

REAKTİF BOYARMADDELERİN SÖKÜM VERİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN İSTATİSTİKSEL OLARAK İNCELENMESİ

STATISTICAL INVESTIGATION OF FACTORS EFFECTING DISCOLORING EFFICIENCY OF REACTIVE DYES

Arş. Gör. Onur BALCI
Çukurova Ü. Tekstil Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. R. Tuğrul OĞULATA
Çukurova Ü. Tekstil Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Boyarmadde sökümü tekstil materyallerine, materyal üzerindeki üretimden kaynaklı hatanın temizlenip, tekrar üretim bandına hatasız olarak dahil edilmesi için kullanılan bir yaş işlemdir. İyi bir boyarmadde sökümünün ölçütü, kumaşın ilk rengine ulaştırılabilmesiyle ilişkilidir. Bu da spektrofotometrik yöntemlerle ölçülebilen bir olgudur. Boyarmadde söküm verimini, söküm işleminin proses parametreleri belirlemektedir. Bunlar; sökülmesi istenen boyarmaddenin cinsi, materyalin hammaddesi, kullanılan kimyasal madde, yardımcı maddeler, yöntem, sıcaklık, süre gibi parametrelerdir. Çalışmada ilk olarak seçilmiş reaktif boyarmaddelerle dokuma kumaş üzerine boyama yapılmış ve daha sonra farklı parametreler kullanarak boyarmadde sökümü gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışma sonucunda kullanılan bu parametrelerin söküm verimi üzerindeki etkisi tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yapılarak, istatistiksel olarak incelenmiştir. Sonuçta, en verimli boyarmadde sökümüne hangi şartlarda ulaşılabileceğine karar verilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Boyarmadde Sökümü, İndirgen Madde, Sıcaklık, Spektrofotometre, ANOVA

ABSTRACT

Discoloring is a wet textile process which is used to remove the faults of textile material and transfer it to production line free of faults. The degree of satisfactory of discoloring is related to reaching of initial colour of material. This is a measurable fact with a spectrophotometer. The efficiency of discoloring is determined with process parameters as dye, raw material, auxiliaries, temperature, time. In this study, first of all dyeing was carried out to woven pretreated fabric with selected dyes and then discoloring has been applied using different process parameters mentioned above. At the end of experimental study, effect of these parameters have been investigated with the help of oneway-variance analyze (ANOVA). As a result, it was tried to decide how the most satisfactory discoloring effect could be obtained.

Key Words: Discoloring, Reducing Agent, Temperature, Spectrophotometre, ANOVA

1. GİRİŞ

Boyarmadde sökümü, boyanmış veya basılmış tekstil mamullerinden boyarmaddeyi sökmek ve sonuçta renkliliği yok etmek olarak tanımlanabilmektedir (1). Boyarmadde sökümü yaygın olarak hatalı olarak terbiye işlemi uygulanmış dokuma veya örme tekstil materyallerinin hatalarının giderilip, tekrar hatasız olarak mamul formuna getirilmesi için yapılan bir yaş işlemdir. Tekstil materyallerinde üretimden kaynaklı hataları düzeltmek amacıyla boyarmadde sökümü dışında farklı yöntemler de bulunmaktadır (2). Söküm işleminde esas, materyalin yapısında kimyasal olarak bağlanmış veya fiziksel olarak tutunan boyarmaddenin en yüksek verimle giderilmesidir. Ancak yapıdaki boyarmadde, kumaşı oluşturan hammadde ve boyama yöntemine

bağlı olarak tam olarak giderilememektedir.

Boyarmadde söküm işlemi, redüktif (indirgen) ve oksidatif olmak üzere iki yöntemle uygulanabilmekte olup, redüktif söküm gerek işlem ve gerekse işlem sonrası materyal üzerindeki olumlu veya olumsuz etkileri bakımından oksidatif yöntemden daha yaygın olarak kullanılmaktadır (3).

Bu çalışmada tekstil endüstrisinde daha yaygın kullanılması sebebiyle indirgen yıkama maddeleriyle uygulanan boyarmadde söküm işlemi incelemeye değer bulunmuştur. Çalışmada 5 farklı reaktif boyarmadde ve 3 farklı renk şiddeti, 3 farklı indirgen madde ve çeşitli uygulama parametreleri (sıcaklık, süre, yardımcı kimyasallar vs..) gibi değişkenler için söküm verimi spektro-

fotometrik olarak incelenmiştir. Bu inceleme yapılırken endüstriyel uygulamada konvansiyonel olarak kullanılan standart bir reçete referans olarak alınmış ve söküm performansları bu uygulamaya göre kıyaslanmıştır. Kıyaslama verisi olarak elde edilen numunelerin dL, dC, dH, dE gibi spektral sonuçları kullanılmıştır. Çalışma sonunda elde edilen veriler bir istatistik paket programında genel faktöriyel tasarım kullanılarak değerlendirilmiş, varyans analizi yapılmış ve verilerin anlamlılık seviyesi (p değeri) tespit edilmeye çalışılmıştır.

2. İNDİRGEN YIKAMA MADDELERİ VE BOYARMADDE SÖKÜM İŞLEMİ

İndirgen yıkama maddeleri kullanılarak yapılan boyarmadde söküm işleminin

etki mekanizması, uygulanan hammaddenin ve boyarmaddenin türüne göre farklılık göstermektedir. İndirgen sökümün reaktif boyarmaddelerle boyanmış selülozik elyaf için etki mekanizması, renkliliği oluşturan konjuge çift bağların indirgen madde ve alkali ortam sayesinde koparılıp, boyarmaddenin renkli kısmının etkisiz hale getirilmesi şeklinde bir kimyasal reaksiyondur. Dispers boyarmaddelerle boyanmış polyester elyafı için ise söküm işlemi, elyafın boyanmasında olduğu gibi fizikseldir. Polyester elyafının amorf bölgesine hapsolmuş dispers boyarmadde molekülleri, boyama sıcaklığına (130–140°C) getirilmiş, indirgen yıkama maddesi içeren alkali söküm çözeltisinin etkisiyle yapıdan ayrılmakta ve materyal renksiz hale gelmektedir (1).

Redüktif boyarmadde sökümü yardımcı kimyasal maddelerle ve boyama işleminin yapıldığı makinelerde gerçekleşen bir yaş tekstil terbiye işlemidir. Bu nedenle diğer terbiye işlemlerinde olduğu gibi birçok faktörden etkilenebilmektedir. Bu faktörler;

- Boyarmadde sökümü yapılacak materyali oluşturan hammadde konstrüksiyonu (2),
- Boyama işleminde kullanılan boyarmadde (1),
- Boyama işleminde kullanılan boyama yöntemi (emdirme-çekirme gibi..) (1, 4),
- Boyarmadde söküm işleminde kullanılan redüktif yıkama maddesi ve derişimi (1, 5, 6, 7, 8)
- Boyarmadde söküm işleminde esas alınan reçetede bulunan yardımcı kimyasal maddeler (kostik, ıslatıcı, egalizatör vb..) ve derişimleri,
- Boyarmadde sökümünde kullanılan makine ve süre, sıcaklık, pH gibi çalışma parametreleri olarak sıralanabilmektedir.

Endüstride farklı kimyasal yapılara sahip indirgen yıkama maddeleri kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları; hidrosülfid, tiouredioksit, hidroksiaseton, glukoz türevleri, sodyumborhidrit olarak sıralanabilmektedir (5, 9).

İndirgen yıkama maddeleri boyarmadde söküm işleminin yanı sıra tekstil terbiyesinde farklı yaş uygulamalarda kullanılmaktadır. İndirgen yıkama maddelerinin en yaygın olarak kullanıldığı

alan polyester elyafının dispers boyarmaddelerle boyanmasının ardından, fikse olmamış boyarmaddelerin uzaklaştırılması için yapılan yıkama işlemidir (8). Bunun dışında indirgen yıkama maddeleri tekstil endüstrisinde; küp ve kükürt boyamada indirgen madde olarak, redüktif kasar işlemlerinde, boya makinelerinin temizlenmesinde kullanılabilir (7, 10, 11, 12).

Farklı indirgen yıkama maddelerinin hangi alanda ve nasıl kullanılacağına belirlenmesinde en önemli iki faktör, bu maddelerin fiyatı ve sahip oldukları redoks potansiyelidir. Çünkü bir yıkama maddesinin verimini etkileyen en önemli parametre, sahip olduğu redoks potansiyelidir. Bu konuda daha önce yapılan bazı deneysel çalışmalara aşağıda değinilmiştir.

Aniş ve Yıldırım; deneysel çalışmalarında 8 farklı indirgen yıkama maddesiyle, dispers boyarmaddelerle boyanmış kumaşların yıkama işlemini gerçekleştirmiş ve farklı fiziksel ve kimyasal performans kriterleri açısından inceleme yapmıştır. Bu çalışmada, normal yıkama şartlarında (70-80°C) indirgen maddeler polyester kumaş üzerinde herhangi bir renk söküm etkisi yaratmamış, sadece kumaş üzerindeki bağlanmamış boyarmaddenin atılmasına bağlı olarak, bir miktar renk değişimine neden olmuştur. Yapılan çalışmada bu renk değişiminin derecesinin, indirgen yıkama maddesinin redoks potansiyeline bağlı olarak değişebileceği belirlenmiştir. Çünkü en yüksek renk farkı değeri (dE=0,99), en yüksek redoks potansiyeline sahip kimyasalla elde edilmiştir (8).

Anders ve Schindler; 5 farklı indirgen yıkama maddesinin indirgeme güçleri ve bazı yaş haslık değerleri arasında ilişki kurmaya çalışmış, bu ilişkiyi kurarken indirgen yıkama maddelerini sahip oldukları redoks potansiyelleri ve stabiliteyi açısından incelemiştir (13).

Westbroek ve diğerleri; indigoda boyamada kullanılan hidrosülfid derişimi ile boyama özellikleri arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Ayrıca çalışmada kullanılan indirgen maddenin potansiyel değerini, platin elektrot yöntemiyle işlem esnasında on-line olarak ölçümünün uygulamasına yer vermiştir (10).

Khishigsuren ve diğerleri; seçtikleri bir indirgen yıkama maddesinin ağartma işlemindeki verimini konvansiyonel ağartma maddeleriyle kıyaslama suretiyle belirlemeye çalışmıştır. Deneysel çalışmada indirgen yıkama maddesinin, en iyi beyazlık derecesini verdiği ve kumaş yapısındaki demir iyonlarını uzaklaştırdığı bulunmuştur (11).

Önceki deneysel çalışmalar incelendiğinde, kıyaslanmanın hep polyester boyama ardına yapılan redüktif yıkama işlemleri açısından veya bazı indirgen yıkama maddelerin küp boyama ve kasar uygulamaları için incelendiği görülmüştür. Bu çalışmada diğerlerinden farklı olarak indirgen maddelerin verimleri, çalışma parametrelerine de bağlı olarak reaktif boyarmaddelerin söküm prosesi için incelenmiştir. İndirgen madde redoks potansiyeli-proses verimi ilişkisinin önceki çalışmalarda olduğu gibi, söküm prosesi için de geçerli olup olmadığı da araştırılmıştır.

Bu noktada değinilmesi ve göz önünde bulundurulması gereken diğer bir önemli nokta, indirgen yıkama maddeleriyle boyarmadde sökümü işlemi yapılırken, bu prosesin kumaşın farklı fiziksel performans değerlerine etkisi olabileceğidir (14).

3. DENEYSEL ÇALIŞMA

3.1. Materyal

Çalışmada boyama ve boyarmadde söküm işlemleri ön terbiyesi yapılmış, boyamaya hazır, çözgü ipliği %100 Pamuk, atkı ipliği ise %92 (Pamuk)/%8 (Elastan-DuPONT Lycra®), D2/2 örgü yapısında ve 346,7 gr/m-tül ham ağırlığında dokuma kumaşla gerçekleştirilmiştir. Kumaşın ön terbiye işlemleri işletme koşullarında, seri üretim içerisinde, işletme koşullarında standart pamuklu dokuma kumaş prosesinde yürütülmüştür (12).

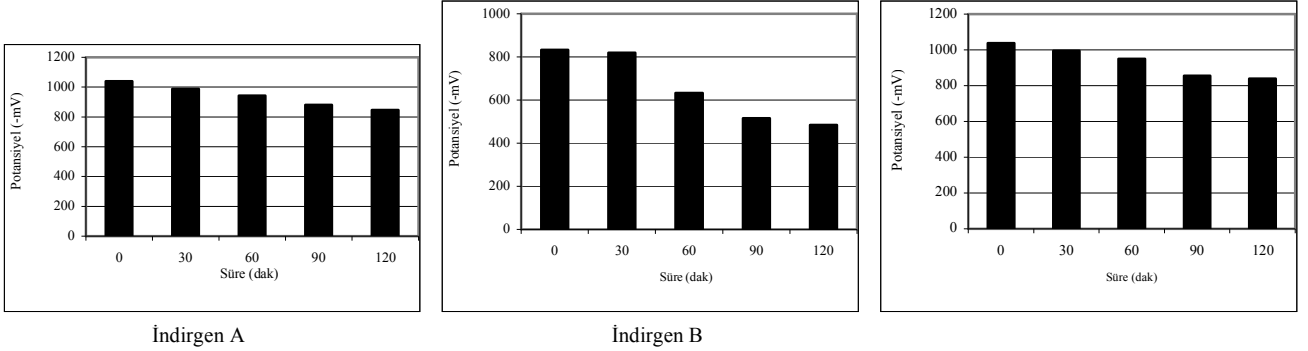
Deneysel uygulamada indirgen yıkama maddeleriyle gerçekleştirilen söküm işleminin reaktif boyarmaddeler üzerindeki verimi incelenmiştir. Bu amaçla incelenmek üzere 5 farklı reaktif boyarmadde seçilmiştir. Bunlar çekirme sistemiyle boyamaya uygun reaktif boyarmaddelerdir. Tablo 1'de bu boyarmaddelerin bazı özellikleri verilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan reaktif boyarmaddeler

No	Boyarmadde	Color Index No	Reaktif Grup	Kromofor Grup	Bağlayıcı Grup
1	Procion Yellow H-EXL	CI Reactive Yellow 138:1	Monoklortriazin (MCT)	Monoazo	Var
2	Procion Crimpon H-EXL	-	Monoklortriazin (MCT)	Monoazo	Var
3	Procion Navy H-EXL	-	Monoklortriazin (MCT)	Bisazo	Var
4	Remazol Yellow GR	CI Reactive Yellow 17	Vinilsülfon (VS)	Monoazo	Yok
5	Remazol RED RB	CI Reactive Red 138	Monoklortriazin+Vinilsülfon (MCT+VS)	Monoazo	Var

Tablo 2. Çalışmada kullanılan yıkama maddelerinin yapısal özellikleri (5, 15, 16, 17)

No	Kod	İndirgen Yıkama Maddesi	Ticari İsmi	Kimyasal Yapısı	Özellikleri
1	İndirgen A (B1)	Tioüredioksit	Aktud PR	CH ₄ N ₂ O ₂ S	— pH = 4 (%2'lik) — Çözünme Sıcaklığı = 80°C — Stabilitesi = 110°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda 1 saat — Toz, anyonik madde — Hidrosülfite göre reçetede 1/3, 1/4 oranında kullanılabilir.
2	İndirgen B (B2)	Hidrosülfit	Hidrosülfit	Na ₂ S ₂ O ₄	— pH = 3 — Çözünme Sıcaklığı = 85°C — Stabilitesi = 80°C'de sıcaklıklarda 30 dakika — Toz, anyonik madde — Havayla kolay oksitlenir.
3	İndirgen C (B3)	Tioüredioksit	Redükta A	CH ₄ N ₂ O ₂ S	— pH =6,5-7,5 — Çözünme Sıcaklığı = 80°C — Stabilitesi = 110°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda 1 saat — Toz, anyonik madde — Hidrosülfite göre reçetede 1/3, 1/4 oranında kullanılabilir.

**Şekil 1.** Çalışmada seçilen indirgen yıkama maddelerinin redoks potansiyelleri (2)

Bulgular kısmında reaktif boyarmaddelerin bu yapısal özelliklerin söküm verimi üzerine etkisi olup olmadığı incelenmektedir.

İndirgen boyarmadde sökümünde kullanılmak üzere 3 adet indirgen yıkama maddesi seçilmiştir. Bu seçim yapılırken bu maddelerin, literatürde farklı çalışmalar kapsamında ve endüstriyel uygulamadaki kullanım sıklıkları göz önünde tutulmuştur. Tablo 2'de bu yıkama maddelerinin özellikleri görülmektedir.

Daha önce de vurgulandığı gibi indirgen yıkama maddelerinin en önemli karakteristik özelliği redoks potansiyel değeri ve bu değerinin sıcaklık-zaman gibi faktörlere bağlı olarak değişimidir.

Şekil 1'de çalışmada kullanılan indirgen yıkama maddelerinin 80°C'deki başlangıç potansiyel değerleri ve zamana bağlı olarak potansiyellerindeki değişim verilmiştir. Redoks potansiyel değerleri platin elektrot yöntemi kullanılarak ölçülmüştür (2, 18).

Bulgular kısmında bu redoks potansiyel değerlerinin söküm verimi üzerine etkisi olup olmadığı incelenmektedir. Ayrıca çalışmada boyarmadde sökümüne etkisini incelemek üzere egalizatör de kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

Deneysel çalışmada incelenmek üzere alınan numune kumaş, Tablo 1'de verilen 5 farklı boyarmadde ile 3 farklı

boyama şiddetinde boyanmıştır. Boyama şiddetleri açık-%0,25, orta-%1, koyu-%4 olarak belirlenmiştir. Boyama hazır, kasarlanmış olarak alınan kumaşlar HT Tipi Dyetech marka numune boyama makinesinde çektirme yöntemine göre, 1/10 flote oranında, 80°C'de, standart pamuklu kumaş boyama şartlarında boyanmıştır.

Boyarmadde söküm uygulamaları ise indirgen yıkama maddesi cinsi, derişimi, uygulama sıcaklığı ve yardımcı kimyasal (egalizatör) kullanımı gibi faktörler değişken olarak seçilerek gerçekleştirilmiştir. Tablo 3'de deneysel çalışma esnasında kullanılan söküm yöntemleri verilmiştir. 1 no'lu programda söküm 80°C'de, 2 no'lu program'da

Tablo 3. Reaktif boyarmadde söküm metotları

Boyarmadde (B.M.) Cinsi	B.M. Derişimi	Numune No	Reçete	Program
1. Procion Yellow H-EXL 2. Procion Crimpson H-EXL 3. Procion Navy H-EXL 4. Remazol Yellow GR 5. Remazol RED RB	%0,25	1	İndirgen A: 10 gr/l, Kostik: 10 cc/lt	1 (80°C)
		2	İndirgen C: 10 gr/l, Kostik: 10 cc/lt	1 (80°C)
		3	İndirgen A: 5 gr/l, Kostik: 5 cc/lt	1 (80°C)
		4	İndirgen B: 5 gr/l, Kostik: 5 cc/lt	1 (80°C)
		5	İndirgen C: 5 gr/l, Kostik: 5 cc/lt	1 (80°C)
	%1	6	İndirgen A: 5 gr/l, Kostik: 5 cc/lt	2 (100°C)
		7	İndirgen B: 5 gr/l, Kostik: 5 cc/lt	2 (100°C)
		8	İndirgen C: 5 gr/l, Kostik: 5 cc/lt	2 (100°C)
	%4	9	İndirgen A: 5 gr/l, Kostik: 5 cc/lt Egalizatör: 2 g/l	1 (80°C)
		10	İndirgen B: 5 gr/l, Kostik: 5 cc/lt Egalizatör: 2 g/l	1 (80°C)
		11	İndirgen C: 5 gr/l, Kostik: 5 cc/lt Egalizatör: 2 g/l	1 (80°C)
REFERANS ÖLÇÜM NUMUNESİ (R.N.)- Konvansiyonel Uygulama			İndirgen B: 10 gr/lt, Kostik: 10 cc/lt	1 (80°C)
Toplam Deneme ve Numune Sayısı: 5 (B.M.) x 3 (B.M. Derişimi) x 11 (Reçete) = 165 Adet				

ise 100°C'de, boyamanın yapıldığı aynı makinede, 1/10 flotte oranında, çektirme yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. Çalışmada endüstride konvansiyonel olarak kullanılan yöntem alternatif yaratılmaya çalışılmıştır

3.3. Değerlendirme

Tablo 3'de verilen sistematığe göre deneysel çalışma gerçekleştirildikten sonra elde edilen 165 numunenin spektral değerleri, Referans Numune olarak adlandırılan deneme referans alınarak, spektrofotometre ile CMC(2:1) standardında, D65 ışık kaynağı altında, 10° gözlem açısı ile ölçülmüştür. Ölçüm

sonucunda dE, dL, dC, dH gibi spektral değerler elde edilmiştir.

Bu değerler ölçülen numuneler ile referans numune sonuçlarının birbirlerine olan farkları ile hesaplanmaktadır. dE ise toplam renk farkını temsil etmektedir.

$$dE = ((dL)^2 + (dC)^2 + (dH)^2)^{1/2} \quad (1)$$

Bu formülden;

dL: Açıklık/koyuluk (+ açık, -koyu)

dC: Parlaklık-Kroma (+ parlak, -mat)

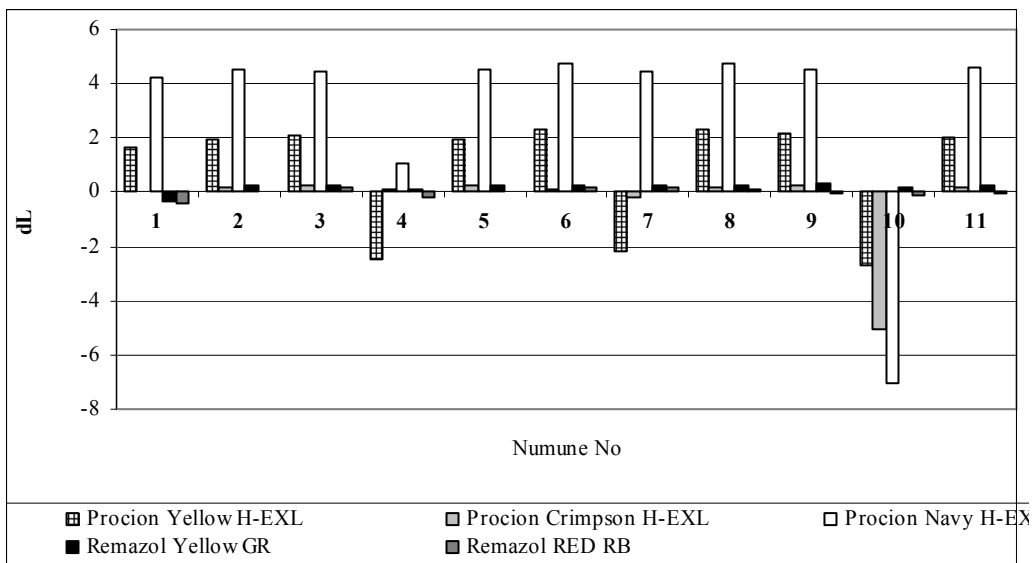
dH: Renk farkı (19).

Spektrofotometrede renk ölçümleri yapıp sonuçlar elde edildikten sonra,

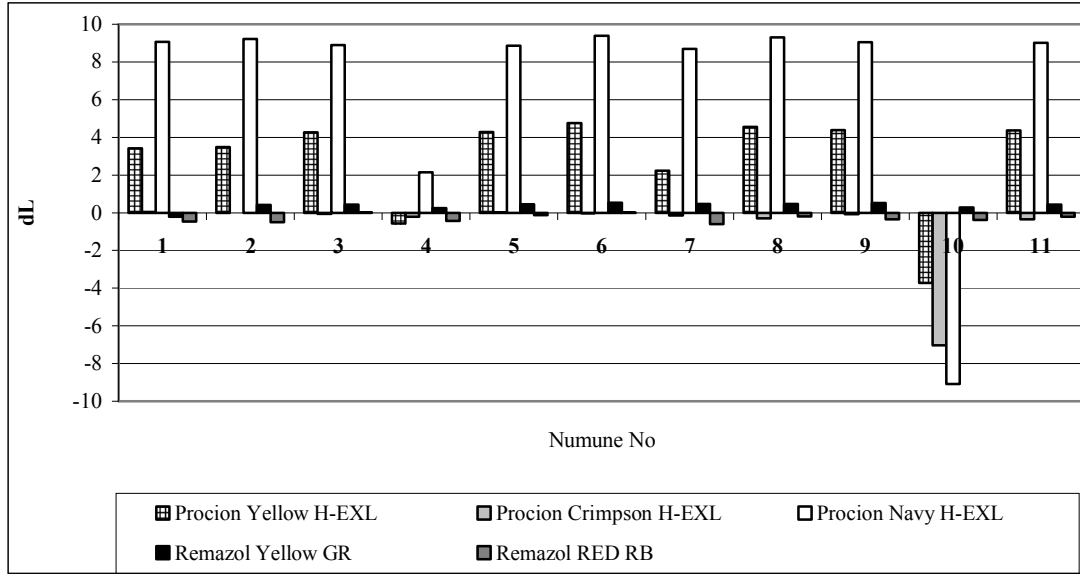
incelenen parametrelerin söküm verimi üzerine etkilerini ve etki derecelerini incelemek, bu faktörlerin birbirleriyle varsa etkileşimlerini belirlemek ve anlamlılık seviyelerini tespit etmek için mühendislik uygulamalarında yaygın olarak kullanılan bir paket programda tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve sonuçlar irdelenmiştir.

4. BULGULAR

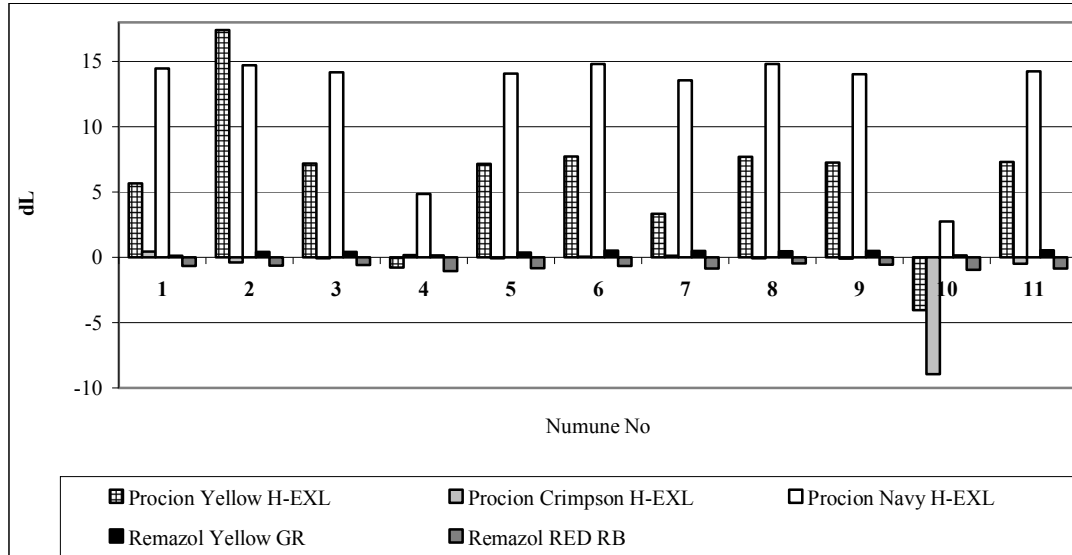
Boyarmadde söküm işlemi gerçekleştirilmiş numunelerin spektrofotometre ile yapılan ölçümlerinden dE, dL, dC, dH gibi spektral değerler elde edil-



Şekil 2. %0,25'lik boyamaların dL değeri



Şekil 3. %1'lik boyamaların dL değeri



Şekil 4. %4'lük boyamaların dL değeri

miştir. Söküm verimine proses parametrelerinin etkisinin belirlenmesinde en objektif ölçüt "dL" değeridir. Çünkü bu değer açıklık-koyuluğu ifade eder ve boya sökümünde önemli olan rengin olabildiğince açılmasıdır. Bu nedenle sadece dL değerleri grafik olarak gösterilmiştir. Bu grafikler incelenirken dikkat edilmesi gereken nokta, dL değeri pozitif yönde arttıkça rengin açıldığıdır. Değerlendirme Tablo 3'de verilen 11 deneme ile standart olarak verilen ve konvansiyonel olarak işletmelerde uygulanan denemenin kıyaslanması şeklindedir. Böylece standart uygulamaya alternatif olacak daha verimli söküm yöntemleri bulunmaya çalışılmıştır.

Şekil 2'de %0,25, Şekil 3'de %1, Şekil 4'de ise %4'lük boyamalara uygulanan söküm işlemlerinin dL değerleri verilmiştir.

Şekil 2-3-4'de görüldüğü gibi söküm işlemi uygulanmış numunelerin dL değeri, standart numuneye göre kıyaslandığında uygulanan proseslere ve boyamaddelere bağlı olarak farklılık göstermiştir. Bu da incelenen bu faktörlerin, söküm verimi üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Şekil incelendiğinde Procion Navy H-EXL boyamaddesi en kolay, Remazol Red RB ise en zor sökülen boyamaddedir. Bu verilere dayanarak bifonksiyonel boyamaddelerin reaktif gruplarının 2

kısımdan oluşması nedeniyle daha zor söküldüğü söylenebilmektedir. Ayrıca boyamaddenin kromofor grubunun bisazo olması sökümü olumsuz yönde etkilememiştir.

Şekiller incelendiğinde, İndirgen A ve İndirgen C ile uygulanan söküm prosesinin endüstride konvansiyonel olarak uygulanan ve Tablo 3'de verilmiş uygulamaya göre daha verimli sonuçlar verdiği görülmüştür. İndirgen B ile yapılan diğer uygulamaların dL değeri açısından en kötü sonuçları verdiği tespit edilmiştir. Özellikle 10 No'lu deneme ile elde edilen numunenin, her üç boyama tonu için hemen hemen tüm boyamaddelerde, dL değerinin

negatif olduğu görülmektedir. Söküm sıcaklığının artırılmasının söküm verimini artırdığı, reçeteye egalizatör ilavesinin ise verimi düşürdüğü tespit edilmiştir. Ayrıca renk şiddeti arttıkça dL değerinin arttığı görülmektedir. Bu da renk şiddetinin arttıkça, endüstride kullanılan konvansiyonel yöntemin koyu renklerde daha etkisiz kaldığını ve Tablo 3'de verilen alternatif yöntemlerin öneminin arttığını gösteren bir işarettir.

4.1. İstatistiksel Bulgular

Çalışmada incelenen boyarmadde cinsi, indirgen madde cinsi, indirgen madde derişimi, egalizatör, sıcaklık gibi faktörlerin sonuçlar üzerindeki etki ve

etkileşimlerini objektif olarak inceleyebilmek, onları bir sayı olmaktan çıkarıp bir anlam kazandırmanın temel yolu, verileri bir istatistik yöntemle test etmektir. Bu amaçla, çalışmada elde edilen sonuçlara varyans analizi uygulanmış ve incelenen faktörlerin sonuçlar üzerindeki etkisinin derecesi tespit edilmeye çalışılmıştır.

Tablo 4'de %0,25 boyamalara uygulanan söküm işlemi dL sonuçlarının ANOVA tabloları görülmektedir. Bu tabloların yorumlanmasında önemli olan parametreler F ve p (önem derecesi) değerleridir. F değeri büyüyüp, p değeri küçüldükçe incelenen faktörün anlamlılık seviyesi artmakta ve sonuç üzerindeki etkisi büyümektedir. p

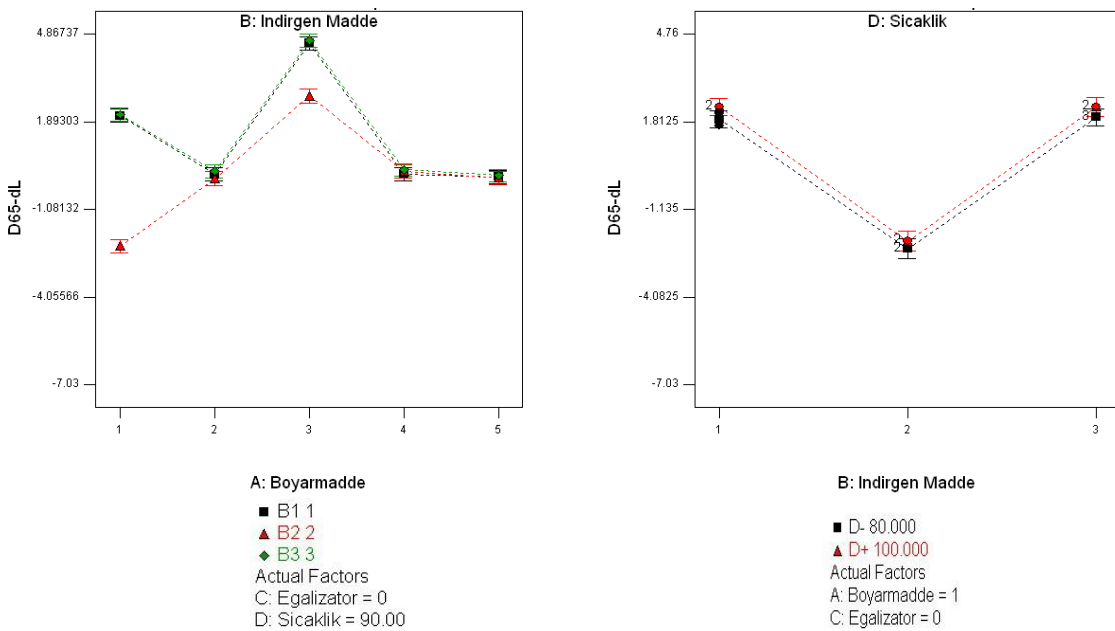
değeri 0,05'in üstüne çıktığında incelenen faktörün, sonuç üzerinde etkisinin anlamsız olduğu söylenmektedir. Bu bölümde elde edilen tablolar ve model grafikler analiz yapıldığı paket programın çıktılarıdır.

Tablo 4'ün sonuçları incelendiğinde, kurulan modelin analiz yapmak için uygun olduğu ancak, tahmin yapmak için uygun olmadığı görülmektedir. Ayrıca sonuçların dizayn uzayı içinde değerlendirilmesi ve incelenen faktörlerinin değer aralığı dışında yorum yapılmasının doğru olamayabileceği söylenebilmektedir. Ayrıca A-B-C-D faktörlerinin tek başlarına etkilerinin yanında, birbirleriyle olan ikili ve üçlü

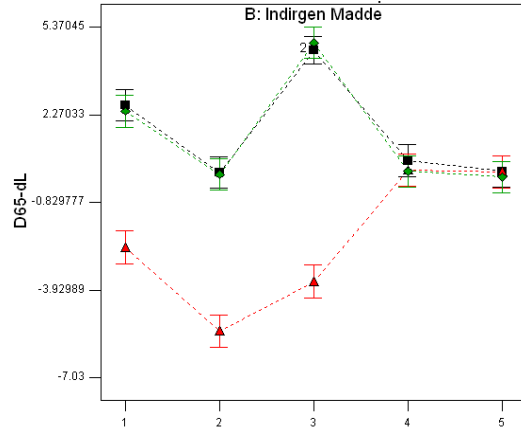
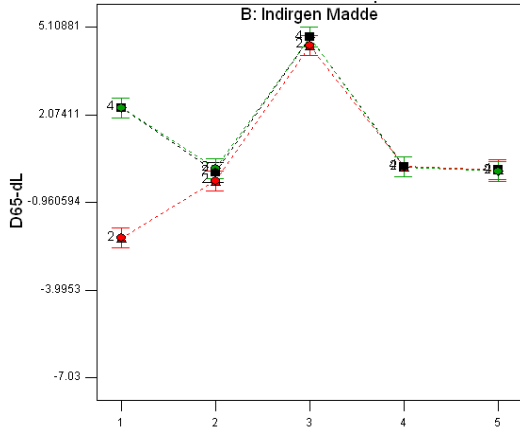
Tablo 4. %0,25'lik boyamaların söküm sonuçlarının ANOVA tablosu

Faktör	Kareler Toplamı	MS	F Değeri	Anlamlılık Derecesi (p değeri)	Anlamlılık	Kısaltmalar
Model	283,0226427	6,432332789	131,2319	< 0.0001	Anlamlı	
A	84,49585004	21,12396251	430,9693	< 0.0001	Anlamlı	A. Boyarmadde
B	53,75431639	26,87715819	548,3456	< 0.0001	Anlamlı	B. İndirgen Madde
C	4,220741975	4,220741975	86,11123	< 0.0001	Anlamlı	C. Egalizatör
D	1,182007576	1,182007576	24,11522	0.0006	Anlamlı	D. Sıcaklık
AB	46,19683513	5,774604392	117,813	< 0.0001	Anlamlı	
AC	9,038966063	2,259741516	46,10306	< 0.0001	Anlamlı	
AD	1,667333333	0,416833333	8,504199	0.0029	Anlamlı	
BC	13,26594848	6,63297424	135,3254	< 0.0001	Anlamlı	
BD	0,603245758	0,301622879	6,153685	0.0181	Anlamlı	
ABC	19,40250288	2,425312861	49,48103	< 0.0001	Anlamlı	
ABD	2,967713333	0,370964167	7,56838	0.0022	Anlamlı	

Modelin R² Değeri: 0.9983
Örn: AB.Boyarmadde*İndirgen Madde etkileşimi, BD.İndirgen Madde*Sıcaklık etkileşimi



Şekil 5. %0,25'lik boyanmış numunelerin sökümünde AB ve BD ikili etkileşiminin model grafiği



A: Boyarmadde
 ■ B1 1
 ▲ B2 2
 ◆ B3 3
 Actual Factors
 C: Egalizator = 0
 D: Sicaklik = 100.00 (egalizator yok)

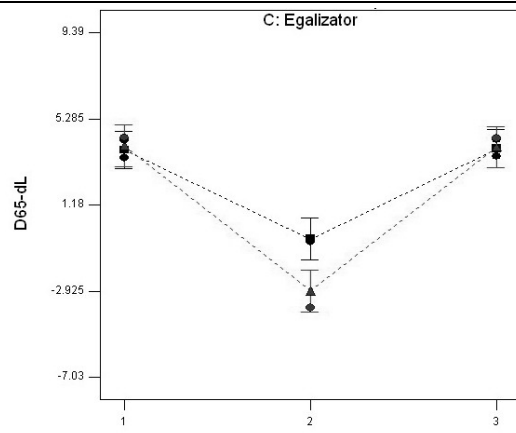
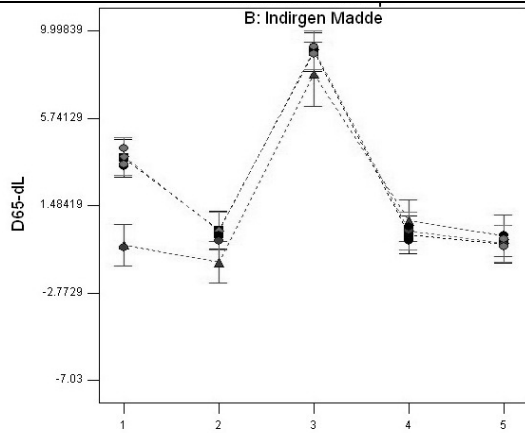
A: Boyarmadde
 ■ B1 1
 ▲ B2 2
 ◆ B3 3
 Actual Factors
 C: Egalizator = 1
 D: Sicaklik = 100.00 (egalizator var)

Şekil 6. %0,25'lik boyanmış numunelerin sökümünde ABC üçlü etkileşiminin model grafiği

Tablo 5. %1'lik boyamalarının söküm sonuçlarının ANOVA tablosu

Faktör	Kareler Toplamı	MS	F Değeri	Anlamlılık Derecesi (p değeri)	Anlamlılık	Kısaltmalar
Model	673,6823256	24,06008306	30,28101	< 0.0001	Anlamlı	
A	488,2468751	122,0617188	153,6218	< 0.0001	Anlamlı	A. Boyarmadde
B	29,29709888	14,64854944	18,43605	< 0.0001	Anlamlı	B. İndirgen Madde
C	2,565552579	2,565552579	3,228897	0.0855	Anlamsız	C. Egalizator
D	1,254001282	1,254001282	1,578233	0.2216	Anlamsız	D. Sicaklık
AB	32,87509161	4,109386452	5,171901	0.0009	Anlamlı	
AC	6,283118256	1,570779564	1,976917	0.1318	Anlamsız	
AD	2,604526438	0,65113161	0,819487	0.5260	Anlamsız	
BC	9,784346061	4,89217303	6,157084	0.0072	Anlamlı	
BD	0,414070114	0,207035057	0,260566	0.7729	Anlamsız	

Modelin R² Değeri: 0.9736



A: Boyarmadde
 ■ B1 1
 ▲ B2 2
 ◆ B3 3
 Actual Factors
 C: Egalizator = 0
 D: Sicaklik = 80.00 (egalizator yok)

B: İndirgen Madde
 ■ C1 0
 ▲ C2 1
 Actual Factors
 A: Boyarmadde = 1
 D: Sicaklik = 80.00

Şekil 7. %1'lik boyanmış numunelerin sökümünde AB ve BC ikili etkileşiminin model grafiği

etkileşimlerinin de “dL” sonuçları üzerinde etkisinin anlamlı olabileceği söylenebilmektedir. Şekil 5-6’da Tablo 4’de anlamlı olarak bulunan ikili ve üçlü etkileşimlerden önemli görülenlerden bazılarının model grafikleri verilmiştir.

AB etkileşiminin anlamlı olması, A’nın (Boyarmadde cinsinin) dL üzerinde tek başına değil, B’ye (İndirgen madde cinsi) de bağlı olarak etkili olduğunu göstermektedir. Tüm boyarmaddeler için B2 (İndirgen B) en kötü, B1 (İndirgen A) ve B3 (İndirgen C) ise en iyi sonuçları vermiştir. Aynı indirgen madde, farklı boyarmaddeler için farklı dL değeri vermektedir. BD etkileşimi ise indirgen madde cinsinin sıcaklığa bağlı olarak değiştiğini gösteren bir sonuçtur. BD model grafiği incelendiğine

100°C’de indirgen maddelerinin etkinliğinin daha fazla olduğu görülmektedir.

Şekil 6’deki etkileşimde 100°C’de, egalizatörsüz ve egalizatör varlığında boyarmadde ve indirgen madde etkileşiminin, dL değeri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Şekil 6’da görüldüğü gibi işleme egalizatör ilave edildiğinde B2’nin (İndirgen B) verimi özellikle 1-2-3 no’lu boyarmaddeler için düşmüştür. Diğer indirgen madde cinsleri için ise büyük bir değişim gözlemlenmemiştir. Bu da ABC üçlü etkileşimini göstermektedir.

Tablo 5’de %1’lik boyamalara uygulanan söküm işlemi dL sonuçlarının ANOVA tabloları görülmektedir. Sonuçlar incelendiğinde hiçbir üçlü etkileşiminin modelde olmadığı, bazı ikili ve teklî etkileşimlerinin ise etkisinin an-

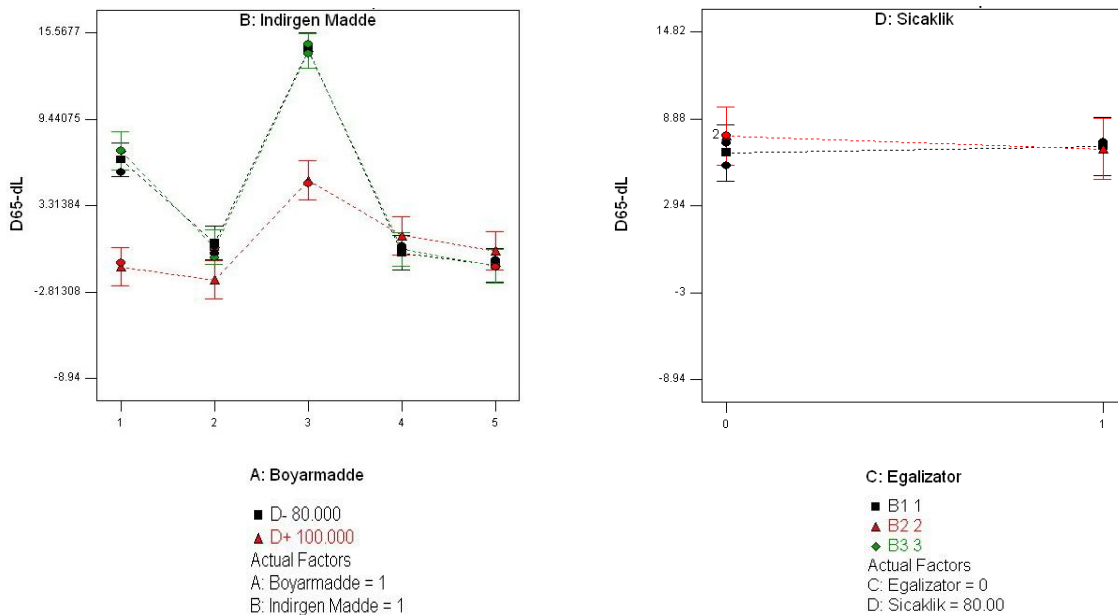
lamsız olduğu tespit edilmiştir. En anlamlı ikili etkileşim AB, en anlamsız ikili etkileşim ise BD olarak tespit edilmiştir. Şekil 7’de AB ve BC etkileşimlerinin model grafikleri verilmiştir.

Şekil 7’de AB etkileşim modeli incelendiğinde, her üç indirgen maddenin de, bütün boyarmaddeler için farklı dL sonuçları verdiği görülmüştür. Bu da reaktif boyarmaddelerin söküm verimini artırmak için indirgen maddenin seçiminin önemli olduğunu göstermektedir. AC etkileşim modelinde ise egalizatör varlığının indirgen maddenin söküm verimini etkilediği, bu etkinin en çok İndirgen B’de gerçekleştiği görülmektedir. Egalizatör varlığı İndirgen maddenin reaktif boyarmaddeyi söküm verimini düşürmüştür.

Tablo 6. %4’lük boyamalarının söküm sonuçlarının ANOVA tablosu

Faktör	Kareler Toplamı	MS	F Değeri	Anlamlılık Derecesi (p değeri)	Anlamlılık	Kısaltmalar
Model	1788,88704	48,34829838	36,72314	< 0.0001	Anlamlı	
A	1281,970743	320,4926859	243,4315	< 0.0001	Anlamlı	A. Boyarmadde
B	129,9436181	64,97180907	49,34959	< 0.0001	Anlamlı	B. İndirgen Madde
C	5,925874528	5,925874528	4,501021	0.0498	Anlamlı	C. Egalizatör
D	8,791294495	8,791294495	6,677462	0.0200	Anlamlı	D. Sıcaklık
AB	114,1649493	14,27061866	10,8393	< 0.0001	Anlamlı	
AC	9,529689363	2,382422341	1,809578	0.1764	Anlamsız	
AD	11,82755357	2,956888392	2,245916	0.1097	Anlamsız	
BC	15,39817993	7,699089964	5,847874	0.0124	Anlamlı	
BD	9,668863105	4,834431553	3,672011	0.0487	Anlamlı	
CD	0,518669354	0,518669354	0,393957	0.5391	Anlamsız	
ABD	25,98295151	3,247868938	2,466931	0.0591	Anlamsız	

Modelin R² Değeri: 0.9884



Şekil 8. %4’lük boyanmış numunelerin sökümünde AB ve CD ikili etkileşiminin model grafiği

Tablo 6'da %4'lük boyamalara uygulanan söküm işlemi dL sonuçlarının ANOVA tabloları görülmektedir. Tablo incelendiğinde dL üzerinde bütün tekli faktörlerin ve bazı ikili etkileşimlerin etkisinin anlamlı olduğu, bazı ikili etkileşimlerin ise anlamsız olduğu görülmektedir. BD'nin etkisi anlamlı olmakla beraber, 0,05 kritik değerin oldukça yakın bir sonuç elde edilmiştir. Bu nedenle gözden geçirilmesi gerekmektedir. Şekil 8'de AB ve CD ikili etkileşimlerinin model grafikleri verilmiştir.

Şekil 8'de, AB etkileşim modeli incelendiğinde, her üç indirgen maddenin de, bütün boyarmaddeler için farklı dL sonuçları verdiği görülmüştür. Özellikle boyarmadde söküm prosesinde, İndirgen A ve İndirgen C'nin boyarmadde cinsinden daha fazla etkilendiği görülmektedir. CD etkileşiminde ise egalizatörün sıcaklıkla etkinliğinin değiştiği görülmektedir. Egalizatör yokluğunda sıcaklık artışı dL değerini artırırken, egalizatör varlığında ise bu durum tersi bir davranış göstermiştir.

5. DEĞERLENDİRME

DeneySEL çalışmada indirgen yıkama maddeleriyle gerçekleştirilen boyarmadde söküm işlemi, bu prosesin reaktif boyarmaddeler üzerine uygulaması ve bu prosesi etkileyen işlem parametreleri üzerine bir inceleme yapılmıştır. İnceleme istatistiksel bir analiz ile desteklenerek, araştırılan işlem parametrelerinin söküm verimi üzerine etkilerinin anlamlılık seviyesi tespit edilmeye çalışılmıştır. Söküm verimi incelenirken dL değeri kullanılmıştır. Bu değerler çalışmada uygulanan ve Tablo 3'de detayları verilen söküm prosesleriyle elde edilen numuneler ile endüstride yaygın olarak kullanılan söküm prosesinin spektrofotometrik ölçümünden elde edilmiştir.

Çalışmanın sonucu incelendiğinde genel olarak özellikle boyarmadde ve kullanılan indirgen yıkama maddesi cinsinin ilk planda, söküm işlemi üzerinde

etkili olduğu belirlenmiştir. Burada kullanılan boyarmaddenin kromofor ve reaktif grubu en etkili parametreler olarak görülmektedir. Özellikle reaktif grubun bifonksiyonel oluşu, boyarmaddenin elyafa bağlanmasını artıracığından söküm verimini de zorlaştırabileceği düşünülmektedir.

Ancak söküm verimi üzerinde en etkili parametre indirgen madde olarak görülmektedir. Sonuçlar incelendiğinde tioürediyoksit kökenli İndirgen A ve İndirgen C'nin İndirgen B'ye göre daha yüksek dL değerleri verdiği tespit edilmiştir. Bu noktada Şekil 1'de verilen ve bu kimyasalların redoks (indirgeme) potansiyelini gösteren grafiklere değinmek gerekmektedir. Grafikler incelendiğinde 80°C'de İndirgen A ve İndirgen C'nin potansiyel değerlerinin, İndirgen B'ye göre daha yüksek olduğu ve zamana bağlı olarak potansiyellerindeki düşüşün daha az olduğu belirlenmiştir. Bu da söküm verimini artırmada ve boyarmaddeyle elyaf arasında kovalent bağı indirgemedi önemli bir faktör olarak görülmektedir. Yapılan istatistiksel değerlendirme ise sonuçları analiz etme açısından verimli olmuş ve faktörlerin bireysel etkilerinin yanında birbirleri ile olan etkileşimleri de belirlenmiştir.

Sonuç olarak, reaktif boyarmaddelerin renkliliğinin indirgen yıkama maddeleriyle gerçekleştirilen söküm prosesi ile giderilebildiği ve bu proseste kullanılacak yıkama maddesinin, renklendirme için kullanılan boyarmadde cinsi ve boyama derişimine göre seçilmesi gerektiği söylenebilmektedir. Egalizatör kullanımını prosesi değiştirmemektedir.

KAYNAKLAR

1. BALCI, O., OĞULATA, R., T. Boyarmadde Sökümünde Kullanılan Farklı Redüktif Yıkama Maddelerinin ve Makine Çalışma Parametrelerinin Kumaş Dayanımı Üzerindeki Etkilerinin Belirlenmesi, *Tekstil&Teknik Dergisi*, 2005, Sayı.245, s.230-237.
2. BALCI, O. *Tekstil Terbiyesinde Yeniden Değerlendirme Yöntemlerinin Uygulanması ve Bu Yöntemlerin Kumaş Performansına Olan Etkilerinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri

Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, 2004, 639s.

3. www.eksoy.com/onbilgi.html, Web Sitesi, 2004.
4. BALCI, O., ve OĞULATA, R., T. Hatalı Boyanmış Dokuma Kumaşlara Yeniden Değerlendirme Yöntemlerinin Uygulanması, *Tekstil&Teknik Dergisi*, 2004, Sayı 233, s.212-218.
5. UHRİ, N. Dispers Boyamada Redüktif Yıkamanın Önemi, *Setaş Kimya Yayın No: 013*, 2000, s.2-22.
6. AKSOY, H. Polyclear: Güçlü ve Güvenilir İndirgen. *Tekstil Terbiye&Teknik*, 1997, Sayı 17, s.58-59.
7. ONUK, Ö. Redüktör Maddelerin Kullanımında Son Gelişmeler, *Tekstil Teknoloji Dergisi*, 1998, Sayı 25, s.130-131.
8. ANIŞ, P. ve YILDIRIM F., F. Polyester Boyama Sonrası İndirgen Yıkamanın Kumaş Kalitesi ve Çevre Yüğü Üzerine Etkileri, *Tekstil Maraton Dergisi*, 2003, Sayı 64, s.43-53.
9. TIEDEMANN, W., SCHAD, J. Ekolojik ve Ekonomik Açılardan PES-Boyarmaddelerinin Redüktif Temizlenmesi, *Melliand Türkiye Sayısı*, 1999, No:2, s.112-114.
10. WESTBROEK, P., DE CLERCK, K., KIEKENS, P., GASANA, E., TEMMERMAN, E. Improving Quality and Reproducibility of the Indigo Dye Process by Measuring and Controlling Indigo and Sodium Dithionite Concentration, *Textile Research Journal*, 2003, Vol.73 (12), p. 1079-1084.
11. KHİSHİGSUREN A, NAKAJİMA M, TAKAHASHİ M. Using Sodium Bisulfite As A Rinsing Auxiliary in Bleaching Cashmere, *Textile Research Journal*, 2002, Vol. 72 (1), p.51-54.
12. KARMAKAR, S., R. Chemical Technology in the Pre-Treatment Processes of Textiles, *Textile Science and Technology*, 1999, Vol.12, 498s, Elsevier Science, Hollanda.
13. ANDERS, S., SCHINDLER, W. Comparison of Reducing Agents in Reduction Clearing of Polyester Dyeings and Prints, *Melliand Türkiye Sayısı*, 1997, Vol.1-2, s.E21-E23.
14. OĞULATA, R.T., BALCI, O. Redüktif Boyarmadde Söküm İşleminin Kumaş Fiziksel Performansı Üzerine Etkisinin Belirlenmesi, *Tekstil Teknolojileri ve Tekstil Makinaları Kongresi*, 11-12 Kasım, Gaziantep, Bildiri Kitabı, 2005, No: E/2005/392 - S.165.
15. AKTUD PR, www.akkim.com.tr, Web Sitesi, 2004.
16. SodiumHydrosulfite, www.greatvistachemicals.com/industrial_and_specialty_chemicals/sodium-hydrosulfite-dithionite.html, Greatvista Chemicals, 01.06.2005.
17. Thiourea Dioxide, Shangyunchem, www.chem-world.com, 01.06.2005.
18. GASANA, E., WESTBROEK, P., DE WAELE, K., TEMMERMAN, E., DE CLERCK, K., KIEKENS, P. Kinetics and Mechanism of the Oxidation of Sodium Dithionite at a Platinum Electrode in Alkaline Solution, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 2003, Vol.553, p.35-42, www.sciencedirect.com-online.
19. DURAN, K. *Tekstilde Renk Ölçümü ve Reçete Çıkarma*, E.Ü. Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma-Uygulama Merkezi Yayını, No.17, İzmir, 2001.

Bu araştırma, Bilim Kurulumuz tarafından incelendikten sonra, oylama ile saptanan iki hakemin görüşüne sunulmuştur. Her iki hakem yaptıkları incelemeler sonucunda araştırmanın bilimselliği ve sunumu olarak "Hakem Onaylı Araştırma" vasfıyla yayımlanabileceğine karar vermişlerdir.