



Plastik Film Malzemeler Üzerine Flekso Baskıda Renk Farklılığına Neden Olan Etkenlerin Belirlenmesi

Gülhan ACAR BÜYÜKPEHLİVAN¹, Mehmet OKTAV²

¹Görsel İşitsel Teknikler ve Medya Yapımcılığı Bölümü, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

²Basım Teknolojileri Bölümü, Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

✉: gulacar@marmara.edu.tr,  0000-0003-1584-5834,  0000-0002-9872-4802

Geliş (Received): 08.07.2020

Düzeltilme (Revision):04.11.2020

Kabul (Accepted): 25.11.2020

ÖZ

Yaşam standartlarının yükselmesi, tüketim alışkanlıklarında meydana gelen değişimler ve tüketim ürünlerine olan talebin artması gibi nedenlerle ambalaj sektörü, giderek gelişen ve hızla büyüyen bir sektör haline gelmiştir. Ambalajda, ürünün tüm özelliklerini tüketiciye bildiren, adeta ürünün dili niteliğini taşıyan bilgiler ve baskı kalitesi, neredeyse ürün kalitesi ile eşdeğer öneme sahiptir. Günümüz baskı teknolojileri içerisinde esnek ambalaj üretiminde en çok flekso ve tıfdruk baskı sistemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada, ambalajda en çok kullanılan plastik filmler üzerine, flekso baskı ile test baskıları yapılarak, öncelikle baskılarda renk farklılığına neden olan etmenler ve maksimum renk evrenini basabilmek için gerekli olan optimum şartlar uygulamalı olarak belirlenmiştir. Renk farklılığına neden olan ana faktörler olarak, kalıpların yapısı, hazırlanışı, yüksek tram sıklığı basılabilme kapasitesi, baskı işlemi sırasında yapılan ayarlar, baskı operatörünün bilgisi, becerisi ve baskı ortamının fiziksel şartlarının rol oynadığı belirlenmiştir. Ayrıca yapılan test baskılarında flekso baskıya ait renk evreni büyüklüğünün tıfdruk baskıya yakın olduğu uygulamalı olarak tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ambalaj Baskısı, Esnek Ambalajda Kalite, Flekso Baskı, Plastik Film Ambalaj Malzemesi

Determination of Factors Causing Color Difference in Prints on Plastic Film Materials

ABSTRACT

The packaging sector has become a rapidly growing sector due to reasons such as higher living standards, changes in consumption habits and increased demand for consumer products. Information and print quality, which informs the consumer of all the features of the product, the language of the product, is almost equivalent to the quality of the product. Flexo and gravure printing systems are mostly used in flexible packaging production among today's printing technologies. In this study, by making flexo test prints on the most used plastic films in the packaging, the factors that cause color difference in the prints and the optimum conditions required to print the maximum color universe are studied. As the main factors causing color difference, the structure of the plates, their preparation, the ability to print high screen frequencies, the settings made during the printing process, the knowledge and skill of the printing operator and the physical conditions of the printing environment were determined to play a role in the color difference issue. In addition, it is determined that the size of the color universe of flexo printing is close to gravure printing.

Keywords: Flexo Printing, Quality in Flexible Packaging, Packaging Printing, Plastic Film Packaging Material

GİRİŞ

Genel ambalaj üretiminde yaklaşık olarak % 40 oranında plastik malzemeler kullanılmaktadır. Büyük molekül yapıları sentetik materyaller olan plastikler; hafiflikleri, saydam oluşları, gaz ve nem geçirgenliklerinin düşük olması, haşerelere karşı dayanıklı olmaları, kimyasal ve atmosferik etkilerden zarar görmemeleri gibi özellikleri nedeniyle ambalajlamada geniş yer tutar. Ambalajlamada kullanılan plastikler, film ve kaplar şeklinde gruplandırılabilir. Filmler daha çok poşet, torba, çanta, vs. olarak kullanılırken; kaplar, tepsi, kavanoz, şişe, kova, tüp, bidon şeklinde biçimlendirilerek kullanılmaktadır [1]. Plastik filmler; hafif, transparan, biyolojik ajanlardan etkilenmeyen, kimyasal maddelere

karşı ve atmosferik şartlara dayanıklı, üzerine baskı yapılabilen, korozyona dirençli, kırılmayan ve 60-200 °C arasında sıcaklık değişimlerinden etkilenmeyen ambalaj materyalleridir [2]. Plastik film ambalajları gıda ürünlerinin yanında ilaç, tıbbi araç gereç gibi medikal ürünlerin ambalajlanmasında ve endüstriyel malların taşınmasında sıkça kullanılmaktadır. Ambalaj uygulamalarında en çok kullanılan plastik filmler; polietilen (PE, LDPE, HDPE, MDPE), polipropilen (PP, OPP, MOPP, BOPP, metalize filmler), poliamid (PA), polivinil klorür (PVC), polivinilden klorür (PVDC), polietilen tereftalat (PET)'dir [3]. Yüzey özellikleri birbirinden farklılık gösteren bu malzemeler tek başlarına kullanılabildikleri gibi ürünün özelliklerine bağlı olarak karışım halinde de kullanılabilirler. Bu

malzemeler üzerine baskı gerçekleştirilirken özelliklerinin iyi bilinmesi gerekir. Kullanılan birçok baskı sistemi içerisinde plastik film malzemeler üzerine, istenilen iyi baskı sonucunun alındığı sistemler olarak flekso ve tıfdruk baskı sistemleri söylenebilir [4].

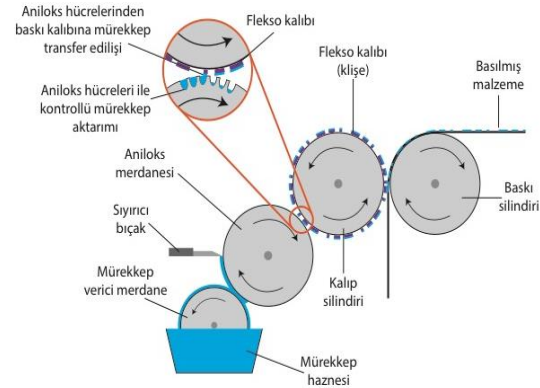
Bu çalışmada flekso baskı sistemi ele alınmış olup, yapılan test baskıları ile kalite parametreleri belirlenmiştir. Günümüzde hızlı bir gelişim gösteren flekso baskı sistemiyle başlangıçta, yazı gibi tek renkli, büyük ebatlı işler basılırken, daha sonra üretim sürecinin geliştirilmesiyle sefon ve plastik filmler üzerine de baskı yapılmaya başlanmıştır. Böylece bu baskı sistemi geleneksel olmaktan çıkarak yüksek teknolojiyi kullanan modern bir baskı sistemi haline gelmiştir. Flekso baskı; plastik film malzemeler üzerine ambalaj baskılarında büyük pay sahibi olan tıfdruk baskı kadar kullanılmaktadır.

Flekso Baskı Sistemi

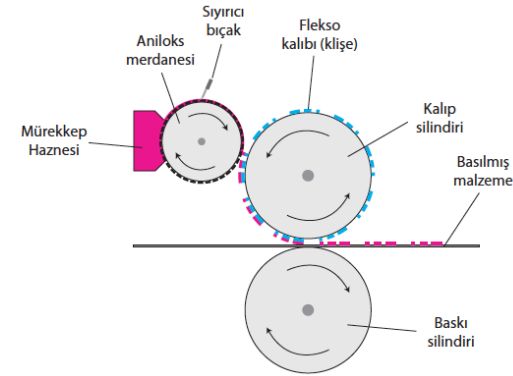
Flekso baskı, direkt ve yüksek baskı sistemi olup, plastik malzemelerin baskısında da kullanılan, baskı endüstrisinin en dinamik gelişen alanlarından biridir [5,6]. Bu sistem ile kağıt, karton gibi emici, plastik film gibi emici olmayan baskı altı malzemelerine baskı yapılabilmesi, çok yaygın olarak kullanılmasına neden olmaktadır. Flekso baskı sistemi, mürekkep haznesi, aniloks merdanesi, aniloksa mürekkep verici merdane, sıyırma bıçağı (doctor blade), kalıp (klişe), kalıp silindiri ve baskı silindirinden oluşur. Baskı sürecinde, uygun miktardaki mürekkep, aniloks tarafından alınarak, belli bir basınç ile kalıp (klişe) üzerindeki yüksek alanlara aktarılır. Kalıp silindiri ile baskı silindiri arasından geçen baskı altı malzemesi de mürekkebi belli bir basınç ile yüzeyine alır. Baskı basıncı, kullanılan baskı altı malzemesine göre ayarlanır. Yetersiz basınç, aniloks-baskı kalıbı, baskı kalıbı-baskı altı malzemesi arasındaki temas eksikliğine neden olur ve mürekkep aktarımı iyi gerçekleşmez. Plastik veya metal türü film baskılarında basınç daha az uygulanmaktadır.

Flekso baskı sistemi, açık ve kapalı mürekkepleme sistemli olmak üzere iki türdür [6]. Açık sistem, daha ziyade eski baskı makinelerinde yer alan, mürekkep haznesinden bir mürekkep verici merdane yardımıyla mürekkebin alınarak aniloksa aktarıldığı sistemdir (Şekil 1). Günümüz modern baskı makinelerinde genellikle kapalı mürekkep sistemi yer alır. Bu sistemde kapalı ortamda, mürekkep haznesi içerisinde dönen aniloks ve aniloks üzerindeki fazla mürekkebi sıyıran bıçak yer alır (Şekil 2) [7]. Aniloks üzerine mürekkep aktarımı kapalı alan içerisinde olduğu için, her türlü mürekkebin aktarımı optimum bir şekilde sağlanabilmektedir. Solvent bazlı mürekkeplerle plastik film malzemeleri üzerinde kaliteli baskı elde etmek için kapalı sistem kullanılmalıdır. UV ve su bazlı mürekkeplerin baskılarında ise açık veya kapalı sistemin tercih edilmesi baskı kalitesini çok fazla etkilememektedir. Baskı hızı fazla olan işlerde kapalı sistem tercih edilirken, dar enli baskı makinelerinde ise açık ve kapalı sistemler kullanılmaktadır.

Flekso baskıda farklı baskı altı malzemelerine uygun olarak; viskozitesi düşük, solvent bazlı, su bazlı ve UV mürekkepler kullanılır. UV mürekkepler, esnek ambalaj baskılarında yüksek kalite ve parlaklık vermesi, bir çok faktöre karşı direnç ve dayanıklılık göstermesi, hızlı kuruması gibi avantajlarından dolayı en çok kullanılan mürekkeplerdir [7, 8]. Emici olmayan film malzemeler üzerine UV ve solvent bazlı mürekkepler yanında, su bazlı mürekkepler de ekolojik yönleri nedeniyle PE, PP ve PET malzemeler üzerine günümüzde daha çok kullanılmaktadır.



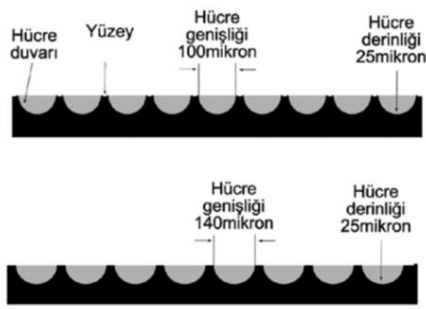
Şekil 1. Açık flekso baskı mürekkepleme sistemi



Şekil 2. Kapalı flekso baskı mürekkepleme sistemi

Aniloks

Aniloks, baskıda kalıbın baskıyı gerçekleştirebilmesi için hücreli bir yapıya sahip yüzeyine mürekkep olarak kalıba nakleden merdanedir [9]. Aniloks flekso baskıda, baskı kalitesini etkileyen en önemli unsurdur. Merdane yüzeylerinin mürekkep tutma kapasitesi 1 cm veya 1 inch boyut üzerinde mürekkep olarak kalıba aktaran hücre sayısı ile tanımlanır. Flekso baskı endüstrisinde 50-800 lpc sıklığına sahip aniloks merdaneleri kullanılmaktadır. Aniloksun kalitesini belirleyen parametreler; Şekil 3'de verildiği gibi, hücre sayısı, mürekkep alma kapasitesi, hücre şekli, derinliği, duvar genişliği, hücre eğim açısı ve yüzey yapı özellikleridir. Aniloks merdanelerinin en önemli özelliği kalıp üzerine aktarılan mürekkep miktarını belirlemesidir. Baskılarda, aniloks bünyesindeki mürekkebin sadece %40-60'ı kalıp üzerine aktarılır. Aniloks merdane yüzeyi genellikle hacmi cm^3/m^2 olarak hesaplanan çok fazla sayıda hücrelerden oluşmaktadır [10, 11].



Şekil 3. Aniloks merdanesi kesiti

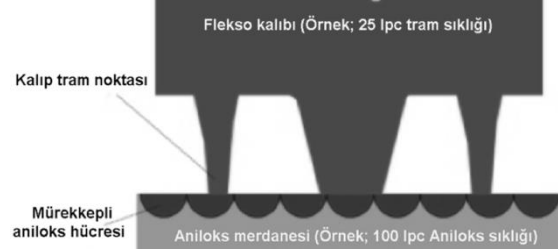
Kullanılan aniloks merdanelerinin mürekkep tutma kapasiteleri basılı ürünün özelliğine göre $0.95 - 13.5 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ arasında değişmektedir. Aniloks merdanelerinin bir diğer çok önemli parametresi, mürekkep hücrelerinin merdane aksına karşı yaptığı açıdır. 60° 'lık açı, optimum kabul edilen ve yaygın olarak kullanılan açı iken, 30° ve 45° 'lık açılı merdaneler ise daha az kullanılan hücre açılarıdır [12]. Mürekkep aktarımında en etkili olan ve en çok kullanılan hücre yapı şekli ise altıgendir. Aniloks merdanesi üzerindeki hücre çapları direkt baskı kalitesini etkiler ve baskıda beklenen kaliteye göre seçilmesi tavsiye edilir.

Düşük hücre sayısına sahip aniloks merdanelerle baskı yapılırken, hücre yapısının geniş olmasından kaynaklı mürekkep transferi de çok yüksek olacak ve istenilen ton değerleri basılamayacak, nokta kazancı çok fazla gerçekleşecektir. Tram sıklığı fazla olan kalıplarla (klişe) baskı yapılırken, tram sıklığına uygun, daha az mürekkep aktaran, sıklığı yüksek aniloks merdaneleri kullanılmalıdır [13]. Baskıda, aniloks hücre çapları, baskı kalıbı üzerindeki tram ton değeri çaplarından küçük olmalıdır [14]. Kalıp üzerindeki iş alanına sahip yüksek kısımların mürekkebi alabilmeleri için, aniloks merdanesinin hücre sayısı, kalıp (klişe) tram değerinin 2,5 - 5,5 katı şeklinde olmalıdır. Örneğin; Şekil 4'te de verilen örnekteki gibi, 25 lpc'lik bir kalıp tramına en az, 75 veya 100 lpc'lik ($\times 2,5$) bir aniloks merdanesi veya 70 lpc'lik kalıp tram sıklığına 400 lpc'lük ($\times 5,5$) tramlı aniloks merdanesi uygun olacaktır. Aksi takdirde, kalıp (klişe) baskı esnasında tüm alanlardan mürekkep alamayacaktır [15]. Baskıda mürekkep transferinde, miktar ve homojenliği etkileyen kalite faktörlerinden biri de aniloks yüzey yapısıdır. Aniloks, krom ile kaplanmış çelik veya lazer ile indirgenmiş seramikten oluşur. Seramik yüzey çok serttir, bu özellik baskı kalitesi için oldukça önemlidir. Sert seramik yüzey, merdanelerin mürekkep sıyrıcı bıçak (doctor blade) tarafından uzun süre aşınmadan kullanılmasını, transfer ettikleri mürekkep miktarının hep aynı seviyede kalarak baskının tekrarlanabilirlik noktasında standartlığını sağlar [11]. Aniloks merdanesinin aşınması, transfer ettiği mürekkep miktarını olumsuz yönde etkiler [16].

Baskı Kalıbı (Klişe)

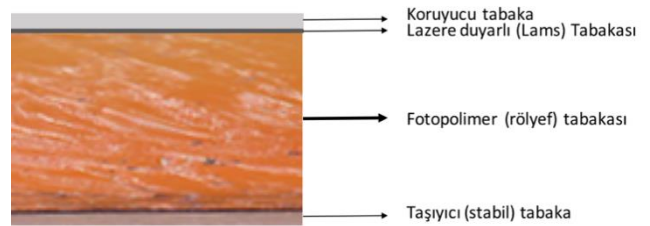
Flekso baskı kalıbı, mürekkebi baskı altı malzemesine aktaran, elastik bir taban üzerinde oluşturulan dış büyük bir malzemedir [12]. Baskı kalitesini etkileyen en önemli etkenlerden biridir. Başlangıçta doğal

kauçuktan, daha sonra sentetik kauçuktan ve günümüzde ise fotopolimerden yapılmış esnek kalıplardır [17].



Şekil 4. Kalıp tram sıklığı aniloks hücre sayısı ilişkisi

Kalıplar konvansiyonel ve dijital (CtP) yöntem olmak üzere iki yöntemle hazırlanır. Konvansiyonel yöntemde görüntü aktarımında film kullanılırken, dijital sistemde film yerine görüntünün direkt kalıp üzerine işlendiği lazerler kullanılır. Bu çalışmadaki test baskılarında, dijital (CtP) yöntem ile hazırlanan kalıplar kullanılmış olup, bu bölümde bu kalıpların hazırlama süreci detaylandırılmıştır. İşlenmemiş dijital (CtP) kalıplar; Şekil 5'te görüldüğü gibi, koruyucu tabaka, lazere duyarlı siyah ince bir tabaka (lam-lazer ablasyon maske tabakası), fotopolimer tabaka ve taşıyıcı (asetat-stabil) tabakadan oluşur [6].



Şekil 5. Dijital (Ctp) işlem görmemiş flekso kalıp yapısı

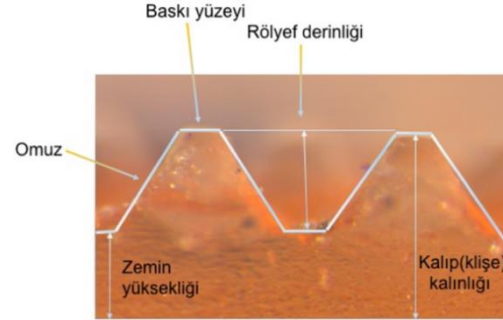
Dijital kalıp hazırlama aşamasında, ilk olarak ön poz (arka poz) verilir. Arka poz, kalıp yüzeyinin homojen olarak sertleşmesi ve fotopolimer ile asetatin birbirine daha iyi yapışmasını sağlamak için kalıbın sırt kısmından (stabil tabaka) verilir. Ayrıca, ana poz süresini düşürmek, baskı için uygun yüksekliğin oluşmasına yardımcı olmak, fotopolimer katman ile polyester tabanın birbirine daha kuvvetli bir şekilde yapışmasını sağlamak ve ince çizgiler ile ince tram noktaları için uygun bir zemin hazırlanmak için de verilir. Arka poz sonrasında, kalıbın üzerinde bulunan ortalama kalınlığı 0.0127 cm olan koruyucu tabaka kaldırılır. Ana pozlandırma öncesi, dijital olarak lazer kullanılarak kalıp üzerinde görüntü oluşturulur. Bu aşamada kalıp üzerinde bulunan özel bir şablon tabaka (lams), lazer ile işlenerek ışık geçirmeyen şablon tabaka üzerinde negatif olarak görüntü olan bölgeleri açar. Bir sonraki ana pozlandırma aşamasında açık olan bu bölgelerden ışık geçerek kalıp pozlandırılır. Işık gören fotopolimer kalıp polimerizasyona uğrayarak, banyoda çözünmez hale gelir [6]. Poz görmemiş fotopolimer yüzey ise yumuşak kalır. Kalıp üzerinde görüntü oluşumu için indirme işlemine geçilir.

Kalıp indirmede iki yöntem kullanılır. Modern sistemlerdeki termal indirgemede, kalıbın poz görmeyen bölümlerindeki polimerize olmamış kısımlar ısıdan

etkilenerek çözülür ve bu çözülen monomer, dokunmamış kumaştan (nonwoven) imal edilmiş olan indirme bobini tarafından alınarak kalıptan uzaklaştırılır. Tambur iç kısmından yaklaşık 50 °C'ye kadar ısıtılır. Aynı anda kalıp yukarıdan kızıl ötesi bir ısıtıcı yardımıyla da ısıtılır. Yükselen sıcaklıkla kalıbın poz görmemiş, çapraz bağlanmamış iş olmayan bölgeleri çözülür ve akışkan hale gelir. Dokunmamış kumaş, kalıpla temas ettiğinde çözülmüş olan kısımları kalıp üzerinden kaldırır. Uygulanan basınç ve sıcaklık derecesi, fotopolimer kalıbın bileşimine göre değişir. Her tip kalıbın farklı çözülme noktası vardır. İstenen rölyef derinliği elde edilene kadar kalıp dokunmamış kumaş ile temas ettirilir [18]. Uzun pozlamalarda da rölyef derinliği azalır. Bir çok flekso uygulamaları için 0.051-0.064 cm rölyef derinliği uygundur. Kalın kalıplar 0.076-0.318 cm gibi daha derin rölyefe sahiptir. Kalıp üretiminde kullanılan UV-A ve UV-C dalga boyları kalıp üzerinde nokta oluşumunda etkili olmaktadır. Pozlandırılmada yoğun bir şekilde UV-A'nın kullanılması noktalar üzerinde genişlemelere neden olur. Bu sistem indirgemede solvent veya su kullanılmadığı için daha çevreci olarak kabul görmektedir.

İkinci yöntem indirme işleminde, ana poz sürecinde poz görmemiş, polimerizasyona uğramayan yumuşak kalan fotopolimer materyal, yüksek baskı kalıbını oluşturmak üzere çözülerek solventin içine karışır. Bu indirgede, solvent kalıp üzerinde iş olmayan yerlerdeki fotopolimeri fırçalar yardımıyla çözerek kalıp üzerinden uzaklaştırır. İndirme işlemi polimerin yüzeyinden başlar ve aşağıya doğru devam eder. İndirme solventinin bileşimi, sıcaklığı ve uygulanma süresi, fırça basıncı gibi faktörlere bağlı olarak değişim gösterir. İndirme derinliği arka poz ile sınırlandırılmıştır [11]. İndirme sırasında kalıp, solventi emdiği için şişer, bu nedenle indirme işlemi bittikten sonra, kalıp tarafından emilmiş olan kimyasalın kurutulması gerekir. Bu işlem için sıcak hava kullanılır. Kurutma, kalıbın orijinal ve standart kalınlığına geri dönmesini sağlar. Kurumanın iyi olması özellikle trikromi baskı için hazırlanan kalıplarda çok önemlidir. Kalıpta oluşacak dengesizlik, ton ve renk reproduksiyonunun kalitesini etkileyecektir. Trikromi işler için hazırlanan kalıpların kuruma süreleri, tire işler için hazırlanan kalıpların kuruma sürelerinden daha uzundur. Solvent tram noktalarının arasında kaldığı için, kuruması biraz daha uzun sürmektedir. Hangi indirme yöntemi kullanılırsa kullanılsın (termal veya solvent) kalıpların hepsine ışıkla sonlandırma (UV-C) ve son poz (UV-A) uygulanmalıdır. Kalıp, UV-C ultraviyole dalga boyu ile pozlandırılarak indirgeme sonrası yüzeyinde oluşan yapışkanlığı giderilir. Son poz verilerek kalıbın polimerizasyon işlemini tamamlayıp, kalıbın maksimum güce ulaşması ve solventlere karşı dayanıklılık kazanması sağlanır. Son poz sonrası kalıplar baskıya hazır hale gelir. Konvansiyonel ve dijital kalıp çekimlerinin her ikisinde de görüntü ebatlarının, baskı sırasında görüntünün uzamasına karşı, uygun oranda boydan kısaltılması gerekir [19].

Dijital kalıp hazırlama sürecinde film kullanılmadığı için, konvansiyonel kalıp üretimine kıyasla nokta kazancı çok daha küçük, baskı nokta profilleri de daha



Şekil 6. Baskıya hazır flekso kalıp kesiti

dik oluşur ve film ile pozlama sırasında ortaya çıkan birçok hata da ortadan kalkar. Nokta kazancı, noktanın mekanik etkilerden ve baskı altı malzemesiyle baskı mürekkeplerinin kimyasal özelliklerinden dolayı bir miktar şişmesi, büyümesidir [20]. Tram noktalarının kontrollü olarak elde edilebilmesi ile açık tonlarda nokta kaybı ve koyu tonlarda ise kapanma (zeminleşme) olmamaktadır. %1 ile %100 arasındaki ton aralığı düzgün olarak elde edilebildiği için, trikromi baskıda elde edilebilen renk evreni genişlemektedir. Konvansiyonel sistemde film malzemesi kalınlığından kaynaklı, pozlamada alt ışınım ve ışık saçılımı olayının oluşması, tram sıklığının nokta sayısı arttırdığında, nokta şişmesi sonucunda yanındaki noktanın oluşmamasına neden olur. Bu durum konvansiyonel kalıp üretimi ile elde edilen kalıplar ile en fazla 48 l/cm sıklığında, %10 - % 85-90 arası tram ton değerinde nokta basılabildiği, dijital kalıp oluşumunda ise, %1-2 / % 98 arası tram ton değeri elde edildiği ve daha yüksek tram sıklığı ile baskı elde edildiği görülmüştür. Baskılardaki kalite, kalıp üzerinde oluşan nokta şekline, basan yüzey yüksekliğine (rölyef derinliğine) ve en küçük ve büyük nokta tram ton değerlerine bağlıdır (Şekil 6).

Baskı kalitesini etkileyen faktörlerden biride, kalıp sertlik (shore) değeridir. Flekso baskıda 34-85 shore A arası kalıplar kullanılmaktadır. Oluklu mukavva gibi yüzeyi pürüzlü malzemeler üzerine shore derecesi düşük daha yumuşak kalıplar kullanılırken, shore derecesi 60'dan büyük olan kalıplar yüksek kalite beklenen baskılarda kullanılırlar. Bu tür kalıplar daha küçük nokta oluşumuna izin verir ve baskı sürecinde aşınmaya karşı dirençleri daha fazladır. Kaliteli baskıların devamı için bu önemli bir kriterdir. Kalıp kalınlıkları 0.76- 6.35 mm arası değişmektedir. En çok kullanılan 1.14-2.84 mm arası kalıplardır. Pürüzsüz yüzeylerde daha ince kalıplar kullanılırken, pürüzlü yüzeylerde daha kalın kalıplar kullanılmaktadır. Ambalaja yönelik etiket baskıcılığında, en sık 1.14 mm kalıplar, esnek ambalaj baskılarında 1.14-1.7 mm kalınlığında kalıplar oluklu mukavva ve çok katmanlı torbaların baskılarında ise 3.17-6.35 mm'lik kalıplar kullanılır. İnce kalıplar, maliyet düşüklüğü, rölyef derinliği düşüklüğü, hazırlanma süresinin azlığı, iç gerilmenin ve deformasyonun çok az oluşu, mürekkep transfer

kontrolünün daha iyi sağlanması ve bunlara ek olarak daha kaliteli baskılar vermesi nedeniyle daha çok tercih edilmektedir. Baskıya hazır hale gelen kalıplar, farklı sertliklere sahip, kalınlığı 0.15-1.57 mm arası değişen çift taraflı bantlar kullanılarak kalıp silindiri üzerine yapıştırılır. Etiketleri ve esnek ambalaj malzemeleri kalıplarının yapıştırılmasında kullanılan bant kalınlıkları 0.15-0.55 mm arasındadır. Kalın bantlar, kalıp ile baskı silindiri arasındaki mesafeyi tölere etmek için tercih edilir. Bantların seçimi baskı sürecinde ve baskı optimizasyonunda rol oynar. Yumuşak bantlar, yarım ton yüksek kaliteli işlerde, orta sertlikteki bantlar, orta kalitedeki esnek ambalaj malzemelerinin basılmasında, sert bantlar ise düz zemin baskılarda kullanılır. Ayrıca bu kalıp türleri, baskı işleminde kullanılan mürekkep türleri ve özelliklerine göre uygun yapıda olmalıdır. Yanlış seçim, baskı sırasında kalıpların şişmesine, baskıların kalitesini olumsuz yönde etkilemesine ve renk standartlığının sağlanamamasına neden olur. Flekso baskıda kaliteyi belirleyen parametreler olarak, mürekkep ve özellikleri, montaj, aniloks merdanesi, basınç (forsa) ayarı, baskı kalıbı, tasarım, baskı altı malzemesi ve yapısı, baskı altı malzemesinin yüzey pürüzlülüğü, yüzey gerilimi, kalıp üzerindeki nokta yapısı, nokta keskinliği, nokta şekli, nokta omuz açısı, nokta yüzeyi, basan yüzey yüksekliği (rölyef derinliği), çizgi ve metin öğelerinin keskinliği gibi özellikler söylenebilir [21].

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Çalışmada, esnek ambalaj sektöründe en çok kullanılan baskı sistemi olan flekso baskı ile plastik film malzeme üzerine bilgisayar kontrollü makinelerde test baskıları gerçekleştirilmiştir. Test baskısında, ambalaj ve baskı sektöründe en fazla kullanılan ve en ucuz transparan film olan Polietilen (PE) malzemesi seçilmiştir. Flekso baskı için Şekil 7'de görülen skala oluşturulmuştur. Bu skalada, toplam 1504 renk kutucuğundan oluşan ECI 2002 CMYK11_IO_1PPM5.0.5. renk skalası, üç adet ISO 300 standart fotoğraf, bir adet Fuji tarafından görsel kalite kontrolde kullanılan CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Black) fotoğraf, 0.25 - 8 puntoya kadar değişen kalınlıkta çizgiler, 2 -12 puntoya kadar yazılar, CMYK için %1'den %100'e kadar noktalar, trapping ölçme alanları, baskıdaki renk dengesini kontrol edebilmek için oluşturulmuş gri balans skalası ve UGRA/FOGRA postscript kontrol skalası vardır.

Yöntem

Hazırlanan test skalasındaki ECI 2002 renk skalası, yapılan baskılar sonucunda renk profilleri çıkarmak ve karşılaştırmalar yapmak için, ISO 300 standart resim, gözle kontrol için, mikro çizgiler ve yazılar, görüntülenebilen en ince çizgi yada yazıyı görebilmek için, trapping alanları, baskılarda oluşan trapping (mürekkep üstüne mürekkep kabulü) değerlerini ölçebilmek için, %1'den %100'e kadar olan tram noktaları, nokta kazancı değerlerini detaylı olarak ölçebilmek için, UGRA/FOGRA kontrol skalası ise,

hazırlanan özel kontrol alanlarının bulunduğu skala değerlerinin ISO standartlarına uygunluğunu ölçmek için, gri balans skalası ise genel olarak baskıdaki renklerin dengeli oranda kullanılmasının gözle kontrolü amacıyla kullanılmıştır. Yapılan test baskıları üzerinde gözle, elektronik baskı kontrol cihazları ve mikroskopla standartlara göre mukayeseli inceleme, ölçüm ve tespitler yapılmıştır. Test baskılarının tamamında densitometrik ve spektrofotometrik ölçümler D19c Gretagmacbeth-Spectroeye spektrofotometre ile, yüzey ve ara yüzey inceleme ve görüntüleme işlemleri ise Leice L2 S8APOL markası stereoskopik mikroskopla yapılmıştır. Renk evreni profilleri ise Eyeone Pro cihazı ve GretagMacbeth Profile Maker Pro 5.0.8 programı kullanılarak çıkartılmıştır.

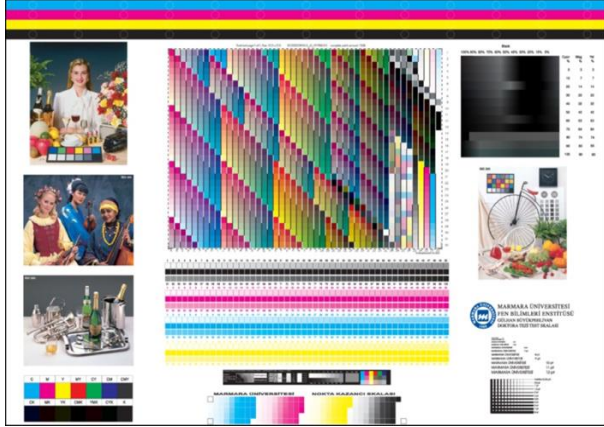
BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada, flekso baskı sistemine uygun, öncelikle, Polietilen (PE) malzemenin basılabilirlik açısından fiziksel özellikleri tespit edilmiş daha sonra özel hazırlanan test skalası ile kalıplar, dijital yöntem (CtP) ile hazırlanarak uygun malzemelerle test baskıları gerçekleştirilmiştir. Test baskılarının yüzey ve ara yüzey inceleme ve değerlendirmeleri densitometre ve spektrofotometre ile yapılmıştır. Baskıların mikroskopla alınan görüntüleri ile nokta kazancı, renk densite değeri, mürekkep üstüne mürekkep kabulü, renk oturması, malzeme üzerinde mürekkep tutunması gibi kaliteyi birinci derecede etkileyen parametreler fiziksel ve görsel olarak tespit edilmiştir. Bilgisayar kontrollü flekso baskı sistemlerinin kalite faktörlerinin tespit edilmesinde ve sürekliliğinin sağlanmasında elektronik ve bilgisayarlı kontrol sistemlerinin kullanılması optimum sonuçların alınmasında zorunludur. Çıplak gözle iki renk arasındaki % 7-8'lik sapma ancak tespit edilebilirken bilgisayarlı spektrofotometre ile %1'lik sapma bile tespit edilebilmektedir. Flekso test baskılarının, ölçüm ve incelemelere ait bulguları aşağıda detaylı biçimde açıklanmıştır. Polietilen (PE) malzeme üzerine yapılan flekso baskının teknik detayları Tablo 1'de verilmiştir.

Test baskıları bulguları; Baskının optimum parametrelerle ve uygun fiziksel şartlarda yapıldığında 48 lpc tram sıklığındaki %1'lik noktaların pürüzsüz plastik film (PE) yüzeyine deformasyona uğramadan basılabildiği tespit edilmiştir. Önceki test baskı denemelerinde 48 lpc tram sıklığının üzerindeki sıklıklarda %1-5 arası tram noktaları kalıp yüzeyinde elde edilebilmelerine rağmen özellikle yüksek miktarlı baskı işlerinde bu küçük noktaların deformasyona uğraması nedeniyle sürekli ve stabil baskı sonuçları alınamamıştır. Bu nedenle çok yüksek miktarlı ticari flekso baskılarda 48 lpc tram sıklığında daha iyi sonuçların alındığı tespit edilmiştir. Daha yüksek tram sıklıklarında %1'lik bir nokta, baskı basıncı, baskı altı malzemesi yüzeyine temas, baskı mürekkep solventi etkileri nedeniyle deforme olduğu görülmüştür.

D19c Gretagmacbeth-Spectroeye spektrofotometre ile test baskı kontrol şeridi üzerindeki zemin alanlarından yapılan CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Black) zemin

densitometre değerleri ISO 12647-6 2004'e standardı [24] baz alınarak ölçülmüş, Tablo 2'de de görüldüğü gibi densite değerlerinin kabul edilen tolerans aralığında olduğu görülmüştür. Bu sonuçla, Valdec ve arkadaşlarının [22] çalışmalarına yakın veri elde edilmiştir.



Şekil 7. Flekso test baskı için özel hazırlanan skala

Tablo 1. Flekso test baskısı bilgileri

Kalıp Yapma Makinesi	Dupont Cyrel Fast
Kalıp Sertlik Derecesi	78 shore
Kalıp Kalınlığı	1.14 mm
Film Tram Sıklığı	48 lpc
Tram Açılırları	Cyan 7,5 ⁰ Magenta 67,5 ⁰ Yellow 82,5 ⁰ Black 37,5 ⁰
Kalıp Hazırlama Yöntemi	Solventli Dijital Sistem
Aniloks Merdane Yapısı ve Sıklığı	Seramik, 260
Mürekkep	Solvent Bazlı
Viskozite	18 Pa.s
Baskıaltı Malzemesi	Polietilen (PE)
Baskı Makinesi	Axsa 8 Bielloni, 8 üniteli

Tablo 2. Flekso baskı test baskısı zemin densite değerleri

Renk	ISO Standardı	Tolerans	Ölçülen Densite
Cyan	1,25	± 0.10	1,28
Magenta	1,20	± 0.10	1,23
Yellow	1,00	± 0.05	1,05
Black	1,40	± 0.15	1,35

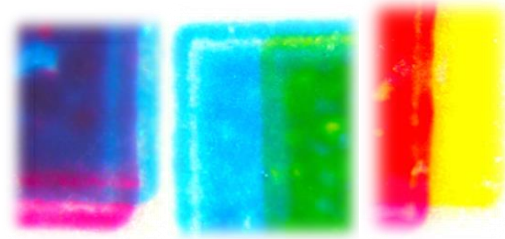
Şekil 8'de de görüldüğü gibi test baskılarındaki trapping alanları oranlarının densitometre ile yapılan trapping ölçümleri sonucunda C, M ve Y'nın birbirlerini kabul etme oranlarının standartlara uygun olduğu tespit edilmiştir. Tablo 3 incelendiğinde CMY renkleri arasında, en iyi trapping oranının % 85 ile Cyan (C) ve Yellow (Y) renklerinin arasında, en düşük trapping değerinin ise % 76,6 oranıyla Magenta (M) ve Yellow (Y) renkleri arasında gerçekleştiği tespit edilmiştir. % 65 ile % 85 arası trapping değerleri, renklerin birbirini kabul etme oranı açısından standartlara uygundur.

Flekso baskıda, plastik film, baskı merdaneleri arasından 350-400 m/dak. hızla geçmektedir. Bu nedenle baskının kalite kontrolü ve renk oturma

(register) bilgisayar desteğiyle yapılmaktadır. Bu işlem makine içinden akan malzeme üzerindeki görüntünün bir bilgisayar ekranına alınması ile gerçekleştirilir. Renk oturma ayarları makine dışındaki kontrol panelinden yapılmıştır.

Tablo 3. Test baskısına ait trapping değerleri

Renk	Trapping (%)
CM	80
CY	85
MY	76,6



Şekil 8. Trikromi trapping alanları (CM-CY-MY)

Basılı malzeme yüzeyindeki görüntüdeki tram noktalarının rezülasyonuna en çok etki eden unsurlar; mürekkebin viskozitesi, kalıbın shore sertliği, baskı altı malzemesinin fiziksel özellikleri, aniloks sıklığı, kalıp yüzeyindeki noktanın yapısı ve baskı makinesinin hızıdır. Yapılan test baskısında bütün bu unsurlara dikkat edilmiştir. Buna rağmen kalıp yüzeyinde CtP ile oluşturulan düzgün noktaların, basılı görüntülerinin 160 ve 80 kez büyütülerek çekilen fotoğrafları incelendiğinde, baskı yüzeyinde engellenemeyen densitesi yetersiz mikro beyaz alanların olduğu görülmüştür (Şekil 9-10a).



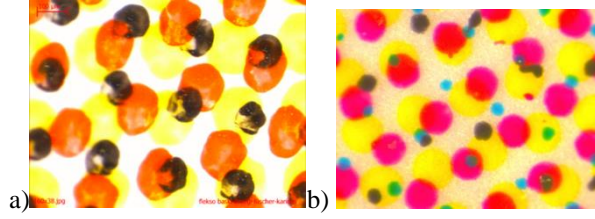
Şekil 9. Test baskısına ait orta tonlardaki %45 noktanın (x160) ve 2 punto yazının (x80) kat büyütülmüş görüntüleri

Ayrıca, %95 gibi yüksek tram ton değerlerinde de noktaların birleşme bölgelerinde düşük mürekkep viskozitesinden kaynaklanan, Olsson ve arkadaşlarının [25] çalışmasındaki sonucunu da destekleyen, yayılmalar tespit edilmiş bu da noktalar arasındaki beyaz bölgelerin, şekil bozukluklarına neden olduğu tespit edilmiştir.

Bu olumsuzluklar, flekso baskıyla elde edilen renk evreni alanını, diğer baskı yöntemlerine göre daha daraltmaktadır (Şekil 13).

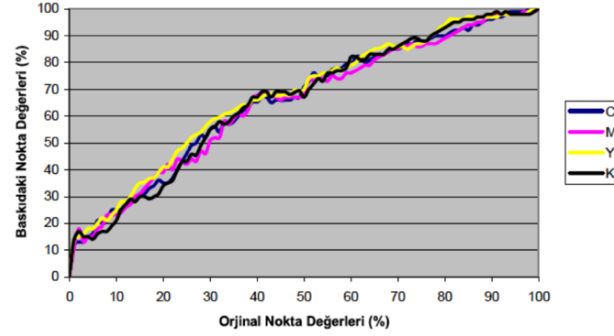
Nokta kazancı, herhangi bir tram noktasının fiziksel büyümesini gösterir. Baskı yapılan işin orjinal tram nokta alanı ve baskıda aynı noktanın alanının büyüklüğünü ölçmek suretiyle hesaplanır. Bu çalışmada, test baskıları, ISO değerleri ile yapılan

baskılarda önerilen mürekkep zemin densite değerlerine yakın densiteler kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



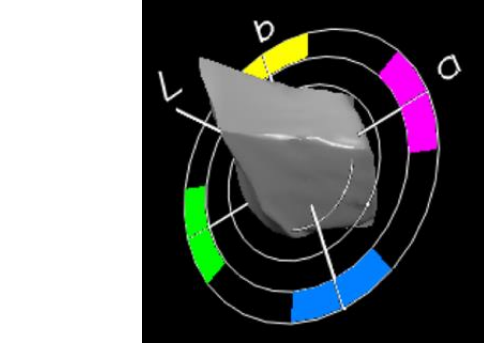
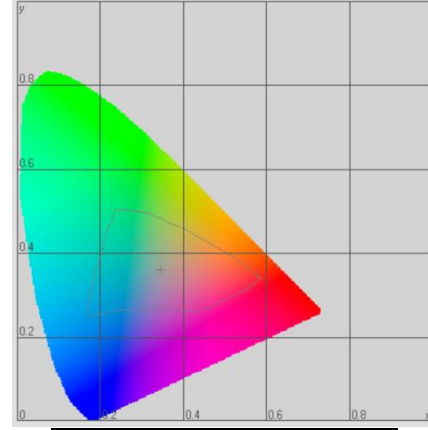
Şekil 10. Polietilen malzemeler üzerindeki nokta kazancı ve deforme olmuş yetersiz densiteli tram noktaları (a) ve bozulmamış yeterli densiteli tram noktalar (b)

Spektrofotometre ile yapılan nokta kazancı grafiği incelendiğinde, Gençoğlu ve arkadaşlarının [10] çalışmasını da destekleyen, nokta kazancının en fazla orta tonlarda gerçekleştiği, fakat bu değerlerin de kabul edilen standartlar içerisinde yer aldığı tespit edilmiştir. Ayrıca tüm renklerin yer aldığı nokta kazancı grafiği de Şekil 11'de görüldüğü gibi kabul edilir sınırlar içerisinde yer almaktadır.

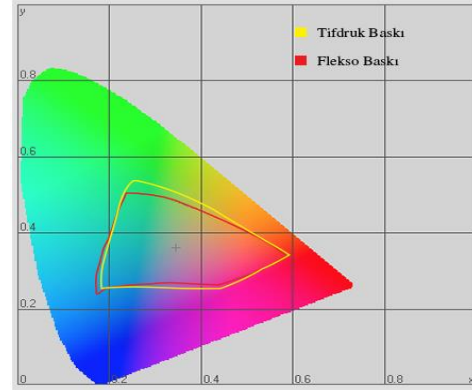


Şekil 11. Flekso test baskısına ait CMYK nokta kazancı grafiği

Test baskısında, mürekkep viskozitesi yaklaşık 18 Pa.s ayarlandı. Solvent bazlı mürekkep ile plastik film malzemeler üzerinde kaliteli baskı elde etmek için kapalı mürekkepleme sistemi kullanıldı. Bir baskı sisteminin renk evreni; o baskı sisteminin baskı öncesi hazırlık çalışmaları, baskı ve baskıda kullanılan malzemelere ait unsurlar çerçevesinde ortaya çıkarabildiği renk hacmi demektir [23]. Şekil 12'de de görüldüğü gibi, yapılan flekso test baskısının L^*a^*b değerlerinin verebildiği renk evreni, ECI 2002 CMYK renk skalasının Eyeone Pro cihazı ile taranmasıyla elde edilmiş ve 3 boyutlu görüntüsü oluşturulmuştur. Plastik filmler üzerine baskı yapan tıfdruk baskı sistemi ile flekso baskı sisteminin verdiği renk evrenleriyle görsel karşılaştırılması sonucu, flekso baskının, renk evreni kapasitesinin daha düşük olduğu görülmüştür. Şekil 13'de de görüldüğü gibi tıfdruk baskı sistemi renk evreninde flekso baskıya göre daha geniş mavi ve yeşil tonların elde edildiği tespit edilmiştir. Son yıllarda flekso baskıdaki dijital ve bilgisayar sistemlerinin gelişmesine bağlı olarak, daha fazla renk (CMYK+yeşil, turuncu, mor) basabilme çalışmaları uygulanmakta, böylece, flekso baskının renk evreni genişletilerek, tıfdruk baskı kalitesine yaklaşılmaya çalışılmaktadır.



Şekil 12. Test baskısına ait renk evreni ve renk evreninin 3 boyutlu görüntüsü



Şekil 13. Flekso ve tıfdruk baskıya ait renk evreni karşılaştırması

Flekso baskıda standartlara uygun kaliteli sonuçların alınmasının birçok değişkene bağlı olduğu, ancak bunlara birincil derecede direkt etki eden unsurların neler olduğu ise yapılan test baskılarının genel değerlendirilmesi sonucu tespit edilmiştir. Bu unsurlar;

- Baskı öncesi bilgisayardaki hazırlık işlemlerinin kalitesi, yani Photoshop, ESCO gibi resim işleme programlarını kullanan operatörün bilgi ve becerisi,
- Kalıbın hazırlanma tekniği yani filmle analog (konvansiyonel) yada filmsiz dijital (CtP) olması,
- Film ya da dijital (CtP) ile kalıp hazırlamada malzemenin ve pozlandırma işlemlerinin kalitesi,
- Baskı makinesinin bakımı, operatörün mesleki bilgi ve becerisi,
- Aniloks merdane hücre sıklığı,

-Baskı altı malzemesi ve mürekkep gibi hammaddelerin kalitesi, fiziksel özellikleri ve birbirine uygun seçimi,
-Baskı atölyesinin fiziksel şartları, başlıcalarıdır.

SONUÇ

Çalışmada, Polietilen üzerine flekso baskı ile yapılan test baskıları sonucunda; baskı kalitesini etkileyen faktörler ve öncelikle baskılarda renk farklılığına neden olan etmenler ve maksimum renk evrenini basabilmek için gerekli olan optimum şartlar uygulamalı olarak belirlenmiştir. Test baskıları değerlendirilmesi sonucunda;

- ISO 12647-6 standardı baz alınarak spektrofotometre ile ölçümünde CMYK Zemin densitometrik değerlerin istenilen aralıkta olduğu tespit edilmiştir.
- %65 ile % 85 arası ölçülen trapping değerlerinin kabul edilebilir sınırlarda olduğu belirlenmiştir.
- Çok yüksek miktarda ticari flekso baskılarında 48 lpc tram sıklığı tercih edilmelidir. Çünkü flekso baskı makineleri 350-400 m/dak. hızda baskı yapan makinelerdir. Bu hızdaki çalışma, yüksek miktarda baskı işlerinde, 60 lpc tram sıklığındaki % 1-5 arası tram ton değerine sahip noktaların deforme olup kırılmalarına neden olduğu tespit edilmiştir.
- Flekso baskıda, nokta kazancının orta tonlarda daha fazla olduğu belirlenmiştir.
- Baskılarda, engellenemeyen densitesi yetersiz mikro beyaz alanlar ve yüksek tram ton değerlerindeki noktaların, birleşme bölgelerinde yayılmalar olduğu, noktalar arasında kalan beyaz bölgelerde şekil bozukluklarına neden olduğu görülmüştür. Bu durumun renk evrenini olumsuz etkilediği belirlenmiştir.
- Flekso baskıyla elde edilen renk evreni alanının, tıfdruck baskı renk evrenine göre, özellikle mavi ve yeşil tonlarda daha dar olduğu tespit edilmiştir.

NOT: Bu makale Gülhan Acar Büyükpehlivan'ın Doktora tezinden üretilmiştir.

KAYNAKÇA

- [1] Demir M. Plastik Esaslı Ambalajlar pdf, <https://docplayer.biz.tr/4539640-Plastik-esasli-ambalajlar.html>, Mayıs, 2020.
- [2] Aydemir C. Ambalaj Üretiminde Kullanılan Plastik Filmler, Plastik, Ambalaj, Makine ve Kalıp Sektörünün Aylık Teknik Dergisi, 2012.
- [3] Abdel-Bary E.M. Handbook of Plastic Films. Rapra Technology Limited, UK, p. 67 2003.
- [4] Peter S. Report About Blown Film Extrusion Production Processes at Luuka Plastics Limited, Kyambogo University Faculty Of Engineering Department Of Mechanical and Production Engineering Third Year Industrial Training Report, Uganda, 2017.
- [5] Holik H. Handbook of Paper and Board. Wiley-Vch Verlag Gmbh Co. Kga, Weinheim, p. 355, 2006.
- [6] Kipphan H. Handbook of Print Media Technologies and Production Methods, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, p.47-398, 2001.
- [7] Izdebska J. Flexographic printing: printing on polymers Fundamentals and Applications, ScienceDirect, Elsevier Inc., p. 179-197, 2016.
- [8] Bassemir R.W., Bean A.J. Inks: The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology, Third Edition, Edited by Kit L.Yam, A John Wiley Sons, Inc., Publication, 2009.
- [9] Roy S.M., Karmakar N.C., Yerramilli R., Swiegers G.F. Printing Techniques and Performance of Chipless Tag Design on Flexible Low-Cost Thin-Film Substrates. In Chipless and Conventional Radio Frequency Identification: Systems for Ubiquitous Tagging, IGI Global. p. 175-195, 2012.
- [10] Gençoğlu E.N., Kurt M.B. Flekso Baskı Sisteminde Kalıp Kalınlığının ve Basan Yüzey Yüksekliğinin Nokta Kazancına Etkisi. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 14:27 01-21, 2015.
- [11] Gençoğlu E.N., Şimşeker O., Özdemir L. Flekso Baskı Sistemi, Dupont Türkiye, Geliştirilmiş 2. Baskı, İstanbul, Türkiye, s. 68-121, 2009.
- [12] Izdebska J. Corona Treatment: Printing On Polymers Fundamentals and Applications, ScienceDirect, Elsevier Inc., p. 123-142, 2016.
- [13] Dunn T. Flexographic Printing: Manufacturing Flexible Packaging. p. 27-37, 2015.
- [14] Gallus H.D. Screens From Eskoartwork and Kodak Flexcel NX, Edition 24, https://www.gallus-group.com/archiv/en/desktopdefault.aspx/tabid-327/488_read-1023.html, 2010,1 Haziran 2020).
- [15] Oktav M., Tutak D., Yaman Ö., Acar B.G. Flekso Baskıda Mürekkep Viskozitesinin ve Aniloks Sıklığının Renk Değerlerine Etkisinin İncelenmesi . V. Uluslararası Ambalaj Kongresi ve Sergisi, 22-24 Kasım, Türkiye, 2007.
- [16] Huey M. Anilox Rolls-The Aorta of the Printing Process. FlexoGlobal, November, 32-35, 2008.
- [17] Bohlin E. Surface and Porous Structure of Pigment Coatings: Interactions With Flexographic Ink and Effects on Print Quality, Doctoral Dissertation, Karlstads Universitet, 2013.
- [18] Gençoğlu E.N., Oktav M., Kurt M.B. Flekso Baskı Sisteminde Tram Sıklığının ve Aniloks Değerinin Nokta Şişmesine Etkisinin İncelenmesi. III. Uluslararası Matbaa Teknolojileri Sempozyumu, 22-23 Ekim 2009, Türkiye, 2009.
- [19] Büyükpehlivan G. Bilgisayar Kontrollü Baskı Sistemlerinin Kalite Faktörlerinin Tesbiti, Doktora Tezi, T.C. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Matbaa Eğitimi Anabilim Dalı, İstanbul, 2008.
- [20] Oğuz M. Ofset Baskıda, Fogra'nın Skala ve Standartlarının Farklı Kağıtlara Uygulanarak, Kalite Kriterlerinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, T.C. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Matbaa Eğitimi Anabilim Dalı, İstanbul, 2002.
- [21] Valdec D., Miljković P., Čerepinko D. The Impact of Top Dot Shapes of the Printing Plate on Dot Formation in Flexography. Tehnički Vjesnik, 25:2 596-602, 2018.
- [22] Valdec D., Miljković P., Auguštin B. The Influence of Printing Substrate Properties on Color Characterization in Flexography According to the ISO Specifications, Tehnički Glasnik, 11:3 73-77, 2017.
- [23] Oktav M., Acar B.G. Baskı Sistemlerine Ait Renk Evrenlerinin Karşılaştırılması. III. Uluslararası Matbaa Teknolojileri Sempozyumu, 22 Ekim 2009, s. 310-323, 2009.

- [24] ISO 12647-6 Process Control for The Manufacture of Half-Tone Colour Separations, Proof and Production Prints, 2004.
- [25] Olsson R., Yang L., Stam J., Lestelius M. Effects of Elevated Temperature on Flexographic Printing. In Advances in Printing and Media Technology, Proceedings of the 34th Research Conference of IARIGAI, Grenoble, France, p. 1, 2007.