farklılıkların başlıca nedenleridir. Renklendirici bir boyarmadde molekülü (veya çeşitli moleküllerin kombinasyonu) ise, çözünürlük limitinin çok altında bir konsantrasyonda mevcut olmalıdır, aksi takdirde depolama sırasındaki küçük değişiklikler çökelmeye neden olabilir. Boyarmaddelerin optik özellikleri genellikle pH'daki hafif değişikliklerden ve su bazlı mürekkeplerde elektrolitlerden, polariteden ve yüzey aktif maddelerden etkilenir. Mürekkeplerde yüksek stabilite için renklendirici oranı toplam mürekkep ağırlığının %4'ünden az olmalıdır [15].

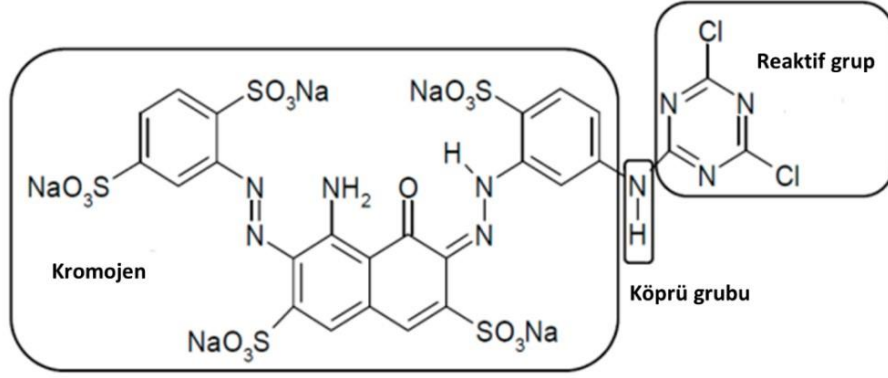
Jet baskı işlemlerinde kullanılan genel mürekkep formülasyonu [5]:

- Boyarmadde
- Uygun çözücü
- Kıvamlaştırıcı
- Antibakteriyel madde
- pH tamponu
- Antioksidan madde
- Yüzeyaktif madde

Boyarmadde içeren baskı mürekkepleri; reaktif, asit ve dispers baskı mürekkepleri olarak üçe ayrılmaktadır [6].

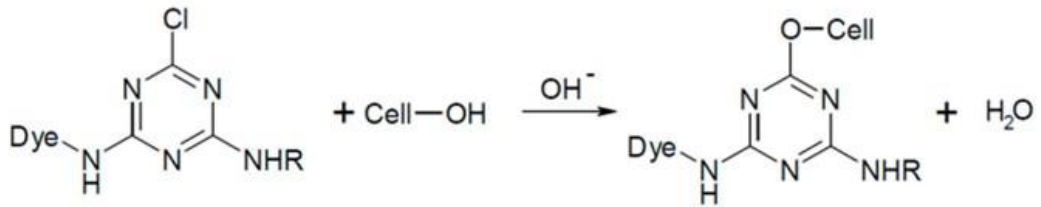
1) Reaktif boyarmadde esaslı mürekkepler:

Reaktif boyarmaddeler, 1956'da ICI firması tarafından ilk defa piyasaya sunulmuştur. Parlak renk tonları yüksek yıkama ve ışık haslıkları sebebi ile günümüzde selülozik liflerin baskısında en çok kullanılan boyarmadde sınıfıdır. Bu boyarmaddeler selülozik liflerin yanısıra yün, poliamid ve ipek kumaşların baskısında da kullanılabilir [6, 16]. Reaktif boyarmaddeler kromojen, köprü grubu ve reaktif gruptan oluşmaktadır. Bu boyarmaddeler selüloz liflerinin hidroksil grupları ile kovalent bağ oluştururlar, bu özellikleri yaş haslıklarının yüksek olmasına neden olmaktadır [17]. Reaktif boyarmaddelerin yapısına örnek olarak C.I. Reactive blue 109 Şekil 4'te gösterilmektedir [17, 18].



Şekil 4. C. I. Reactive Blue 109 moleküler formülü [17, 18]

Reaktif boyarmaddeler, alkali koşullar altında liflerle kararlı kovalent bağ oluşturular. Reaktif grup ile bağ olusturabilecek fonksiyonel grup; selüloz lifleri için hidroksil; yün ve ipek için amino, karboksil, hidroksil ve tiyoalkol; poliamidler için ise amino ve karboksil gruplarıdır [6, 14, 16]. Reaktif boyarmaddenin selüloz ile reaksiyonu Şekil 5'te verilmiştir [17, 19].



Şekil 5. Reaktif boyarmaddelerin selüloz ile reaksiyonu [17, 19]

Reaktif boyarmaddelerin farklı sınıfları vardır ve bu sınıfların hepsi baskıda kullanılamamaktadır. Bu durum boyarmaddelerin reaktivite ve substantivite özelliklerinden kaynaklanmaktadır [16].

Reaktivite: Reaktif boyarmaddelerin reaktif gruplarına göre sınıflandırılması Tablo 2'de verilmiştir [16, 20]. Diklorotriazin reaktivitesi en yüksek reaktif gruptur ve depolama kararlılıkları çok düşük olduğu için mürekkeplerde ve baskı patlarında kullanılamamaktadırlar. Monoklorotriazin boyarmaddeler ise reaktivliği en düşük boyarmaddelerdir ve ink-jet baskı mürekkeplerinde yaygın olarak kullanılmaktadırlar [16].

Substantivite: Dijital baskı için kullanılan boyarmaddelerin düşük substantiviteye sahip olması gerekmektedir. Boyarmaddelerin düşük substantiviteye sahip olması, boyarmadde moleküllerinin üzerindeki hacimli yan grupların artırılarak boyarmadde moleküllerinin lif üzerindeki boyama bölgelerine yaklaşmasının sterik olarak engellenmesi ile sağlanabilmektedir [2, 16].

Tablo 2. Reaktif boyarmaddelerdeki önemli reaktif gruplar ve reaktivlikleri [20]

Reaktif grup	Reaktivlik
Diklorotriazin	Yüksek
Diklorokinoksalin	Düşük
Monoflorotriazin	Orta
Vinil sülfon	Orta
Monoklorotriazin	Düşük
Diklorokinoksalin	Düşük
Triklorprimidin	Düşük

Konvansiyonel baskıda kullanılan ticari sıvı reaktif boyarmaddeler yüksek oranda tuz içerdiğinden baskı kafalarında korozyona neden olmaktadır. Bu sebeple bu boyarmaddelerin ink jet baskıda kullanımı uygun

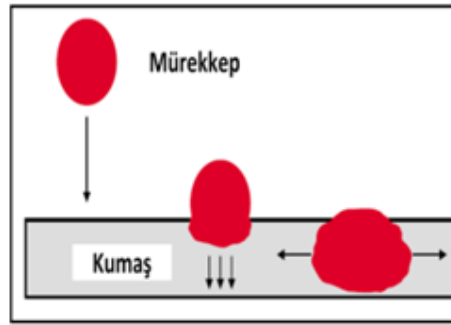
olmamaktadır. Reaktif boyarmadde esaslı mürekkeplerde, tuz miktarı oldukça düşürülmesine rağmen problem devam etmektedir. Dietilen glikol, propilen glikol ve dietilen glikol monobutil eter gibi kimyasal maddelerin mürekkeplerde kullanımı ile baskı kafalarında kuruma probleminin önüne geçilebilmektedir. Bu yapılan iyileştirme çalışmaları, günümüzdeki dijital baskı maliyetlerinin ve dijital baskı mürekkeplerinin fiyatlarının neden pahalı olduğunu açıklamaktadır [6].

Dijital baskı mürekkepleri düşük viskoziteye sahip olup, baskı kafalarından kolayca akıp geçebilecek şekilde tasarlanmıştır. Şablon baskı patları 5000 mPas civarı viskoziteye sahipken, ink jet baskı patları 3-15 mPas viskozite değerleri arasındadır. Düşük viskozite, mürekkep tekstil materyaline ulaştığında problem oluşturmaktadır. Bu nedenle, tekstil materyallerine sıvı adsorpsiyonunu ve yüzey alanını artırıcı partiküle sahip ürünler içeren ön işlem patı emdirme yöntemi ile aktarılır ve kurutularak baskıya hazırlanmaktadır. Sonrasında sadece boyarmaddeyi içeren mürekkep ile baskı yapılır. Uygulanan ön işlem patı emiciliği artırarak dağılmayı önlemektedir. Aynı zamanda mürekkebin reolojisi ve stabilitesi de bozulmamaktadır [2, 5, 14, 21]. Kullanılan tekstil materyali ve mürekkebe göre ön işlem gerekliliği Tablo 3’de ve ön işlem uygulanmayan kumaşlarda yıldız damla oluşumu Şekil 6’da görülmektedir. [2, 5, 23].

Tablo 3. Liflere ve mürekkeplere göre ön işlem gerekliliği [2, 5]

İnk jet mürekkep	Uygulanan kumaşlar	Ön işlemler
Reaktif	Selüloz esaslı lifler ve karışımları	Yapılmalı
Asit	Doğal lifler (yün, İpek vb.) ve poliamid gibi sentetik lifler	Yapılmalı
Dispers	PET, asetat lifleri	Gerekli görüldüğünde
Pigment	Tüm tekstil liflerine uygulanabilir	Seyrek

Tekstil materyaline, inkjet baskısı öncesi kumaşa uygun ön işlem yapılmasının gerekli olduğu bilinmektedir. Ön işlemin amacı, nozüllerin tıkanması nedeni ile mürekkep formülasyonuna eklenemeyen, istenen baskı kalitesini elde etmek için önemli olan çeşitli yardımcı maddeleri kumaşa uygulayarak baskının dağılmasını önlemektir[8, 22].



Şekil 6. Ön işlemsiz kumaşta yıldız damla oluşumu [23]

Kıvamlaştırıcı, alkali ve üre gibi yardımcı kimyasal maddelerin mürekkep içine eklenmesi yerine ön işlem olarak uygulanmasının nedenleri aşağıda özetlenmiştir [5, 16]:

- Tüm bileşenleri içeren mürekkepler daha az stabildir ve depolama dayanımları düşük olmaktadır. Örneğin reaktif boyarmadde kullanılan mürekkep içinde alkali bulunuyorsa hidrolize uğrama olasılığı daha yüksektir bu durum depolama dayanımının düşük olmasına neden olmaktadır.
- Mürekkep içerisindeki yardımcı kimyasallar baskı kafalarının uç kısımlarında korozyona neden olmaktadır.
- Mürekkep içerisindeki kıvamlaştırıcılar istenilen reolojik özellikleri sağlayamamaktadır.
- Sıvı haldeki mürekkeplerin yüksek miktarlarda tuz içermesi boyarmaddenin çözünürlüğünü düşürmektedir.

Ön işlem çözeltilisinde alkali, üre, anti redüksiyon maddesi, kıvamlaştırıcı gibi yardımcı kimyasal maddeler bulunmaktadır [24]. Monoklorotriazin reaktif boyarmaddeler için kullanılan ön işlem patı Tablo 4’te verilmiştir[16].

Tablo 4. Pamuklu kumaşlara uygulanan ön işlem patı [16]

Konsantrasyon	Kimyasal madde
100 g/L	Sodyum alginat (kıvamlaştırıcı)
100 g/L	Üre
20-30 g/L	Sodyum karbonat

Kıvamlaştırıcılar: İstenilen reolojik özelliklerin sağlanması için kullanılan, yüksek moleküler ağırlıklı polimerlerdir. Kıvamlaştırıcının baskı patında kullanılmasının nedenleri aşağıda özetlenmiştir [2, 5, 25]:

- Kontür netliği sağlaması,
- Nem tutucu özelliği ile fiksaj sırasında kimyasalların çözünerek liflerin içine girmesini sağlamak,
- Mürekkebin reolojisini düzenlenmesidir.
- İyi bir kıvamlaştırıcının sahip olması gereken özellikler aşağıdaki şekildedir [25]:
- Baskı patına istenilen miktarda elastikiyet, yapışkanlık ve viskozite kazandırılabilmesi,
- Kumaşa göre boyarmaddeye afinitesinin düşük olması ile kumaşa daha fazla boyarmadde geçebilmesi,
- Absorblama özelliği ile boyarmaddenin kumaş yüzeyinde tutunmasını sağlaması ve fiksaj sonrasında boyarmaddenin life difüzyonunu sağlayabilmesi,
- Şişme özelliği yüksek kıvamlaştırıcı kullanımı ile mürekkebin birarada tutulabilmesi,
- Depolama sırasında bakteri oluşturmaması,
- Kurutma sonrası patın kırılğan bir tabaka oluşturmamış olması ve çökmemesi,
- Kumaşın baskı işlemi sonrası tutumunun iyi olması için fiksaj sonrası, kıvamlaştırıcının kolayca yıkanarak uzaklaştırılabilmesi,
- Kıvamlaştırıcının pat içindeki kimyasallarla uyumlu olması ve diğer kimyasallar ile reaksiyona girmemesi,
- Ucuz olmasıdır.

Kıvamlaştırıcı olarak alginat, karboksi metil selüloz, karboksi metil nişasta, ksantan gum kullanılabilir. Kıvamlaştırıcı uygulanması ile baskıda kontür netliği gelişmektedir. Son yıllarda özellikle dispers ve pigment bazlı mürekkeplerdeki gelişmeler ile ön işlem uygulanmadan da dijital baskı yapılmaya başlanmıştır[2, 5].

Alkali:Reaktif boyarmaddelerde, alkali koşullarda selüloz lifi ve boyarmadde arasında kovalent bağ oluştuğu için kullanılmaktadır. Reaktif boyarmaddelerin yapılarındaki reaktif gruplara göre pH'ın ayarlanabilmesi için farklı kimyasal yapılarda ve miktarlarda alkali kimyasallar kullanılmaktadır. Boyarmaddenin hidroliz olma riskini azalttığı ve baskı patında stabilite sağladığı için konvansiyonel baskıda ve dijital baskının ön işlem patında alkali olarak sodyum bikarbonatın kullanımı önerilmektedir.Fakat işletmelerde sodyum karbonat kullanımı yüksek renk verimliliği ve uygun fiyatlı olması nedeni ile daha çok tercih edilmektedir[2, 5, 6, 21].

Üre:Nem çeken yapısıyla farklı fikse koşullarını optimize ederek boyarmaddenin çözünürlüğünü arttırmakta ve agregatları parçalamaktadır. Ayrıca lifi şişirerek boyarmaddenin lifdifüzyonunuarttırmaktadır. Üre miktarının olması gerekenden çok yüksek olması nem alımını artırarak reaktif boyarmaddenin hidrolize olmasına ve renk verimliliğinin azalmasına neden olabilmektedir [25, 26].

Ürenin atık sularda yüksek seviyede azot açığa çıkarması gibi çevreye zararlı etkileri olmasına rağmen yine de yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle, baskı patı içinde ürenin kullanılmaması ya da azaltılması yönünde çevresel yaptırımlar söz konusudur ve bu konuda çeşitli çalışmalar yapılmaktadır [6, 27].

Anti redüksiyon maddesi: Reaktif boyarmaddelerin indirgen etkilere yatkınlığından dolayı kullanılmaktadır. Ön işlem baskı patında renk verimliliğinin azalmasını önlemek ve reaktif boyarmaddeyi indirgenme tehlikesinden korumak için yükseltgen madde meta nitrobenzen sülfonat kullanılmaktadır[2, 6].

Literatürde reaktif boyarmadde esaslı dijital ink jet baskı mürekkepleri ile ilgili yapılan bazı çalışmalar şunlardır:

Hou vd. (2019), istenilen fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip mürekkeplerin elde edilmesi, kumaşa beklenen görüntü kalitesi ve renk performansı kazandırılması için farklı kaynama noktalarına sahip, suda çözünür alkoller reaktif boyarmadde esaslı mürekkebe eklemiştir. Bu işlem için seçilen alkoller; dietilen glikol, trietilen glikol, 1,2-propandiol, 1,3-bütandiol, gliserol, heksilen glikol ve izopropil alkoldür. Çalışmada, farklı kaynama noktalarına sahip alkollerin mürekkebin reolojik özellikleri, kuruma davranışı ve depolama stabilitesi üzerindeki etkileri kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır. Ayrıca, renk değerleri, fikse oranı, mürekkep penetrasyonu ve kontür

netliği dahil olmak üzere baskı görüntüsünün performansı değerlendirilmiştir. Sonuçlar, gliserol, dietilen glikol ve trietilen glikol içeren mürekkeplerin daha düşük buharlaşma oranlarına sahip olduğunu ancak bu mürekkeplerin depolama stabilitesi ve boya fiksasyon değerinin düşeceğini göstermiştir. Orta kaynama noktasına sahip 1,2-propandiol içeren mürekkep, reaktif mürekkebin çeşitli özelliklerini etkili bir şekilde karşılayabilir ve pamuklu kumaşlar üzerindeki fiksaj oranını ve baskı kalitesini iyileştirebilir. Sonuçlar, mürekkebin viskozitesinin ve mürekkebin kuruma kabiliyetinin, formülasyona göre alkol tipi değiştirilerek değişebileceğini göstermiştir [28].

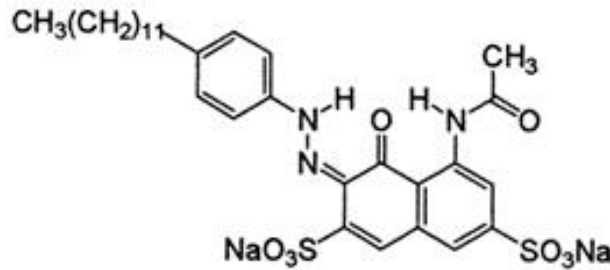
Ma vd. (2017), reaktif mürekkepleri kullanarak inkjet baskıların renk verimini kolay bir şekilde artırmak için, pamuklu kumaşların sodyum alginat, glisidil trimetil amonyum klorür (GTA), sodyum hidroksit ve üre içeren ön işlem formülasyonu ile katyonizasyonunu yapmışlardır. GTA ve alkali konsantrasyonları, fikse sıcaklığı ve süresi dahil olmak üzere ön işlem koşulları, magenta mürekkebi için katyonik pamuktaki renk veriminin sonucuna göre optimize edilmiştir. Modifikasyon yapılmış ve yapılmamış pamuğun SEM, yırtılma mukavemeti ve termogravimetrik analizi sonuçları incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Optimal ön işlem koşulları kullanılarak, magenta, camgöbeği, sarı ve siyah reaktif mürekkepler için katyonik pamukta renk verimi, katyonize edilmemişle karşılaştırıldığında sırasıyla %128,7, % 142,5, % 71 ve % 38,1 artmıştır. Boyaların tüm renk haslıkları tatmin edicidir ve katyonik pamuk üzerindeki magenta, sarı ve camgöbeği mürekkeplerin ışık haslığı katyonik pamukta daha yüksektir. Bu ön işlem yöntemiyle yapılan dijital ink jet baskılar, daha yüksek renk verimi, kontür netliği ve daha az atık su oluşumu sağlamıştır [29].

Gorgani vd. (2015), dijital ink jet baskıda antimikrobiyel ve verimli polimerik malzemeler elde etmek için pamuklu kumaşlar farklı poliamidoamin (PAMAM) dendrimer konsantrasyonları ile modifiye edilmiştir. PAMAM dendrimer, selüloz anyonunun siyanür klorür ile reaksiyonu ile pamuklu kumaş üzerine aşılmıştır. Modifiye edilmiş pamuklu kumaşlara yapılan dijital ink jet baskı, farklı pH'larda değerlendirilmiştir. Optimum pH'daki sonuçlar, modifiye pamuklu kumaşta PAMAM dendrimer konsantrasyonunun artırılmasıyla reaktif ink jet baskılı kumaşın renk değerlerinin yanında antimikrobiyel özelliklerinin de geliştiğini göstermiştir. Baskılar, mükemmel yıkama ve kuru/ıslak sürtme haslığı sağlamıştır. PAMAM dendrimer ile modifikasyon işleminin, boyarmadde fiksajını artırarak çevre dostu bir işlem olmayan ön işleme duyulan ihtiyacı kaldırılabileceği görülmüştür [30].

Choi vd. (2005), pamuklu kumaşın baskı ön işlem patında kıvamlaştırıcı olarak sodyum alginat yerine kitosan kullanılmasını önermiştir. Kitosan ve asetik asit karışımından uygun viskozitede hazırlanan ön terbiye baskı patları pamuklu kumaşa uygulandığında yüksek haslık değerleri elde edilmiştir. Bununla birlikte, renk verimi, ön işlem patında sodyum alginat kullanılması kadar iyi değildir [26].

2) Asit boyarmaddeler esaslı baskı mürekkepleri

Asit boyarmaddeler oldukça küçük moleküllerden oluşurlar ve düşük moleküler ağırlığa sahiptirler. Anyonik yapıda boyarmaddelerdir ve suda yüksek oranda çözünürler. Poliamid ve protein esaslı (yün veya ipek) liflerinin boyanması için kullanılmaktadırlar [5, 6, 21, 31]. Asit boyarmaddeler kullanılarak oldukça canlı ve parlak renkler elde edilebilmektedir. Ayrıca ışık haslıkları genel olarak yüksektir. Asidik ortamda negative yüklüdürler. Poliamid liflerinin amino grupları ve protein esaslı lifler ise pozitif yüklüdürler. Bu sayede boyarmadde ve lif arasında iyonik bağ oluşmaktadır. İyonik bağ, boyama prosesinde yüksek miktarda boyarmaddenin fikse olmasına ve boya banyosunda fikse olmayan az miktarda boyarmadde kalmasına neden olmaktadır [14, 16]. Asit boyarmaddelere örnek Şekil 7'de verilmiştir [32].

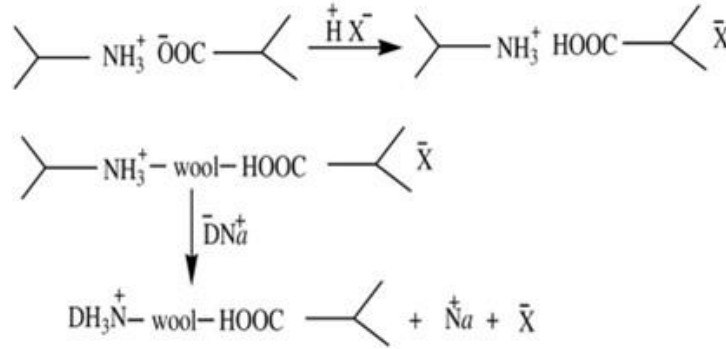


Şekil 7. C.I. Acid Red 138 [32]

Mürekkebin kumaş üzerinden emilmesini önlemek için genellikle ön işlem gerektirirler ve fikse olamamış boyarmaddenin uzaklaştırılması için ard işlem yapılabilir. Mürekkeplerde yaygın olarak gliserin, dietilen glikol ve trietilenglikol gibi higroskopik maddeler ve bir yüzey aktif madde kullanılmaktadır [21].

Ayrıca asit boyarmaddeler, pamuğun dijital ve konvansiyonel baskı işlemlerinin ikisinde de kullanılabilirler. Bunun için pamuğa katyonizasyon yapılması veya çapraz bağlayıcı maddelerin kullanılması gerekmektedir [33, 34].

Asit boyarmaddeleri içeren mürekkepler ile dijital baskı yapılırken; ön işlem, baskı, fiksaj ve yıkama adımları uygulanmaktadır [11]. Yünün asit boyarmaddeler ile boyanma mekanizması Şekil 8'de verilmektedir [35].



Şekil 8. Yünün asit boyarmaddeler ile boyanma mekanizması [35]

Literatürde asit boyarmadde esaslı dijital ink jet baskı mürekkepleri ile ilgili yapılan çalışmalar:

Yang ve Li (2003), pamuklu kumaşın dijital baskı işleminde kuaterner amonyum (kolin klorür (cc)) ve iki çapraz bağlama maddesi (dimetilol dihidroksi etilen üre (DMDHEU) ve bütan tetra karboksilik asit (BTCA)) kullanarak boyarmadde alımını incelemiştir. Kolin klorürün seçilme nedeni toksik olmaması ve çapraz bağlama maddesi ile reaksiyona girmeye müsait bir serbest hidroksil grubuna sahip olmasıdır. Dimetilol dihidroksi etilen ürenin seçilme nedeni düşük maliyetiyken, bütan tetra karboksilik asitin seçilme nedeni formaldehit içermemesidir. Elde edilen sonuçlara göre çapraz bağlayıcı kullanılan mürekkepler pamuklu kumaşlarda kullanılabilir özelliktedir. Çapraz bağlayıcılara kolin klorür eklenmesi, asit boya alımını, çapraz bağlayıcı maddenin tek başına kullanılmasından daha fazla geliştirmiştir. Kolin klorür kullanımının dezavantajı, yıkama sırasındaki baskıda boyanın alanlarda boya lekelerinin olmasıdır. Ayrıca bu yöntem pamuk, suni ipek, naylon, ipek, yün ve bunların karışımları için kullanılabilir [33].

Choi vd. (2019), yüksek hızlı dijital ink jet baskı işleminde kullanılmak için su bazlı mürekkepler üretmek üzere beş perilen asit boyası sentezlemiştir. Su bazlı mürekkepler olarak formüle edildiğinde uzun vadeli stabilite sağlamak ve suda çözünürlüklerini arttırmak için sülfonik asit grupları eklenmiştir. Sentezlenen tüm perilen boya, ticari olarak kullanılan azo boyaya kıyasla üstün stabilite ve optik özellikler göstermiştir. Perilen su bazlı mürekkepler, mevcut dijital tekstil baskı mürekkeplerinin temel renk bileşiminden farklı renklerle olağanüstü baskı netliği göstermektedir. Ayrıca, iyi bir püskürtme performansı ve ticari dijital ink jet baskı makinesinde kullanıldıklarında kontrollü desen baskısını sağlamaktadırlar [36].

3) Dispers boyarmadde esaslı dijital baskı mürekkepleri

Tekstil inkjet baskının en önemli özelliklerinden biri, pamuk, ipek, naylon ve polyester gibi tekstil malzemelerinin çoğu için kullanılabilmesidir. Bunlardan polyester lifleri, yüksek kristalin bölge oranına sahip, kompakt ve hidrofobik bir yapıdadır [14, 16]. Bu durum, polyester liflerinde boyarmadde ile etkileşim oluşabilecek bölgelerin sayısının azalmasına neden olmaktadır. Dispers boyarmaddeler bu problemlerin aşılabilmesi için geliştirilmiştir. Dispers boyarmaddeler suda çok az çözünürdür. Bu boyarmaddeler fiziksel olarak küçük ve düzlemsel olduğundan polimer zincirine daha çok yaklaşabilmektedir. Polyester molekülleri ile bağlar oluşturulabilen -NO₂ ve -CN gibi polar gruplara sahiptirler. Boyama işlemleri kristalin bölgelerin şişmesi ve bağlanma için daha fazla yer sunabilmesi yüksek sıcaklık ve basınç ile sağlanabilmektedir. Boyarmadde ve lif arasında oluşan etkileşim Van der Waals kuvvetleridir [14].

Dispers boyarmaddeler polyesterin ink jet baskısında direkt baskı veya transfer baskı olarak uygulanabilmektedir. Dispers boyarmaddelerle transfer baskı iki adımda yapılmaktadır. İlk baskı makinesinde transfer kağıdına baskı yapılır sonrasında kalandır kullanılarak 210°C'de 30 saniye transfer işlemi yapılmaktadır. Direkt baskı yönteminde ise; ön işlem, baskı, kurutma, fiksaj ve yıkama adımları izlenmektedir [11].

Polyestere, pigment ve dispers mürekkeplerle dijital ink jet baskı yapılabilir. Inkjet polyester baskı için dispers mürekkepler, transfer ve direkt baskı teknolojileri ile uygulanabilmektedir. Transfer baskıda, hazırlanan desen süblimasyon yapabilen dispers boyarmaddelerle özel bir kağıda basılır. Daha sonra kurutulan desen, bir süblimasyon işlemi veya buharlama ile kağıttan tekstile aktarılır. Direkt baskı teknolojisinde ise

hazırlanan desen, polyester substrat üzerine dijital ink jet baskı yapılabilir [16, 37]. Kumaşa homojen ıslanma ve düzgün bir yüzey için kıvamlaştırıcı ve orta şiddetli bir asit ile ön işlem yapılmaktadır. Dispers boyarmaddelerin kullanıldığı mürekkeplerde parçacık boyutu çok önemlidir ve klasik baskı ile kıyasladığımızda daha küçük molekülü boyarmaddelerin kullanımı düzgün püskürtme için gerekmektedir [4, 21, 37].

Mürekkep üreticileri polyester üzerine direkt baskıda ve kağıt üzerine baskı sonra ısı kullanılarak tekstil materyaline transfer baskıda kullanılmak üzere iki türde dispers boyarmadde esaslı mürekkep üretmektedir. Transfer baskıda kullanılan mürekkepler düşük molekül ağırlıklı ve uçucu boyarmaddeler içermektedir [6, 21].

Literatürde dispers boyarmadde esaslı dijital ink jet baskı mürekkepleri ile ilgili yapılan çalışmalar şunlardır:

Ibrahim ve El-Salam (2012), polyester kumaşa lipaz enzimi ile ön işlem yaparak dijital baskıda enzimatik ön işlemin etkisini araştırmışlardır. Enzimatik işlem sonrasidispers boyarmaddeler kullanılarak dijital baskı yapılmıştır. Yapılan işlemlerin K/S değerleri, haslıklar (yıkama, sürtme, ter)ve kopma mukavemetleriüzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. %100 Polyester kumaşlara baskı öncesi enzimatik işlem uygulanmasınınK/S değerlerini yaklaşık %10-30 arttırdığı, haslıkların iyileştiği ve kopma mukavemeti üzerinde etkisinin düşük olduğu görülmüştür [38].

Fu vd. (2011), C.I. disperse blue 60 boyarmadde, poli(stiren-maleik asit) ile kapsüllemiş ve sonrasında inkjet baskı mürekkebi hazırlanmıştır. Sonuçlar, kapsüllemiş dispers boya dispersiyonunun küçük parçacık boyutuna, poliollere ve alkaliye karşı mükemmel stabiliteye sahip olduğunu ve onun reolojik davranışının Newton sıvısına ait olduğunu göstermiştir. Bu dispersiyon kullanılarak hazırlanan mürekkep, oda sıcaklığında mükemmel bir baskı performansı sergilemektedir [39].

B. Pigment Esaslı Baskı Mürekkepleri

Tekstil baskı işlemlerinde 1960'lerden itibaren en çok kullanılan boyarmadde sınıfı olarak bilinmektedirler. Tüm tekstil baskı işlemlerinin %50'sinden fazlasında kullanılan en ucuz renklendiricilerdir. Diğer renklendiriciler kullanıldığında fikse olmayan boyarmaddelerin uzaklaştırılması için yapılan yıkama işlemi pigment kullanıldığında gerekli olmamaktadır.Pigment kullanılan renklendirme işlemlerinde, pigmentlerin life substantivitesi olmadığı için binder kullanılarak kumaşa bağlanmaktadır [8, 10, 40].

Pigmentler genel olarak amid-CONHR ve karbonil-C=O gibi kuvvetli hidrojen bağlarına sahip gruplar içeren düzlemsel yapıda moleküllerdir [11].

Dijital baskıda pigmentler kullanıldığında boyarmadde olduğu gibi kumaşa ön işlem uygulanması gerekmemektedir. Bunun yerine ısıl fiksaj ard işlem olarak uygulanmaktadır. Pigment kullanımındaki temel sıkıntı binder kullanımından kaynaklanmaktadır. Binder doğrudan mürekkebe eklenebilir veya kumaşa ard işlem olarak uygulanabilir. İnk jet baskıda pigment kullanıldığında kumaşa ön işlem ve baskı işlemi sonrası yıkama işlemi gerektirmemesi, tüm liflere uygulanabilir olması tekstil baskıcılığının yaklaşık yarısında kullanımına neden olmaktadır [11].

Dijital baskı mürekkeplerinin akış özellikleri önemlidir ve pigment esaslı mürekkep dijital baskı makinesine yüklemmeden önce mürekkebin stabilize edilmesi gerekmektedir. Topaklanmanın hem baskı tonu üzerinde hem de baskı makinesinin kafasının tıkanmasında etkisi olmaktadır. Binderin mürekkep içerisine dahil edilmesi ise bu sorunu artırmakta, aynı zamanda viskoziteyi bazı makineler için uygun olmayacak seviyelere yükseltmektedir. Mevcut baskı kafalarının çoğunda tekstil binderlerine ve pigment esaslı mürekkeplere ilişkin fiziksel ve kimyasal kısıtlamalar bulunmaktadır. Yüksek miktarda pigment kullanımı stabilizasyonu düşürerek püskürtme davranışını, baskı kalitesini ve renk parlaklığını etkilemektedir [6, 15].

Dijital baskı yapılan kumaşların dayanım özellikleri ve ışık haslıklarının yüksek olması istendiğinde pigment esaslı baskı mürekkeplerin kullanımı tercih edilmektedir. Fakat düşük viskoziteli baskı mürekkep formülasyonları içinde, pigmentlerin düşük dağılım stabiliteleri gibi çeşitli dezavantajları vardır. Bu durum mürekkep formülasyonlarında yeterli konsantrasyonda binder kullanılmamasından kaynaklanmaktadır. Pigment parçacıkları topaklanarak baskı kafalarındaki uçların tıkanmasına neden olabilir. Bu sebeple inkjet baskı sistemi mürekkeplerinde kullanılan pigmentlerin partikül boyutunun 150 nm'den az olması ve taşıyıcı sıvılarda çözünürlüklerinin yüksek olması gerekir [3, 20]. Tablo 4'te mürekkep ile uyumlu baskı kafaları görülmektedir [4].

Tablo 4. Mürekkep ile uyumlu baskı kafaları [4]

Pigment içeren mürekkep	Piezo ink jet (düşük viskoziteli)	Piezo ink jet (yüksek viskoziteli)	Termal ink jet
Bindersiz	Evet	Evet	Evet
Klasik baskıda kullanılan binder içeren	Hayır	Evet	Hayır
Özel binder içeren	Evet	Evet	Hayır

Pigment içeren inkjet baskı mürekkebi aşağıdaki bileşenleri içermektedir [4, 16, 41]:

- Pigment dispersiyonu,
- Polimerik binder,
- Su bazlı binderler için taşıyıcı olarak su,
- Islatma vb. özellikleri iyileştirmek için yardımcı çözücü,
- Pigmentlerin mürekkep içinde stabil bir şekilde kalabilmesi ve baskı kafasının uçlarını tıkamaması için yüzey aktif madde,
- Baskı işlemi dışındaki zamanlarda kurumayı önlemek için nem tutucu,
- Köpük kesici,
- Kıvamlaştırıcı,
- Kurumayı hızlandırıcı kimyasal,
- Biyosit.

Literatürde pigment esaslı dijital ink jet baskı mürekkepleri ile ilgili yapılan çalışmalar şunlardır:

Elgammal vd. (2016), pigment aglomerasyonunu azaltmak ve mürekkep dispersiyonlarında stabiliteyi arttırmak için organik pigmentleri bir polimer lateks tabakası ile kapsüllemişlerdir. Bu tür polimer-kapsüllü pigmentler daha sonra ayrı bağlayıcı katkı maddeleri eklenmeden dijital ink jet baskıda uygulanarak lateks ve pigment partikülleri arasında istenmeyen etkileşimler azaltılmıştır. Bütil akrilat-ko-metil metakrilat (BA-MMA) veya stiren-ko-bütil akrilat (St-BA) kopolimerlerinin miniemülsiyon polimerizasyonu ile C.I. kırmızı pigment 112'nin kapsüllemesi incelenmiştir. Monomerin pigment oranı, dijital ink jet baskıda kendinden kürlenebilen hibrit pigment mürekkeplerinin hazırlanması için optimum koşulları bulmak üzere değiştirilmiştir. Kapsüllemiş pigment/polimer lateks parçacıklarının kapsüllememiş geleneksel mürekkeplere kıyasla renk mukavemeti, sürtünme ve yıkama haslığında eşit derecede iyi değerler verirken, baskı kafalarının tıkanmasına neden olmaması gibi büyük bir avantaj söz konusudur. Bu durum hibrit pigment mürekkeplerin, koloidal stabilite ve daha düşük tıkanma riski açısından belirgin avantajlar sunan, geleneksel olarak kullanılan pigment sistemlerine uygun bir alternatif olduğu anlamına gelmektedir [42].

Marie vd. (2013), dijital baskıda pigmentin mürekkep formülasyonu içinde dağılım stabilitesi ve dijital baskı kafasındaki püskürtme uçlarını tıkamaması gibi çeşitli sorunlarla karşı karşıya olması nedeni ile mürekkep formülasyonunda optimum konsantrasyonlarının belirlenmesi üzerine çalışmışlardır. Ayrıca mürekkeplerin yıkama ve sürtme haslıklarının artırılması amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlar, baskıların iyi haslık özelliklerinin yanı sıra mürekkebin iyi fiziksel özelliklerini ortaya çıkarmıştır [43].

Leelajariyakul vd. (2008), yüzey modifikasyonu yapılmış ve mikro kapsüllemiş pigment dispersiyonlarını, pigment esaslı dijital ink jet mürekkep olacak şekilde formüle etmişlerdir. Viskozite, partikül boyutu dağılımındaki değişiklikler ve mürekkep stabilitesini, oda sıcaklığında on iki hafta boyunca her hafta gözlemlemişlerdir. Görünüm ve renk açısından, ipek bir kumaş üzerine yüzey modifikasyonu yapılmış pigmentli mürekkepler ile yapılan baskı işlemlerinde, mikro kapsüllü pigmentli mürekkeplerden daha yüksek optik yoğunluklar ve daha geniş renk gamı elde edilmiştir. Dayanım ve kullanılabilirlik için mikro kapsüllü pigmentli mürekkepler daha iyi haslık sağlamıştır, fakat baskılı ipek kumaşın giyim konforu üzerinde olumsuz etki göstermiştir [44].

Kangwansupamonkon vd. (2011), ipek kumaşlarda kitosan ile baskı ön işleminin ve binder partikül büyüklüğünün etkilerini araştırmışlardır. Özellikle yüksek miktarda kitosan ile ön işlem mürekkepte binder kullanımının kontür netliğini iyileştirdiğini ve baskı kalitesini arttırdığını gözlemlemişlerdir [45].

Shen vd. (2014), inkjet baskı performansını arttırmak için ipek kumaşa köpük aplikasyonu öncesi Tween 80 ve sodyum dodesil sülfat uygulamışlardır. Ayrıca kullanılan ön işlem maddesi ile etilen bazlı oktadesil dimetil amonyum klorürün (EBODAC) uyumunu araştırmışlardır. Sonuçlar Tween 80 ve EBODAC uyumunun daha fazla olduğunu göstermiştir. EBODAC miktarı arttıkça K/S değerlerinde artış olduğu ve işlem görmüş kumaşların kontrol grubundakilere göre daha net kontürlü ve parlak oldukları görülmüştür [46].

Fang vd. (2008), ipek kumaşlara O₂ plazma ön işlemleri sonrasında baskı işlemi uygulamışlardır. Bunun sebebi, herhangi bir ön işleme tabi tutulmadan, ipek liflerinin düzgün morfolojisi nedeniyle boyarmadde verimlerinin düşük olması ve kolayca akabilmesidir. İpek kumaşın plazma yüzey işlemi, farklı deney koşulları altında O₂ gazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Optimum işlem koşulları, 50 Pa çalışma basıncı ve 80 W çalışma gücünde, 10 dakikalık işlem süresidir. Bu koşullarda O₂ plazma ön işlemi görmüş ipek kumaşlarda, yüksek boyarmadde verimleri ve mükemmel kontür netliği elde edilebilmektedir. Dinamik temas açısı analizinde, ipek lifinin hidrofiliğinin plazma ön işleminden sonra önemli ölçüde iyileştiği görülmüştür. Bu çalışma, ipek kumaş üzerine pigment esaslı ink jet baskının kontür netliğinin düşük sıcaklıkta O₂ plazma ile arttırılabileceğini göstermiştir. Düşük sıcaklıkta oksijen plazma ile işlem görmüş ipek kumaşlar üzerine yapılan baskı, işlem görmemiş ipek kumaşlara kıyasla daha derin ve daha canlı renkler sergilemiştir. Bu nedenlerle, düşük sıcaklıkta oksijen plazması, pigment esaslı mürekkep kullanılan ink jet baskının uygulanması için uygun bir işlem olarak görülmektedir [47].

Gao vd. (2019), dispers mürekkeplerin dijital ink jet baskıda polyester kumaşa uygulanabilirliğini, dispers mürekkebin viskozitesinin ve yüzey geriliminin sırasıyla 2,78 mPa s ve 33,28 mN m⁻¹ olduğunu damlacık oluşum dinamiklerini izleyerek araştırmışlardır. Dispers mürekkebin mükemmel püskürtülme performansı vardır. Farklı baskılı polyester kumaşlarla karşılaştırıldığında, dispers mürekkeple basılan polyester kumaşlar yüksek renk mukavemeti (K/S) ve doygunluk (C*) değerlerine sahiptir. Dijital ink jet baskı için dispers mürekkep, su bazlı polimerlerin eklenmesiyle başarıyla hazırlanmıştır ve polyester kumaşların dijital baskısında kullanılmıştır. Sonuçlar, dispers boya, yüzey aktif madde, ıslatıcı ajan ve su bazlı polimerlerin, dispers mürekkebin reolojik özelliklerini ve dijital ink jet baskının uygulanabilirliğini etkileyen önemli faktörler olduğunu göstermektedir. Damlacıkların yörüngesi ve hızı, dispers mürekkebin çizgi genişliğini ve kenar kontürünü etkiler. Su bazlı polimerlerin kullanıldığında, dispers boya polyester kumaşların yüzeyinde haslıkların iyileştirilmesine sağlayan film tabakası oluşturmuştur [48].

III. İNK JET BASKIDA KALİTE PARAMETRELERİ

Baskı kalitesinin değerlendirilmesinde, baskının kalıcılığı, kullanılabilirliği veya maliyetinin yanı sıra baskı görünümü ve rengi de dikkate alınmaktadır. Tekstillerin dijital baskısında baskı kalitesi ile ilgili sorunlarbirkaç ana kategoriye ayrılmaktadır [11, 22, 49]:

- 1)Kontür netliği, metin kalitesi, çözünürlük veya daha az parlaklık gibi görüntü ile ilgili problemler
- 2)Renk ile bağlantılı problemler
- 3)Işık ve yıkama haslığı gibi haslık değerleri ile ilgili sorunlar
- 4)Tutum gibi kullanım ile ilgili problemler

Mürekkep performansının baskı işlemi sonrası görsel analizi, baskılı ve baskısız alan üzerindeki nokta ve çizgilerin incelenmesi ile yapılmaktadır. Analizde, tekstil materyali üzerine mürekkep damlası absorbe olduktan sonra damlanın konumu, şekli, boyutu ve netliği dikkate alınmaktadır. Damlanın hatalı konumu tıkalı püskürtme uçlarından, damlanın kenarındaki şekil bozukluğu, uydu oluşumu ön işlem yapılmaması gibi sebeplerden kaynaklanabilir. Ayrıca baskı patı reolojisi, baskı kalitesi için anahtar bir kelimedir. Rengi, kontür netliğini, boyama düzgünlüğünü, tutumu ve boyarmadde verimini etkilemektedir [11, 22].

Dijital baskı ve konvansiyonel baskıda birçok ortak kalite problemleri söz konusu olmakla birlikte dijital baskının kendine has kalite problemleri de mevcuttur. Bunlara örnek olarak baskı kenarlarında çentik oluşumu, çizgilerde eksik renk ve uydu damla oluşumu verilebilmektedir [49].

Yüksek kaliteli ink jet baskılı kumaşlar üretmek için, baskı yapılacak tekstil materyalinin seçimi, tekstil materyaline uygun mürekkep seçimi, baskı yazılımı, ön işlem patının formülasyonu, ön işlem patının uygulama yöntemleri gibi prosedürlerine hakim olmak gerekmektedir. Bu prosedürler, tekstil üreticilerinin beklentilerini karşılayan ink jet baskı kalitesi için çok önemlidir. Son yıllarda inkjet baskı, baskı kalitesinin kontrolünü kolaylaştıran ön işlem patı ve yıkama gibi basit işlem prosedürleri nedeniyle giderek daha popüler hal gelmektedir [50].

IV. SONUÇLAR

Tekstil endüstrisinde dijital baskı makineleri 30 yılı aşkın bir süredir kullanılmasına rağmen geçişli baskı makinelerinin geliştirilmesi ile özellikle son 15 yılda önem kazanmaya başlamışlardır. Makine fiyatlarının daha kabul edilebilir seviyelerde olması, daha kısa metrajlı siparişler, az boyarmadde tüketimi, ayrıca şablon üretim ve depolama alanı gerektirmemesi, daha az su ve enerji kullanımı nedeniyle popülerliği artmaktadır. Son yıllarda ön plana çıkmasındaki ana sebep üretim hızlarının oldukça artmasıdır. Desen tipine bağlı olarak tek geçişli dijital baskı makinelerinin üretim hızı neredeyse rotasyon baskı makinelerindeki üretim hızlarına yaklaşmaktadır.

Dolayısıyla tekstil endüstrisinde kullanılan dijital baskı mürekkepleri de üretim hızlarına uygun hale getirilecek şekilde formüle edilmektedir.

Baskı yapılacak tekstil yüzeylerinin modifikasyonu bu alandaki bir diğer çalışma konusudur. Mevcut baskı mürekkeplerinin tekstil yüzeyine aktarılması sonrası renk kuvvetinin ve haslık özelliklerinin artırılması bu alanda yapılan çalışmaların ana amaçlarındandır.

Mürekkep formülasyonlarında sadece renk ile ilgili özelliklerin değil aynı zamanda fonksiyonel özelliklerinde aktarılması gelecek çalışmalar için önem arz etmektedir. Bu çalışmalar aynı zamanda tasarımcılar içinde önemli olmaktadır (Örnek olarak farklı bölgelere desene göre farklı kokuların basılması vb.).

Doğal boyarmaddelerin dijital baskı sistemlerinde kullanılması da gelecekte yapılacak çalışmalar içerisinde yer almaktadır. Bu sayede sürdürülebilir baskı sistemleri tasarlanabilir. Özellikle atıklardan elde edilen boyarmadde ve liflerin kullanılması bu açıdan önem teşkil etmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Ding, Y., Zhendong, W., Chuanxiong, Z., Ruobai, X., & Wenliang, X. (2021). A study on the applicability of pigment digital printing on cotton fabrics. *Textile Research Journal*, 91(19-20), 2283-2293.
- [2] Çetin, M. (2019). *Protein liflerinin baskısında ink jet baskı teknolojisinin kullanımı* (Master's thesis, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [3] Daplyn, S., & Lin, L. (2003). Evaluation of pigmented ink formulations for jet printing onto textile fabrics. *Pigment & resin technology*.
- [4] Kalav, B. (2012). *Pamuklu Kumaşların İnk Jet Baskısında Bilgi Tabanlı Uzman Sistem Kullanarak Problem Belirleme Ve Giderme* (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [5] Selçuk, E. (2009). *İnk jet baskıda kumaşa uygulanan ön işlemlerin baskı kalitesi üzerine etkilerinin araştırılması* (Master's thesis, Uludağ Üniversitesi).
- [6] Ütebay, B. (2010). Pamuklu Kumaşlara Uygulanan İnk-Jet Baskı İşleminde Renk Verimine Etki Eden Faktörlerin İncelenmesi. *Ege University Institute of Natural and Applied Sciences Department of Textile Engineering Master Thesis, İzmir*.
- [7] Texintel, "New developments for digital textile printing inks-sustainable inks and super fast roduction", 30 Mart 2023, <https://www.texintel.com/blog/2021/2/17/new-developments-for-digital-textile-printing-inks-green-inks-and-super-fast-production>.
- [8] Ding, Y., Shamey, R., Chapman, L. P., & Freeman, H. S. (2019). Pretreatment effects on pigment-based textile inkjet printing—colour gamut and crockfastness properties. *Coloration Technology*, 135(1), 77-86.
- [9] Provost, J. (2011). The Textile printing industry changing the future market dynamics with digital textile printing. *The Colorist*, (3), 4-6.
- [10] Kalav, B. (2012). Troubleshooting Ink Jet Printing of Cotton Substrates Usind A Knowledge-Based Expert System. *Istanbul Technical University*.
- [11] Özgüney, A. T., & Erdem İşmal, Ö. (2003). Tekstil Dijital (İnkjet) Baskı Teknolojisi Temel İlkeleri ve Gelişim Süreci. *Türk Tekstil Vakfı Yayınları, İzmir*, 48-52.
- [12] Blank, K. H., Chassagne, J. M., & Reddig, W. (2004). Colorants in digital textile printing inks. *Textile Ink Jet Printing, Society of Dyers and Colourists, Bradford*, 64-68.
- [13] Le, H. P. (1998). Progress and trends in ink-jet printing technology. *Journal of Imaging Science and Technology*, 42(1), 49-62.
- [14] Tyler, D. J. (2005). Textile digital printing technologies. *Textile Progress*, 37(4), 1-65.
- [15] Tawiah, B., Howard, E. K., & Asinyo, B. K. (2016). The chemistry of inkjet inks for digital textile printing—Review. *BEST*, 4, 61-78.
- [16] Ujiie, H. (Ed.). (2006). *Digital printing of textiles*. Woodhead Publishing.
- [17] Śmigiel-Kamińska, D., Waś-Gubała, J., Stepnowski, P., & Kumirska, J. (2020). The identification of cotton fibers dyed with reactive dyes for forensic purposes. *Molecules*, 25(22), 5435.
- [18] Pal, P. (2017). *Industrial water treatment process technology*. Butterworth-Heinemann.

- [19] Soleimani-Gorgani, A., & Karami, Z. (2016). The effect of biodegradable organic acids on the improvement of cotton ink-jet printing and antibacterial activity. *Fibers and Polymers*, 17, 512-520.
- [20] Wardman, R. H. (2017). *An introduction to textile coloration: principles and practice*. John Wiley & Sons.
- [21] Kan, C. W., & Yuen, C. W. M. (2012). Digital ink-jet printing on textiles. *Research Journal of Textile and Apparel*.
- [22] Faisal, S., Ali, M., Siddique, S. H., & Lin, L. (2021). Inkjet printing of silk: Factors influencing ink penetration and ink spreading. *Pigment & Resin Technology*, 50(4), 285-292.
- [23] Kulube, H. M., & Hawkyard, C. J. (1996). Fabric Pretreatments and Inks for Textile Ink Jet Printing. *ITB Dyeing/Printing/Finishing*, 3, 4-15.
- [24] Yuen, C. W. M., Ku, S. K. A., Choi, P. S., & Kan, C. W. (2004). The effect of the pretreatment print paste contents on colour yield of an inkjet printed cotton fabric. *Fibers and Polymers*, 5(2), 117-121.
- [25] Mathur, A., & Sand, P. M. (2006). Textile print-paste thickeners from polysaccharides. *Science Tech Entrepreneur*.
- [26] Choi, P. S. R., Yuen, C. W. M., Ku, S. K. A., & Kan, C. W. (2005). Digital ink-jet printing for chitosan-treated cotton fabric. *Fibers and Polymers*, 6(3), 229-234.
- [27] Ahmed, N. S., Youssef, Y. A., El-Shishtawy, R. M., & Mousa, A. A. (2006). Urea/alkali-free printing of cotton with reactive dyes. *Coloration technology*, 122(6), 324-328.
- [28] Hou, X., Chen, G., Xing, T., & Wei, Z. (2019). Reactive ink formulated with various alcohols for improved properties and printing quality onto cotton fabrics. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 14, 1558925019849242.
- [29] Ma, W., Shen, K., Li, S., Zhan, M., & Zhang, S. (2017). One-bath pretreatment for enhanced color yield of ink-jet prints using reactive inks. *Molecules*, 22(11), 1959.
- [30] Soleimani-Gorgani, A., Najafi, F., & Karami, Z. (2015). Modification of cotton fabric with a dendrimer to improve ink-jet printing process. *Carbohydrate polymers*, 131, 168-176.
- [31] Gregory, P., 2004, SDC Technical Monograph - Textile Ink Jet Printing, 1st Edition, Society of Dyers and Colorists, England.
- [32] Adeel, S., Razzaq, A., Kiran, S., Ahmad, T., Hassan, A., & Rehman, H. U. (2022). A comparative study on sustainable dyeing of silk and wool with acid red 138 dye. *Journal of Natural Fibers*, 19(14), 8181-8190.
- [33] Yang, Y., & Li, S. (2003). Cotton fabric inkjet printing with acid dyes. *Textile research journal*, 73(9), 809-814.
- [34] Hauser, P. J., & Kanik, M. (2003). Printing of Cationized Cotton with Acid Dyes. *AATCC review*, 3(3).
- [35] Musa, H., Abdulmumini, A., Folashade, M. O., Usman, B., & Abba, H. (2013). Studies on the dyeing of wool and nylon fabrics with some acid dyes. *IOSR J. Appl. Chem*, 5(1), 11-17.
- [36] Choi, S., Cho, K. H., Namgoong, J. W., Kim, J. Y., Yoo, E. S., Lee, W., ... & Choi, J. (2019). The synthesis and characterisation of the perylene acid dye inks for digital textile printing. *Dyes and Pigments*, 163, 381-392.
- [37] Hajipour, A., & Shams-Nateri, A. (2017). The effect of fabric density on the quality of digital printing on polyester. *Fibers and Polymers*, 18, 2462-2468.
- [38] Ibrahim, D., & Abd El-Salam, S. H. (2012). Enzymatic treatment of polyester fabrics digitally printed. *J Text Sci Eng*, 2, 1-4.
- [39] Fu, S., Zhang, G., Du, C., & Tian, A. (2011). Preparation of encapsulated disperse dye dispersion for polyester inkjet printing ink. *Journal of Applied Polymer Science*, 121(3), 1616-1621.
- [40] Sinclair, R. (Ed.). (2014). *Textiles and fashion: materials, design and technology*. Elsevier.
- [41] Khan, M. R. (2016). Pigment ink formulation, tests and test methods for pigmented textile inks. *Chemistry and Materials Research*, 8(8), 78-86.
- [42] Elgammal, M., Schneider, R., & Gradzielski, M. (2016). Development of self-curable hybrid pigment inks by miniemulsion polymerization for inkjet printing of cotton fabrics. *Dyes and Pigments*, 133, 467-478.
- [43] Marie, M. M., El-Hamaky, Y. H., Maamoun, D., Ibrahim, D. F., & Abbas, S. M. (2013). Pigment ink formulation for inkjet printing of different textile materials. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 4(1), 239-247.
- [44] Leelajariyakul, S., Noguchi, H., & Kiatkamjornwong, S. (2008). Surface-modified and micro-encapsulated pigmented inks for ink jet printing on textile fabrics. *Progress in Organic Coatings*, 62(2), 145-161.
- [45] Kangwansupamonkon, W., Suknithipol, M., Phattanarudee, S., & Kiatkamjornwong, S. (2011). Inkjet printing: effects of binder particle size and chitosan pretreatment on the qualities of silk fabric. *Surf Coat Int*, 94, 216-225.
- [46] Shen, Q., Chen, S., Wang, C., Liu, C., & Tian, A. (2014). A foam single-face pretreatment to modify silk fabric using EBODAC to improve inkjet printing performance. *The Journal of the Textile Institute*, 105(8), 799-805.

- [47] Fang, K., Wang, S., Wang, C., & Tian, A. (2008). Inkjet printing effects of pigment inks on silk fabrics surfacemodified with O2 plasma. *Journal of Applied Polymer Science*, 107(5), 2949-2955.
- [48] Gao, C., Xing, T., Hou, X., & Chen, G. (2019). Preparation of disperse inks for direct inkjet printing of non-pretreated polyester fabrics. *RSC advances*, 9(34), 19791-19799.
- [49] Tse, M. K., Briggs, J. C., Kim, Y. K., & Lewis, A. F. (1998). Measuring print quality of digitally printed textiles. *Recent progress in ink jet technologies II*, 548-612.
- [50] Liao, S. K., Chen, H. Y., & Kan, C. W. (2009). A Study of Quality Factors for Cotton Fabrics in Ink-Jet Printing. *Research Journal of Textile and Apparel*.