



Elif Yılmaz, Sevda Altaş

Ege University, İzmir-Turkey

elif.yilmaz@ege.edu.tr; sevda.altas@ege.edu.tr;

Nildeniz Adman

Bak Packaging Industry Trade Inc., nildeniz.adman@bakambalaj.com.tr,
İzmir-Turkey

DOI	http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2020.15.4.1A0460	
ORCID ID	0000-0002-0433-0336	0000-0002-2504-8794
	0000-0003-2905-4291	
CORRESPONDING AUTHOR	Elif Yılmaz	

**LAMİNASYON TEKNİĞİ İLE ÜRETİLEN FİMLERE UYGULANAN TEKRARLI YIKAMALARIN,
PARLAKLIK, LAMİNASYON KUVVETİ VE OPTİK DANSİTE ÖZELLİKLERİ AÇISINDAN
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

Öz

Sim iplikler bir veya her iki yüzü alüminyum ile metalize edilmiş farklı kalınlıklardaki filmlerin, istenen ölçülerde dikdörtgen formda kesilmesi ve belirli bir gerilim altında bobinlere sarılması ile üretilmektedir. Bu ipliklerden mamul tekstil ürünleri, çoğu tekstil ürünü gibi tekrarlı yıkamalara maruz kalmakta; sim ipliklerin metal yüzeyleri zamanla aşınmakta, parlak görünüm azalmakta veya kaybolmaktadır. Bu durum nihai ürünün kullanım ömrünü de etkilediğinden, istenmemektedir. Çalışmada, kullanım haslık ve mekanik özellikleri geliştirilmiş sim ipliklerin üretiminde kullanılmak üzere laminasyon tekniği ile farklı hammaddelerden lamine edilmiş filmler üretilmiştir. Lamine edilmiş filmler farklı sıcaklıklarda tekrarlı yıkamalara tabi tutulmuş ve yıkamaların filmlerin yüzey görünümleri ile laminasyon kuvveti ve optik dansite özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda tekrarlı yıkamaların laminasyon kuvvetini azalttığı, parlaklık özelliğinin hammadde cinsinden etkilendiği, numune cinsi, yıkama sıcaklığı ve yıkama tekrar sayısının optik dansite üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Laminasyon Tekniği, Sim İplik, Laminasyon Kuvveti, Optik Dansite, Parlaklık

**INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF REPETITIVE WASHINGS APPLIED TO FILMS PRODUCED
BY LAMINATION TECHNIQUE IN TERMS OF THE GLOSS, LAMINATION STRENGTH, AND
OPTICAL DENSITY PROPERTIES**

ABSTRACT

Metalized yarns are produced by cutting the films in different thicknesses, metalized with aluminum on one or both sides, in a rectangular form in the desired dimensions and wrapping them on bobbins under a certain tension. Textile products made of these yarns are exposed to repetitive washings like most textile products; metal surfaces of metalized yarns are abraded over time, their bright appearance decreases or disappears. It is undesirable because it affects the lifetime of the final product. In the study, laminated films were produced by the lamination technique using different raw materials to produce metalized yarns with the improved fastness and mechanical properties. Laminated films were subjected to repetitive washings at different temperatures, and the effects of washings on the surface appearance of the films, lamination strength, and optical density properties were examined. As a result of the study, it was determined that repetitive washings reduce the lamination strength, the gloss property is affected by raw material type, the sample type, washing temperature, and the number of washing cycles affect the optical density.

Keywords: Lamination Technique, Metalized Yarn, Lamination Strength, Optical Density, Gloss

How to Cite:

Yılmaz, E., Altaş, S. ve Adman, N., (2020). Laminasyon Tekniği İle Üretilen Filmlere Uygulanan Tekrarlı Yıkamaların, Parlaklık, Laminasyon Kuvveti ve Optik Dansite Özellikleri Açısından Etkilerinin İncelenmesi, Engineering Sciences (NWSAENS), 15(4):174-185, DOI: 10.12739/NWSA.2020.15.4.1A0460.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Laminasyon, farklı yüzey katmanlarının ısı ve basınç altında farklı yapıştırıcılar ile bir araya getirilerek tek bir katman haline dönüştürülmesi işlemidir. Lamine ibaresi geçen tüm materyallerde laminasyon işleminin uygulandığı bilinmektedir. Tekstil, mobilya ve gıda sektörü gibi birbirinden farklı alanlarda farklı teknikler kullanarak laminasyon yapılmaktadır [1, 2, 3, 4, 5 ve 6]. Yapıştırma, ısı ile eritme ve püskürtme yöntemleri laminasyonda kullanılan başlıca tekniklerdir. Isı ve basınç kullanarak farklı yüzeylerin birbirine tutunması için birleşenlerden bir tanesinin iyi bir iletken, diğerinin ise polietilen gibi bir plastik film olması gerekmektedir. Laminasyon öncesinde yapılan korona işlemi sayesinde filmlerin yüzey özellikleri iyileştirilmekte; filmlerin yüzey enerjisi, su emiciliği, kaplanabilme ve mürekkep alabilme özellikleri ile yapışkanların tutuculuğu arttırılabilmektedir [7 ve 8]. Tutkal kullanılarak uygulanan laminasyon tekniğinde, çözücü veya düşük moleküler ağırlıktaki yapıştırıcı birinci yüzey filminin ikinci yüzey filmi ile birleşmesinden önce tüm yüzeyi kaplamaktadır. Ekstrüzyon laminasyon tekniğinde ise eriyen mum film yüzeyini kaplamakta ve belirli bir basınç altında yüzeylerin birbirine tutunması sağlanmaktadır. Bu yöntem özellikle bisküvi ve şekerleme endüstrisinde tercih edilmektedir.

Solvent bazlı laminasyon tekniği gıda ürünlerinin paketlenmesinde kullanılan metalize filmlerde, kimyasallarda, petrol ürünleri ve benzerlerinde tercih edilmektedir. Solventsiz laminasyon yöntemi, meyve suyu ambalajlarında, hazır gıdalarda ve çözücü içinde etil çözeltisi gerektirmeyen laminasyon uygulamalarında kullanılmakla birlikte, metalize filmler için daha az tercih edilen bir yöntemdir. Püskürtme yöntemi kullanarak yapılan laminasyon yöntemi ise özellikle yüksek mukavemet gerektiren yığın ürün ambalajlarında kullanılmaktadır. Lamine edilecek katlardan bir tanesinin dokuma polipropilen (Bopp) olma durumunda mutlaka püskürtme laminasyon yöntemi tercih edilmektedir [9]. Solventli, solventsiz ve püskürtmeli laminasyon tekniklerinde kullanılan yapıştırıcı malzeme miktarları karşılaştırıldığında; en yüksek oranda yapıştırıcının püskürtmeli yöntemde kullanıldığı, bunu sırasıyla solventsiz ve solventli laminasyon tekniklerinin izlediği görülmektedir. Çözücünün buharlaşmasından ötürü solventli laminasyon tekniğinde, solventsiz laminasyon tekniğine kıyasla daha az yapıştırıcı kullanılmaktadır. Bununla birlikte, solventli laminasyonda kütleme süresinin daha fazla olduğu bilinmektedir. Bu durum solventli laminasyonda, solventsiz laminasyona kıyasla daha az katı madde kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Püskürtmeli laminasyon tekniğinde ise külemeye ihtiyaç yoktur. Çünkü laminasyon sırasında soğutma silindirine temas eden yapıştırıcı (LDPE) direkt katılaşmaktadır. Yeşil sınır, yapıştırıcı malzemenin komple olarak kurduğu sınırdır. Bu sınır solventli laminasyonda daha uzun kütleme süresi gerekmesi sebebiyle solventsiz laminasyona göre daha fazladır. Çevre açısından değerlendirildiğinde, solventli laminasyonlarda işlem sırasında oluşan buharlaşmanın çevre kirliliğine sebebiyet verdiği bilinmektedir. Bu durum solventsiz ve püskürtmeli laminasyon tekniklerinde yaşanmamaktadır [9, 10 ve 11].

Laminasyon yöntemi ile iyi sonuçlar alınması için lamine edilecek yüzeylerin düzgün ve temiz olması son derece önemlidir. Bu amaçla lamine edilecek yüzeyler laminasyon öncesinde korona, alev, plazma deşarjı gibi yöntemler ile hazırlanmaktadır. Laminasyon işleminin başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesi için önemli olan diğer faktörler en ideal yapıştırıcı malzemenin seçimi, uygun ekipmanın kullanımı ve laminasyon koşullarının sağlanmasıdır. Örneğin kullanılan yapıştırıcının substrat yüzeyine etkin bir şekilde yapışması için, yapıştırıcının yüzey gerilimi

substratın yüzey geriliminden 10Mn/m kadar daha düşük olmalıdır [3, 12, 13 ve 14].

Laminasyon işleminde ürünün son kullanım yerine bağlı olarak, farklı yöntemler, farklı malzemeler ve farklı yapıştırıcılar kullanılabilir. Bu sayede malzemeye yüksek kopma mukavemeti, güç tutuşurluk, kimyasal maddelere dayanıklılık, sıcaklığa dayanıklılık, su geçirmezlik, nefes alabilirlik vb. gibi ekstra özellikler kazandırılabilir, fonksiyonel özelliği olan yeni bir ürün geliştirilmesi veya ürüne sadece estetik bir görünüm kazandırılması mümkün olabilmektedir [15, 16 ve 17]. Bununla birlikte laminasyon işlemi sırasında kullanılan yapıştırıcının içine renk pigmentlerinin eklenmesi ile lamine edilmiş renkli lamine filmler de üretilebilmektedir [18].

Ambalaj sektöründe laminasyon tekniği ile üretilen gıda paketlerinin kullanılmasındaki en önemli amaç metalize film yüzeyindeki alüminyumun gıda malzemesi ile temasının ortadan kaldırılmasıdır. Çünkü metalize film üretiminde kullanılan alüminyumun gıda ile teması sonrasında, metalik kısmın gıdaya geçme riski oluşmakta ve bu da sağlık açısından sorun yaratabilmektedir. Bu riski ortadan kaldırmak için metal yüzey laminasyon yöntemi ile kapatılmaktadır. Bu işlem hem metalin gıdaya temas etme riskini ortadan kaldırmakta, hem de ambalajın toz, nem, ışık, su buharı ve oksijen gibi çevresel etkenlere dayanımını arttırması sayesinde gıdanın raf ömrünü uzatmaktadır. Gıdaların raf ömrünü belirlemek amacıyla yapılan bir bilimsel çalışmada da lamine edilmiş paketleme malzemesinin gıda raf ömrü açısından daha iyi sonuç verdiği belirtilmiştir [19]. Sim ipliklerin laminasyon tekniği ile üretilmesi üzerine rastlanan bir patent ise iki metalize filmin metal yüzeyleri birbirlerine temas edecek şekilde lamine edilmesi ve daha sonra bu filmlerin dilimlenerek bobin formunda sarılması üzerinedir. Bu patent kapsamında laminasyon işleminde doğal veya sentetik termoplastik reçinelerin ve gerekli olduğu durumda da istenilen akışkanlığı sağlamak için uçucu çözücülerin kullanılabilirliği belirtilmiştir [20].

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Lamine edilmiş filmlerin parlaklık, laminasyon kuvveti ve optik dansite özellikleri açısından tekrarlı yıkamalara olan dayanımı özellikle bu filmlerden sim iplik üretimi gerçekleştirildiğinde önemlidir. Parlaklık ve optik dansite değerleri beklenenden düşük olduğunda, bu filmlerden üretilecek sim ipliklerin parlak yüzey görünümü beklenenden kötü olacağından üretim öncesinde mutlaka test edilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte, yüzey sürtünme değerinin de beklenen aralıkta olmaması durumunda film rulusunun kesim işlemi sırasında sağa sola kayması sonucunda düzgün olmayan üretim nedeni ile yüksek fire oluşma riski bulunmaktadır. Öte yandan sim iplikler kullanılarak üretilen tekstil mamulleri nihai kullanımda tekrarlı yıkamalara maruz kalmakta ve parlak görünümünü koruması için yıkamalara karşı dayanıklı olması beklenmektedir. Bu da sim ipliğin hammaddesi olan lamine edilmiş metalize filmlerin dayanıklılığı ile yakından ilişkilidir. Bu çalışmada, sim ipliklerin hammaddesi olarak kullanılmak üzere farklı özellikte ince filmler farklı tutkallarla laminasyon tekniği yardımı ile bir araya getirilmiş ve lamine edilmiş filmler üretilmiştir. Bu filmlerin tekrarlı yıkamalar öncesi ve sonrası parlak yüzey görünümleri değerlendirilmiş, laminasyon kuvveti ve optik dansite özelliklerindeki değişimler araştırılmıştır.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL METHOD)

3.1. Metalize Filmlerin Laminasyonu (Lamination of Metalized Films)

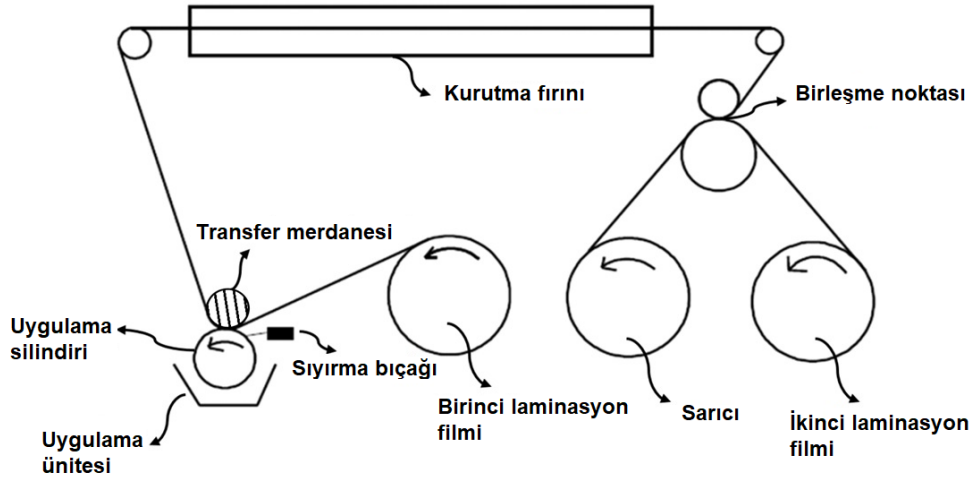
Çalışma kapsamında; metalize polyester film (Pet-Met), şeffaf polyester film (Pet), metalize polipropilen film (Bopp-Met) ve şeffaf

polipropilen filmler (Bopp) olmak üzere 4 farklı hammaddeden üretilmiş ince filmler kullanılmıştır.

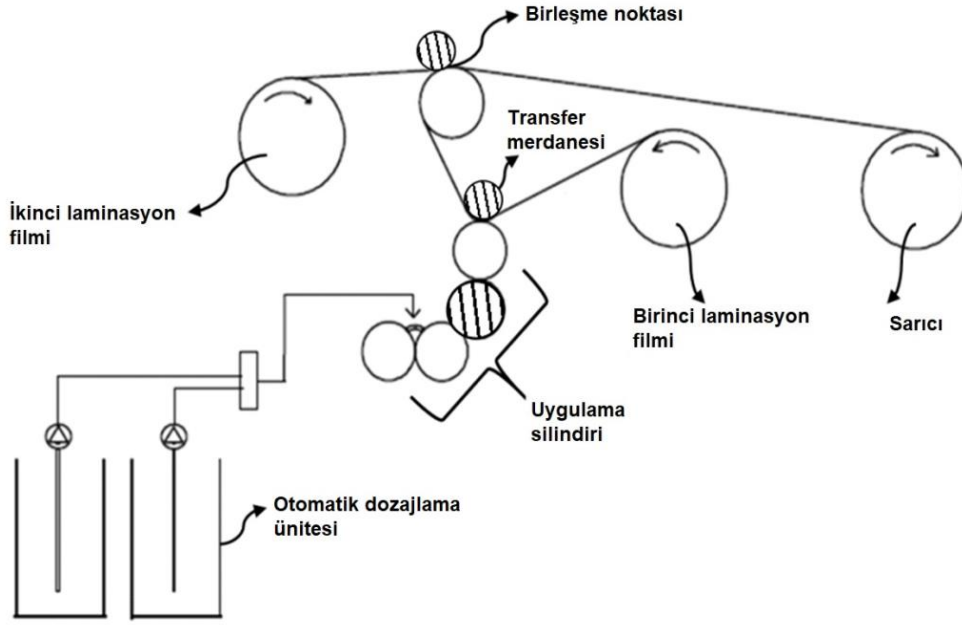
Tablo 1. Çalışmada kullanılan deney planı
(Table 1. Experimental plan used in the study)

Numune Kodu	Tutkal Cinsi	Birinci Laminasyon Filmi	Birinci Laminasyon Film Kalınlıkları (μ)	İkinci Laminasyon Filmi	İkinci Laminasyon Film Kalınlıkları (μ)
1	Solventsiz	Bopp-Met	20	Bopp-Met	20
2	Solventli	Bopp-Met	20	Bopp	20
3	Solventsiz	Bopp-Met	20	Bopp	20
4	Solventli	Pet-Met	12	Pet-Met	12
5	Solventli	Bopp-Met	20	Pet	12
6	Solventli	Pet-Met	12	Pet	12
7	Solventsiz	Pet-Met	12	Pet	20
8	Solventli	Pet-Met	12	Bopp	12
9	-	Pet-Met (Referans)	12	-	-

Yapılan ön denemeler sonucunda, optimum laminasyon performansının elde edilebilmesi için iki farklı laminasyon tutkalının kullanılması kararlaştırılmıştır. Film cinsine göre tutkal değiştirilmemiş, sadece solventli ve solventsiz olmak üzere iki farklı tipte tutkal seçilmiştir. Solventli laminasyon tutkalı kullanarak 5 farklı tipte lamine edilmiş film ve solventsiz laminasyon tutkalı ile de 3 farklı tipte lamine edilmiş film üretilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan deney planı Tablo 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Solventli laminasyon prosesi
(Figure 1. Solvent lamination process)



Şekil 2. Solventsiz laminasyon prosesi
(Figure 2. Solventless lamination process)

Ambalaj sektöründe sıkça tercih edilen bu iki laminasyon tutkalının birbirinden farkı; solventli laminasyonda sertleştirici ve ana madde olarak tanımlanan -OH ile NCO gruplarının bir çözücü (solvent) yardımı ile uygulanabilir viskoziteye gelmesi sağlanırken, solventsiz laminasyonda iki komponent birleştirildiğinde viskozitesinin uygulama standardı olan 15-25 saniye aralığında olmasıdır. Her iki poliüretan bazlı tutkal türünde de, tutkal karışımı hazne adı verilen bir alandan uygulama silindirlerine sıvanır. Sıvanan tutkal filme transfer merdaneleri yardımı ile transfer edilir. Transfer edilen tutkal miktarı makine hızı, uygulama silindirinin çapına ve dönüş hızına göre değişiklik gösterebilir. Solventli ve solventsiz laminasyon tekniklerine ilişkin şematik gösterim sırasıyla Şekil 1 ve 2'de verilmektedir.

Tablo 2. Çalışmada kullanılan makine üretim parametreleri
(Table 2. The machine parameters used in the lamination process)

Kaşeleme Sıcaklığı (°C)	Kaşeleme Basıncı (bar)	Yapıştırıcı Viskozitesi (S)	Makine Hızı (m/dk)	İlave Verilen Yüzey Enerjisi (Kw)	Yapıştırıcı Gramajı (gr/m ²)	Çekme Kuvveti (dan/mm ²)
50	2	20	300	4	3	40

Laminasyonda öncelikli olarak incelenen temel kriterler; filmlerin görsel kontrolünde ve balıkgözü, bencik diye tabir edilen hataların olmaması ve laminasyon kuvvetinin esnek ambalaj sektöründeki laminasyon kuvveti standardı olan 1N/25mm'den yüksek olmasıdır. Üretimlerde kullanılacak filmlerin ve yapıştırıcının belirlenmesinden sonra, deney planına göre laminasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Laminasyon işlemi için Bak Ambalaj firmasına ait laminasyon makinesi kullanılmıştır. Belirlenen üretim parametreleri tüm lamine edilen filmlerde sabit tutularak üretimler gerçekleştirilmiştir. Denemelerde kullanılan üretim parametreleri Tablo 2'de verilmiştir.

3.2. Metalize Filmlerin Karakterizasyonu (Characterization of Metalized Films)

Çalışma kapsamındaki hammadde temini aşamasında, farklı tedarikçilerden alınan film numuneleri parlaklık, optik dansite ve yüzey sürtünme özelliklerinin tespiti amacı ile test edilmiş ve test sonuçları beklenen aralıktaki metalize filmler ve şeffaf filmler deneme planına dahil edilmiştir. Laminasyonlu film üretiminde kullanılacak metalize filmlerin karakterizasyonu amacı ile gerçekleştirilen testler aşağıda sırası ile verilmektedir.

- **Yüzey Sürtünme Özelliği:** ASTM D 1894-14 standardına göre COF test cihazında gerçekleştirilen test ile yüzey sürtünme katsayıları tespit edilmiştir. Yapılan hammadde analizi sonucunda, metalize filmlerde amaca uygun yüzey sürtünme özelliğinin (COF değeri) metalize filmler için <0.5 ve şeffaf filmler için <0.3 olması istenmektedir.
- **Pusluluk:** ASTM D1003 standardı gereğince hazemeter olarak bilinen, BYK marka pusluluk cihazıyla (hasemeter) ölçümü yapılan şeffaf filmlerde pusluluk değeri sektör tecrübesi de göz önünde bulundurularak <2 olarak belirlenmiştir. Her iki film tipi için de, üretilecek sim ipliğinin albenisini belirleyecek başlıca kriter olan parlaklık değeri >75 olacak şekilde değerlendirilmiştir. Bu kabul kriterleri doğrultusunda deney planının film hammaddesi seçim basamağı tamamlanmıştır.
- **Parlaklık:** Bir yüzeyden yansıyan ışık yoğunluğunu belirlemek için gerçekleştirilen bu test ile lamine edilen metalize filmlerin parlaklıklarındaki değişim oranı ASTM D 1003 standardı gereğince parlaklık ölçüm cihazı (glossmeter) ile tespit edilmiştir. Metalize PET filmin parlaklığının 700 ve metalize PP filmin parlaklığının 550 değerinin üzerinde olması beklenmektedir.
- **Optik Dansite:** Çalışmada laminasyonlu film üretiminde kullanılacak metalize filmlerin optik dansiteleri özel spektrometre cihazı ile ölçülmüştür. Standart metalize filmlerin optik dansitesi 2 civarında olup, laminasyon işlemi sonrasında düşmemesi ve metalize filmin metalize film ile lamine edilmesi sonrasında artması beklenmektedir.
- **Çekme Gerdirme ve Kopmada Uzama MD/TD Testi:** Test Lloyd marka mukavemet cihazında makine yönü (MD) ve makine yönünün tersine (TD) uygulanmıştır. Test sonucunda—numunenin % uzama miktarı ve uygulanan maksimum gerilme dayanımı tespit edilmiştir.
- **Laminasyon Kuvvet Testi:** ASTM F 88 standartlarına göre Lloyd marka mukavemet cihazında gerçekleştirilen test ile Tetrahydrofuran (THF) çözeltilisinde açılmış numunenin yukarı yönlü çekilirken gösterdiği laminasyon kuvveti tespit edilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

Üretimi gerçekleştirilen 8 farklı tipteki lamine edilmiş filmlere ait elde edilen teknik verilere ait bilgiler Tablo 3 ve Tablo 4'de sırasıyla verilmiştir. Çalışma kapsamında temin edilen ince filmlere ait teknik özellikler incelendiğinde, ince filmlere yapılan metalizasyon işleminin hem iç hem dış statik ve kinetik sürtünme katsayı değerlerini arttırdığı anlaşılmaktadır. Hammadde cinsi açısından değerlendirildiğinde ise polyester filmlerin polipropilen filme kıyasla daha pürüzlü bir yüzeye sahip olduğu, daha yüksek mukavemet ve kopma uzama özelliği gösterdiği belirlenmiştir.

Tablo 3. Kullanılan ince filmlerin teknik özellikleri
(Table 3. Technical properties of thin films used)

Hammadde Cinsi	Pet-Met*	Pet	Bopp-Met	Bopp
COF (İç/İç) Statik/Kinetik	0.71/0.64	0.32/0.31	0.42/0.42	0.25/0.22
COF (Dış/Dış) Statik/Kinetik	0.53/0.51	0.39/0.38	0.51/0.41	0.24/0.23
Çekme Gerdirme Testi (N/Mm ²)MD/TD	71.6/68.7	60.4/42.1	57.6/176.6	43.0/99.5
Kopmada Uzama (Mm)MD/TD	121.4/142.5	112.8/58.7	185.2/40.1	159.6/38.4
Kalınlık Testi (µ)	12	12	20	20
Optik Dansite	2.74	-	2.78	-
Pusluluk (%)	-	1.78	-	1.99
Parlaklık (%)	681	145	600	179

*Referans Sim İplik

Tablo 4. Üretilen laminasyonlu filmlerin teknik özellikleri
(Table 4. Technical properties of produced laminated films)

Deney Kod Numarası	1*	2**	3*	4**	5**	6**	7*	8**
Laminasyon Kuvveti (N/25mm)	3.41	5	3.5	2.2	4.39	2.1	1.4	3
COF (İç/İç) Statik/Kinetik	0.65/ 0.53	0.49/ 0.38	0.54/ 0.43	0.53/ 0.47	0.60/ 0.49	0.62/ 0.52	0.47/ 0.41	0.17/ 0.16
COF (Dış/Dış) Statik/ Kinetik	0.56/ 0.45	0.29/ 0.23	0.26/ 0.20	0.57/ 0.50	0.37/ 0.35	0.52/ 0.44	0.36/ 0.31	0.20/ 0.18
Çekme Gerdirme (N/Mm ²)MD/TD	128.1/ 197.7	128.9/ 188.7	131.6/ 210.5	127.2/ 138.5	115.9/ 185.9	108.5/ 99.60	113.5/ 110.6	132.6/ 170.2
Kopmada Uzama (Mm)MD/TD	212.0/ 31.5	176.4/ 34.2	169.2/3 7.6	70.2/ 99.1	106.6/ 62.7	66.7/ 75.4	82.1/ 86.4	120.2/ 63.2
Kalınlık (µ)	42	43	42	26	35	26	26	35
Optik Dansite	2.6	1.89	1.94	2.26	1.51	1.94	2	1.98
Parlaklık (%)	598	597	509	645	605	630	647	705

*Solventsiz **Solventli

En yüksek laminasyon kuvvetini metalize polipropilen ve polipropilen filmin solventli yapıştırıcı yardımıyla lamine edildiği 2 numaralı film numunesi gösterirken, en düşük laminasyon kuvvetini metalize polyester ve polyester filmlerin solventsiz yapıştırıcı ile lamine edildiği 7 numaralı film numunesi göstermiştir. Kullanılan farklı hammaddelerden üretilen, farklı laminasyonlu filmlerin laminasyon kuvvetleri de birbirinden farklılık göstermekte olup, bu durumu istatistiksel analiz sonuçları desteklemektedir.

Laminasyonlu filmlerin COF iç statik/iç kinetik ölçüm değerleri, numune cinsine göre ayrı ayrı incelendiğinde; 1: metalize polipropilen/metalize polipropilen (solventsiz) ve 6: metalize polyester/polyester (solventli) numaralı filmlerin en yüksek sonuçları verdiği, 8 numaralı metalize polyester/polipropilen (solventli) filmin en düşük değere sahip olduğu görülmüştür.

Laminasyonlu filmlere makine yönünün tersi yönde uygulanan çekme gerdirme TD testi sonuçlarına göre; 1: metalize polipropilen/ metalize polipropilen (solventsiz), 2: metalize polipropilen/polipropilen (solventli), 3: metalize polipropilen/polipropilen (solventsiz) film numunelerinin daha yüksek sonuçlar verdiği, en düşük değere ise 6: metalize polyester/polyester (solventli) film numunesinin sahip olduğu belirlenmiştir.

Kopmada uzama testine ait veriler makine yönü (MD) ve makine yönünün tersi (TD) için ayrı ayrı incelenmiştir. Makine yönünde en iyi kopmada uzama sonucunu metalize polipropilen/metalize polipropilen



(solventsiz) film numunesi (1 numaralı numune) verirken, bunu metalize polipropilen/polipropilen (solventli), metalize polipropilen/polipropilen (solventsiz) film numuneleri (2 ve 3 numaralı numuneler) izlemiştir. En kötü sonucu veren numune ise metalize polyester ile polyester filmlerin solventli yapıştırıcı ile lamine edildiği 6 numaralı numune olmuştur.

Makine yönünün tersinde yapılan test sonucu elde edilen verilere göre, en iyi sonuçlar 4: metalize polyester/metalize polyester (solventli) ve 7: metalize polyester/polyester (solventsiz) numaralı numunelerden alınmıştır. Makinenin tersi yönünde yapılan ölçümlerde, makine yönünde en iyi sonuçlara sahip olan 1, 2 ve 3 numaralı numunelerin en kötü sonuçları verdiği gözlenmiştir. Laminasyonlu filmlerin parlaklığı da hammadde cinsinden etkilenmektedir. Sonuçlara göre; metalize polyester/polipropilen (solventli) filmler kullanılarak lamine edilen 8 numaralı film numunesi daha parlakken, en düşük parlaklığı metalize polipropilen/propilen filmlerden üretilen 3 numaralı numune göstermektedir.

Tablo 5. Laminasyonlu film cinsinin bağımlı değişkenler üzerindeki etkisi

(Table 5. The effect of laminated film type on dependent variables)

Bağımlı Değişkenler	Önemlilik
Laminasyon Kuvveti	0.006*
COF İç Statik/İç Kinetik	0.002*/0.009*
COF Dış Statik/Dış Kinetik	0.122/0.309
Çekme Gerdirme Testi MD/TD	0.357/0.003*
Kopmada Uzama MD/TD	0.000*/0.001*
Kalınlık	0.000*
Optik Dansite	0.066
Parlaklık	0.001*

*0.05 ten küçük olanlar istatistiksel olarak önemlidir

Çalışma kapsamında üretilen laminasyonlu film cinsinin, ölçülen teknik özellikler üzerindeki etkisi her bir numune için basit doğrusal regresyon analizi ile değerlendirilmiştir. Analizde laminasyonlu filmin cinsi bağımsız değişken iken; laminasyon kuvveti, COF iç/dış statik, COF iç/dış kinetik, çekme gerdirme MD ve TD, kopmada uzama MD ve TD, kalınlık, optik dansite ve parlaklık parametreleri bağımlı değişkenlerdir (Tablo 5). Gerçekleştirilen analizler sonucunda laminasyonlu film cinsinin, numunenin teknik özelliklerinden laminasyon kuvveti, COF iç statik/iç kinetik, çekme gerdirme TD, kopmada uzama MD/TD, kalınlık ve parlaklık gibi birçok özelliği önemli derecede etkilediği belirlenmiştir. Bununla birlikte film cinsinin COF dış statik/dış kinetik, çekme gerdirme MD ve optik dansite üzerinde anlamlı bir etkisi bulunmamaktadır.

4.1. Tekrarlı Yıkama Sonrası İnce Filmlerin Laminasyon Kuvveti ve Optik Dansite Sonuçları (Lamination Strength and Optical Density Results of Thin Films After Repetitive Washings)

Laminasyon tekniği kullanılarak üretilen lamine edilmiş metalize filmlerin tekrarlı yıkamalar sonrasındaki laminasyon kuvveti ve optik dansite verileri de çalışma kapsamında ölçülmüştür. Tablo 8'de 40, 60 ve 90°C sıcaklıklarda gerçekleştirilen tekrarlı yıkamalar sonrası ölçülen laminasyon kuvveti değerleri verilmektedir. Laminasyonlu filmlerin 3 farklı sıcaklıkta gerçekleştirilen tekrarlı yıkamalar sonrasında ölçülen laminasyon kuvveti ve optik dansite değerleri ise sırasıyla Tablo 6 ve Tablo 7'de görülmektedir.

Tablo 6. Tekrarlı yıkamalar sonrası laminasyonlu metalize filmlere ait laminasyon kuvveti değerleri
(Table 6. Lamination strength values of laminated metalized films after repetitive washings)

Sıcaklık (°C)	Yıkama Tekrar Sayısı	Numune Kodu							
		1	2	3	4	5	6	7	8
40	1	2.74	2.75	3.00	0.00	1.84	0.00	0.00	2.79
	5	2.80	2.32	2.57	1.29	3.27	0.44	0.33	2.21
	10	2.86	3.03	3.80	0.53	3.60	0.00	1.35	2.10
	15	2.90	3.80	3.23	0.00	2.12	0.00	1.27	1.74
	20	2.87	3.13	3.97	0.00	3.54	0.00	0.73	0.00
60	1	2.62	2.20	3.57	0.91	1.00	0.00	0.90	2.93
	5	3.07	3.90	3.05	0.00	3.35	0.00	1.93	2.55
	10	3.06	3.77	2.99	0.00	2.47	0.00	1.45	2.72
	15	1.36	4.00	3.13	0.00	3.27	1.4	1.12	2.33
	20	2.90	4.03	2.93	0.00	0.87	0.00	0.00	0.67
90	1	3.30	3.20	3.07	0.00	3.93	0.00	0.00	3.33
	5	3.00	3.37	3.42	0.00	2.00	0.00	2.25	0.00
	10	2.61	2.07	3.07	0.00	1.18	0.5	0.00	0.00
	15	2.80	3.50	3.13	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00
	20	2.83	2.57	4.17	0.00	0.37	0.00	0.00	0.00

Tablo 7. Tekrarlı yıkamalar sonrası laminasyonlu metalize filmlere ait optik dansite değerleri
(Table 7. Optical density values of laminated metalized films after repetitive washings)

Sıcaklık (°C)	Yıkama Tekrar Sayısı	Numune Kodu							
		1	2	3	4	5	6	7	8
40	1	3.42	1.77	1.63	3.74	1.59	2.04	1.88	1.94
	5	3.32	1.79	1.68	3.19	1.62	1.58	1.30	1.78
	10	3.38	1.81	1.50	2.47	1.08	1.11	1.31	0.45
	15	3.40	1.75	1.57	2.08	1.63	1.16	1.46	3.15
	20	3.36	1.73	1.64	1.47	1.62	0.53	1.45	3.83
60	1	3.31	1.77	1.75	3.59	1.62	2.23	1.89	2.00
	5	3.56	1.76	1.72	3.07	1.66	1.26	1.51	1.09
	10	3.30	1.73	1.58	2.38	1.57	0.38	1.21	0.35
	15	3.31	1.65	1.58	1.47	1.33	0.60	1.16	0.43
	20	3.33	1.73	1.42	1.03	0.61	0.85	0.22	0.40
90	1	3.43	1.75	1.72	1.61	1.63	1.87	1.74	1.96
	5	3.27	1.51	1.58	2.55	1.35	1.06	1.33	0.65
	10	0.47	2.81	1.54	0.60	1.08	0.39	0.56	0.62
	15	3.14	1.68	1.52	1.04	0.53	0.38	0.27	0.36
	20	2.88	1.60	1.48	0.25	0.97	0.63	0.25	0.62

Lamine edilmiş metalize film numunelerinin laminasyon kuvveti ve optik dansite değerleri çoklu regresyon analizi ile değerlendirilmiş, 3 farklı sıcaklıkta yapılan tekrarlı yıkamaların ve numune cinsinin film numunelerinin laminasyon kuvveti ve optik dansite özelliklerine olan etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Laminasyon kuvvetinin bağımlı değişken; numune cinsi, yıkama sıcaklığı ve yıkama tekrar sayısının bağımsız değişkenler olduğu çoklu regresyon analizi sonucunda, regresyon modeli önemli bulunmuş olup; numune cinsi ve yıkama sıcaklığı laminasyon kuvvetini önemli derecede etkileyen faktörlerdir. Diğer taraftan, yıkama tekrar sayısının filmlerin laminasyon kuvveti üzerindeki etkisi önemsizdir (Tablo 8).

Tablo 8. Bağımsız değişkenlerin laminasyon kuvveti üzerindeki etkisi
(Table 8. The effect of independent variables on lamination strength)

Bağımsız Değişken	Önemlilik
Numune Cinsi	0.000*
Yıkama Sıcaklığı	0.026*
Yıkama Tekrar Sayısı	0.112

*0.05 ten küçük olanlar istatistiksel olarak önemlidir

Farklı sıcaklıklarda uygulanan tekrarlı yıkamalardan sonra, 1: metalize polipropilen/metalize polipropilen(solventsiz), 2:metalize polipropilen/polipropilen (solventli) ve 3: metalize polipropilen/polipropilen (solventsiz) yöntemler ile üretilen filmlerin laminasyon kuvvetlerinin yıkama işlemlerine karşı en dayanıklı oldukları anlaşılmıştır. Yıkama tekrar sayısı her ne kadar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuş olsa da, yapılan tekrarlı yıkamalar sonrasında laminasyon kuvvetinde azalma gözlenmektedir. Laminasyon ölçümü yapılan numunelerde bölgesel delaminasyon gözlemlendiği için test sonucu alınamayan numuneler mevcuttur. Farklı sıcaklıklarda uygulanan tekrarlı yıkamalardan sonra, filmlerin optik dansite özellikleri ölçülmüş ve bu değerler de istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Optik dansitenin bağımlı değişken; numune cinsi, yıkama sıcaklığı ve yıkama tekrar sayısının bağımsız değişken olarak girildiği analizde regresyon modeli önemli bulunmuştur. Yapılan analiz sonucunda, numune cinsi, yıkama sıcaklığı ve yıkama tekrar sayısının optik dansite üzerinde önemli etkisi olduğu belirlenmiştir (Tablo 9).

Tablo 9. Bağımsız değişkenlerin optik dansite üzerindeki etkisi
(Table 9. The effect of independent variables on optical density)

Bağımsız Değişken	Önemlilik
Numune Cinsi	0.000*
Yıkama Sıcaklığı	0.000*
Yıkama Tekrar Sayısı	0.000*

*0.05 ten küçük olanlar istatistiksel olarak önemlidir

Hammadde cinsi açısından değerlendirildiğinde, 1 numaralı metalize polipropilen/metalize polipropilenden üretilen filmlerin farklı sıcaklıklarda uygulanan tekrarlı yıkamalardan sonra en yüksek parlaklık özelliğine sahip olduğu gözlenmiştir. İkinci olarak en iyi sonucu veren film 4 numaralı metalize polyster filmlerden lamine edilen filmdir. Yıkama sıcaklığının optik dansite özelliği üzerindeki etkisi önemlidir, artan yıkama sıcaklığı ile filmlerin optik dansite değerlerinde düşüş gözlenmektedir. Fakat bu etki 40°C sıcaklık için çok belirgin olmamakla birlikte, 60°C ve 90°C sıcaklıklarda çok daha belirgindir. Yıkama tekrar sayısı da istatistiksel olarak önemlidir.

5. SONUÇ (CONCLUSION)

Metalizasyon işlemi ince filmlerin yüzey özelliklerini belirgin bir şekilde değiştirmekte, sürtünme katsayısı ile kopma mukavemeti ve kopma uzaması değerlerini arttırmaktadır. Polyester filmlerin polipropilen filmlere kıyasla daha pürüzlü bir yüzeye sahip oldukları, daha yüksek mukavemet ve kopma uzama özelliği gösterdikleri belirlenmiştir.

En yüksek laminasyon kuvvetini metalize polipropilen ve polipropilen filmin solventli yapıştırıcı yardımıyla lamine edildiği 2 numaralı film numunesi (metalize polipropilen/propilen-solventli) gösterirken, en düşük laminasyon kuvvetini metalize polyster ve polyster filmlerin solventsiz yapıştırıcı ile lamine edildiği 7 numaralı film numunesi göstermiştir. Yıkama tekrar sayısı her ne kadar

istatistiksel olarak önemsiz bulunmuş olsa da, yapılan tekrarlı yıkamalar sonrasında laminasyon kuvvetinde azalma gözlenmiştir. Öte yandan, laminasyonlu filmlerin parlaklığının hammadde cinsinden etkilendiği belirlenmiştir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; metalize polyester/polipropilen (solventli) filmler kullanılarak lamine edilen 8 numaralı film numunesi en parlak numune iken, en düşük parlaklığa metalize polipropilen/propilen filmlerden üretilen 3 numaralı numunenin sahip olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, metalize polipropilenden üretilen filmlerin farklı sıcaklıklarda uygulanan tekrarlı yıkamalardan sonra en yüksek parlaklık özelliğine sahip olduğu gözlenmiştir. Yıkama sıcaklığının optik dansite özelliği üzerindeki etkisi önemlidir, artan yıkama sıcaklığı ile filmlerin optik dansite değerlerinde düşüş gözlenmektedir. Fakat bu etki düşük sıcaklıklar için çok belirgin olmamakla birlikte, yüksek sıcaklıklarda çok daha belirgindir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma 118M137 numaralı TUBİTAK hızlı destek programı kapsamında desteklenmiştir. Çalışmanın gerçekleştirilmesinde katkı sağlayan başta TUBİTAK olmak üzere, Bak Ambalaj firması ve çalışanlarına teşekkürü borç biliriz.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Güleç, A.H., Gıda Ambalajlama, <http://docplayer.biz.tr/18292923-Gıda-ambalajlama-yrd-doc-dr-h-ali-gulec-ggulec-gmail-com.html> (Alıntı tarihi: 10 Ekim 2017).
- [2] Çinibulak, P., (2010). Gıda Ambalajlarında Migrasyon, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [3] Wiria, F.E., Tham, C.L., Subramanian, A.S., Tey, J.N., Qi, X., Cheng, C.K., and Salam, B., (2016). Improving Surface Quality of Polyethylene Terephthalate Film for Large Area Flexible Electronic Applications, *J Solid State Electrochem*, 2016(20):1895-1902.
- [4] Marsh, K. and Bugusu, B., (2007). Food Packaging—Roles, Materials and Environmental Issues, *Journal of Food Science*, 72(3):39-55.
- [5] Tutak, D., (2006). Ofset Baskılı Lamine Dış Ambalajlarda Bağlı ve Mutlak Nemin Dayanıma Etkisinin İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [6] Uddin, A.J., (2010), *Novel Technical Textile Yarns*, Edited by Alagirusamy, R. and Das, A., in *Technical Textile Yarns*, 1st ed., India, Woodhead Publishing Limited.
- [7] Moosheimer, U. and Bichler, Ch., (1999). Plasma Pretreatment of Polymer Films as a Key Issue for High Barrier Food Packagings, *Surface and Coatings Technology*, Vol:116-119, No:1999, pp:812-819.
- [8] Lidner, M., Rodler, N., Jesdinszki, M., Schmid, M. and Saengerlaub, S., (2018). Surface Energy of Corona Treated PP, PE and PET Films, Its Alteration as Function of Storage Time and the Effect of Various Corona Dosages on Their Bond Strength After Lamination, *Journal of Applied Polymer Science*, DOI: 10.1002/APP.45842, pp:1-9.
- [9] Anjan, B. and Annu, R., (2015). Lamination Suitability for Flexible Packaging Application (A Case Study Of "UFLEX Ltd", Noida), *International Journal of Engineering Research*, Vol:4, No:5, pp:228-230.



-
- [10] Envaflex Printing Flexible Packaging, Lamination, <https://www.envaflex.net/en/gallery/lamination.html> (Alıntı tarihi: Ağustos 2020)
- [11] Chen, M. and Deitch, J.H., (2003). US6589384: Solventless Laminating Adhesive with Barrier Properties.
- [12] Fong, D.S.C., (1993). US5177332A: Microwave Energy Susceptible Conformable Laminate Packaging Materials.
- [13] 3M Technical Bulletin, (2004). Lamination Techniques for Converters of Laminating Adhesives, <https://docplayer.net/31088700-Lamination-techniques-for-converters-of-laminating-adhesives.html> (Alıntı tarihi: Şubat 2019).
- [14] Wolf, R.A., (2010). A Technology Decision - Adhesive Lamination or Extrusion Coating/Lamination?. Enercon Industries Corporation, Place Conference, Albuquerque, New Mexico.
- [15] Bulut, Y., (2010). Kaplamalı Giysilik Kumaşların Mekanik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [16] Kadem, F.D. and Ergen, A., (2011). Farklı Membranlı Laminasyonlu Kumaşların Mukavemetlerinin Araştırılması, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt:26, No:2, ss:1-8.
- [17] Gencer, T., (2015). Endüstriyel Tekstillerde Kullanılan Poliüretan ve Polivinilklorür Esaslı Kaplama Yüzeylerin Performans Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [18] Bishop, C.A., (2011). Vacuum Deposition onto Webs, Films and Foils, 2nd ed., Elsevier Inc.
- [19] Pua, C.K., Hamid, N.S.A, Tan, C.P., Mirhosseini, H., Rahman, R.A., and Rusul, G., (2008). Storage Stability of Jackfruit (Artocarpus Heterophyllus) Powder Packaged in Aluminium Laminated Polyethylene And Metallized Co-Extruded Biaxially Oriented Polypropylene During Storage, Journal of Food Engineering, Vol:89, No:2008, pp:419-428.
- [20] Scharf, W.G., (1970). US3528877: Laminated Plastic Metallized Yarn and Method for Forming and Dyeing the Same.