

# BOR KATKILI STİREN AKRİLİK BOYALARIN ALEV GECİKTİRME, DUMAN BASTIRMA VE ANTİBAKTERİYEL ETKİNLİKLERİ

Ahmet ALICILAR<sup>1</sup>, Fatime ÖKENEK<sup>1</sup>, Bekir KAYRAN<sup>1</sup>, Mustafa TUTAK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Maltepe, 06570, Ankara

<sup>2</sup>Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Melikgazi, 38039, Kayseri

[alicilar@gazi.edu.tr](mailto:alicilar@gazi.edu.tr), [fatmaokenek@hotmail.com](mailto:fatmaokenek@hotmail.com), [b\\_kayran\\_virmi@hotmail.com](mailto:b_kayran_virmi@hotmail.com), [mtutak@erciyes.edu.tr](mailto:mtutak@erciyes.edu.tr)

(Geliş/Received: 27.01.2014; Kabul/Accepted: 01.10.2015)

## ÖZET

Bazı bor bileşikleri (kalsiyum ve potasyum metaborat, sodyum tetraborat, susuz ve sulu çinko borat) su bazlı stiren akrilik boyaya üç farklı konsantrasyonda (% 1, 2 ve 3 m/m) ayrı ayrı ilave edildi. Boratlarla karşılaştırmak amacıyla amonyum polifosfat katkısıyla deneyler tekrarlandı. Katkılı boyaların alev geciktirme, duman bastırma ve iki bakteriye karşı (*E.coli* ve *S.aureus*) antibakteriyel etkinlikleri ile boyama özellikleri standart metotlar kullanılarak belirlendi. Sonuç olarak sodyum tetraboratın alev geciktirici ve duman bastırıcı katkı maddesi olarak bu boyalarda kullanılabileceği ve boyanın viskozitesinde gözlenen azalmanın, gerektiğinde kalınlaştırıcı kullanılarak giderilebileceği ileri sürüldü. Çinko boratın da alev geciktirme özelliğine ilave olarak, *S.aureus* bakterisine karşı etkin bir reaktif olduğu gözlemlendi. Bu iki borat bileşiğinin, boyanın boyama özelliklerini olumsuz etkilemediği belirlenen çalışmada, diğer borlu bileşiklerin de alev ve dumana karşı kısmi etkinliğe sahip olduğu; ancak hiçbirinde antibakteriyel etkinliğin bulunmadığı ifade edildi.

**Anahtar Kelimeler:** Boya, stiren akrilat, alev geciktirme, duman bastırma, borat, *E. coli*, *S. Aureus*

## FLAME RETARDATION, SMOKE SUPPRESSION AND ANTIBACTERIAL EFFICIENCIES OF BORON ADDITIVES IN STYRENE ACRYLIC PAINTS

### ABSTRACT

Some boron compounds (calcium and potassium metaborates, sodium tetraborate, unhydrated and hydrated zinc borates) were separately added to water-based and styrene acrylic-structured top coat paints in three different concentrations (1, 2 and 3%). To compare the borates, the experiments were repeated with ammonium polyphosphate additive. Their flame retardation, smoke suppression and antibacterial efficiencies against two bacteria (*E.coli* and *S.aureus*) as well as dyeing properties were determined by using standard methods. As a result, it was proposed that sodium tetraborate may be used as a flame retardant and smoke suppressant additive in these paints and, if necessary, any decrease in the viscosity of paint resulting from it may be compensated for by using a thickener. In addition to its property of flame retardation, zinc borate may also be used as a cheap and effective agent against *S.aureus* bacterium. It was also shown that these additives, sodium tetraborate and/or zinc borate, do not negatively affect dyeing properties while certain advantages are provided to the paint by them. The other borates also had partial the flame retardation and smoke suppression efficiencies. However, none of them showed the resistance against the two bacteria used.

**Keywords:** Paint, styrene acrylate, flame retardation, smoke suppression, borate, *E. coli*, *S. Aureus*

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Boyalar binalarda estetik veya koruyucu amaçlarla yaygın kullanılan malzemelerdir. Bağlayıcı, çözücü, pigment, dolgu ve katkı maddeleri onların ana bileşenlerini oluşturur. Boyalar arası ana farklılık,

bağlayıcı olarak kullanılan reçine veya polimerlerden kaynaklanır. Parlaklık, dayanım, kimyasallara ve suya karşı direnç gibi bazı özellikler akrilik reçinelerin tercih sebebidir. Onlar; ahşap, metal, seramik ve beton gibi çok farklı yüzeylerde kullanım imkanı bulurlar [1].

Katkı maddeleri; boya formülasyonunda düşük oranda bulunan, ancak boyanın özelliklerini önemli boyutta etkileyen bileşenlerdir. Bu maddeler basit inorganiklerden oluşabildiği gibi kompleks yapıları organo metalik bileşik benzeri çok farklı yapıları da içerebilmektedir. Kalınlaştırıcılar, bakterisitler, dispersiyon ajanları ve alev geciktiriciler katkı maddelerine örnek olarak verilebilir [1-2]. Alev geciktirici katkıları, yanmayı önlemeyi veya en azından geciktirmeyi amaçlar. Halojenli bileşikler gibi bazı katkıların kullanımı, sağlığa ve çevreye olan zararlı etkilerinden dolayı yasaklanmıştır. Boratlar inorganik esaslı katkılarından birisi olup, özellikle çinko borat bu amaçla yaygın kullanılmaktadır [3-6]. Onların 290-450°C arasındaki endotermik bozunmaları sonucu su, borik asit ve bor oksit oluşur. Bor oksit, 500°C'un yukarısında koruyucu bir tabaka oluşturur. Polimerin oksijen içermesi durumunda, borik asitin varlığı dehidrasyona sebep olur. Oluşan karbonize tabaka, polimeri ısı ve oksijen etkisinden korur [6]. Alev geciktirme etkinliklerine ilave olarak, boratlar duman bastırma özelliğine de sahiptir. Nitekim bu konu birçok araştırmacının ilgi odağı olmuştur [7-13]. Mekanizmaları yeterince aydınlatılmamış olsa da; bazı bor bileşikleri bakteri, virüs, mantar ve küfe karşı da dirençlidir [14-16]. Özellikle borik asite benzer yapıları olanların, bazı bakterilerin gelişimini engellediği bilinmektedir [17]. Bu amaçla farklı maddeler, özellikle gümüşlü bileşikler kullanılmasına rağmen; ucuz ve kolay bulunur olmaları yönüyle antimikrobiyal boratlar tercih edilebilmektedirler [18-21]. Boratlar bor içeren oksijen anyonlardır. Onlar, borik asitin ( $H_3BO_3$ ) türevleri gibi düşünülebilir ve farklı formatta hazırlanabilirler. Farklı yapıları örnek olarak; metaborat ( $BO_2^-$ ), diborat ( $B_2O_5^{4-}$ ), triborat ( $B_3O_7^{5-}$ ), tetraborat ( $B_4O_9^{6-}$ ) verilebilir. Ancak farklı yapıda olsalar da bu bileşiklerin tamamı metalik özellikleri göstermezler. Elementel bor tabiatında serbest halde bulunmaz. En yaygın minerallerinden birisi, alüminoborosilikat esaslı turmalindir. Buna rağmen endüstriyel kullanımı fazla olanlar; tinkal, kernit, kolemanit ve üleksit gibi alkali ve toprak alkali esaslı bor mineralleridir. Ticari boyutta önem arz eden rezervler sınırlı olup, bu yönüyle ülkemiz ve USA ön plana çıkmaktadır [22]. Bu çalışmada, stiren akrilik boyalara katkı maddesi olarak bazı bor bileşikleri ilave edildi. Katkılı boyaların alev geciktirme, duman bastırma ve antibakteriyel etkinlikleri ile boyama özellikleri belirlendi.

## 2. MATERYAL VE METOT (MATERIALS AND METHODS)

### 2.1 Materyal (Materials)

Kimyasallar Sigma-Aldrich'ten ve emülsiyon şeklindeki boyalar Kardelen Boya-Kimyasal Ltd. Şirketi'nden temin edildi. Kalsiyum metaborat ( $Ca(BO_2)_2$ ), potasyum metaborat ( $KBO_2$ ) ve sodyum tetraborat ( $Na_2B_4O_7$ ) gibi alkali ve toprak alkali

boratlara ilave olarak; susuz ( $2ZnO.3B_2O_3$ ) ve sulu çinko boratlar ( $2ZnO.3B_2O_3.7/2H_2O$ ) boyaya farklı konsantrasyonlarda (% 1, 2, and 3 m/m) ayrı ayrı karıştırıldı. Boratlarla karşılaştırmak amacıyla amonyum polifosfat ( $(NH_4PO_3)_n$ ) katkı maddesiyle deneyler tekrarlandı.

Boyama etkinlik deneyleri Kardelen Boya Laboratuvarları'nda gerçekleştirildi. İki farklı bakterinin (*E. coli* ve *S. aureus*) kültürleri üzerindeki antibakteriyel etkiler, Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Laboratuvarları'nda incelendi. Aynı laboratuvarlarda Minolta 3600d spektrofotometre ile renk koordinatları da belirlendi. Limit oksijen indeksi (LOI) ve duman yoğunlukları, Gazi Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü'nde bulunan Dynisco Polymer Test-Limiting Oxygen Index Chamber cihazı ile tayin edildi.

### 2.2 Oksijen İndeksi ve Duman Yoğunluğunun Tayini (Determination of Oxygen Index and Smoke Density)

Bu amaçla yakma testleri gerçekleştirildi. Numuneleri hazırlamak için, bor bileşiği veya amonyum polifosfat içeren boyanın eşit miktarları kurutulmuş 10 x 1 x 0,4 cm<sup>3</sup> lük kalıplar elde edildi. Herbir kalıp cihazın yakma bölümüne dik konumda yerleştirilerek üst ucundan tutuşturuldu ve yanma periyodu boyunca davranışları gözlemlendi. Deneyler, seçilen değerlerin doğrulanma işlemi ve hesaplamalar standartta belirtilen şekilde yapıldı [23]. Şüpheli durumlarda aralıklar değiştirilerek deneyler tekrarlandı.

Duman yoğunluğu tayini için aynı cihaz modifiye edildi. Işık kaynağı, fotoelektriksel hücre ve sıcaklık ölçerden oluşan bir fotometrik sistemde çalışıldı. Standartta belirtilen şekilde yapılan deneyler sonunda çizilen absorban grafikleri yardımıyla duman yoğunlukları hesaplandı [24]. Herbir numune için bu işlemler üçer defa tekrarlandı.

### 2.3 Antibakteriyel Testler (Antibacterial Tests)

Antibakteriyel etkinlik için Tablo 1'de verilen bakteri kültürleri ( $10^7$  cfu/ml hücre) temin edildi ve difüzyon agar testi gerçekleştirildi. g/L olarak pepton 5,0 ; sığır ekstraktı 1,5 ; maya ekstraktı 1,5 ; NaCl 5,0 ; agar 20 ve pH=7,5 şeklinde hazırlanan besleyici ortam, otoklavda 121°C'ta 15 dakika süreyle bekletildi. Test organizmaları 10 mL besleyici içinde, 37°C'ta gece boyunca geliştirildi. Tutak ve Gün'ün çalışmasına benzer şekilde gerçekleştirilen deneyler sonunda, mm olarak inhibisyon bölgesi (ZOI) ölçüldü [25].

**Tablo 1.** Bakterilerin Özellikleri (Properties of bacteria)

Kod	İsim	ATCC	gram +/-
B1	<i>Escherichia coli</i>	ATCC 11229	gram -
B3	<i>Staphylococcus aureus</i>	ATCC 25923	gram +

## 2.4 Boyama Özelliklerinin Tayini (Determination of Dyeing Properties)

Viskozite, parlaklık ve renk farkları; standart metotlar (sırasıyla ASTM D 562-10, TS 4318 EN ISO 2813 ve TS 7165) esas alınarak tayin edildi. Viskozite ölçümünde Stormer tipi cihaz kullanıldı ve deney  $25 \pm 0,2^\circ\text{C}$  sıcaklıkta gerçekleştirildi. Standartta verilen tablo yardımıyla, Krebs birimli değerler belirlendi. Reflektometre yardımıyla boya filmlerinin ( $120 \mu\text{m}$ ) parlaklık değerleri  $20$ ,  $60$  ve  $85^\circ$  açılar için ayrı ayrı belirlendi. Değerler altı farklı okumanın aritmetik ortalaması şeklinde hesaplandı.

Boyaların yüzey reflektans ölçümleri spektrometrik teknikle gerçekleştirildi. K/S şeklindeki renk şiddeti değerleri, aşağıda verilen Kubelka-Munk eşitliği yardımıyla belirlendi [25]:

$$K/S = (1 - R)^2 / 2R \quad (1)$$

Burada; R: Reflektansın desimal fraksiyonu, K: Absorpsiyon katsayısı, S: Dağılıma katsayısıdır.

Aynı kalınlıktaki boya filmleri ile renk koordinatları da ( $\text{CIE } L^*, a^*, b^*$ ) belirlendi. Bor katkısız numuneler ile olan renk farkları ( $\Delta E$ ), aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplandı [25]:

$$\Delta E = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)^{1/2} \quad (2)$$

Burada  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  ve  $\Delta b^*$ ; bor katkılı ve katkısız numunelerin sırasıyla  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri arasındaki farklardır [26-27].

## 3. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ (RESULTS AND DISCUSSION)

### 3.1 Alev Geciktirme Etkinliği (Flame Retarding Efficiency)

Herbir numune için deneyler üçer defa tekrarlandı ve üç deneyin aritmetik ortalaması şeklinde limit oksijen indeks değerleri hesaplandı. Çinko ve alkali boratlar için sonuçlar, sırasıyla Şekil 1 ve 2'de gösterilir. Bor katkısız boya için indeks  $22,57$ 'tur. Çinko borat ile erişilen maksimum değer  $25,57$  iken (Denklem 1); sodyum tetraborat ile konsantrasyona bağlı olarak  $28,2$ 'ye kadar çıkar (Denklem 2).

Bu yüksek değer, diğerlerine kıyasla bu bileşikteki bor oranının yüksek oluşuna atfedilebilir. Diğer alkali boratlarla sağlanan etkinlikler çinko boratinkilerden daha düşüktür. Bu aşamada yüksek değer gözlenen iki alkali katkı (sodyum tetraborat ve potasyum metaborat) eşit oranda ( $\% 1,5 + 1,5$ ) karıştırıldı ve sinerji için test edildi. Ancak karışım için gözlenen indeks değeri, karışımdaki her bir bileşen için gözlenen değerlerden daha düşük idi. Şekil 1 ve 2'de görüldüğü gibi bor bileşiklerinin konsantrasyonlarındaki artış, indeks değerinde yani

aleve direnç etkinliğinde artışla sonuçlandı. Bununla birlikte boya kıvamına olan olumsuz etkilerinden dolayı, en yüksek konsantrasyon  $\% 3$  ile sınırlandı. Bu etki kalsiyum metaboratta daha baskındı ve onun konsantrasyonu sadece  $\% 1$ 'e çıkarılabildi. Bu düşük oran ile yakalanan etkinlik ise beklendiği gibi yetersizdi. Boratlara ilave olarak, benzer amaçla yaygın kullanılan amonyum polifosfat katkısı ile deneyler tekrarlandı [28-29]. Ancak onunla gözlenen değer, kalsiyum metaborat hariç boratların tamamından çok daha düşük idi. Kalsiyum metaborat ise yukarıda belirtildiği gibi viskozite nedeniyle yüksek konsantrasyona çıkılamayan bir borat idi.

### 3.2 Duman Bastırma Etkinliği (Smoke Suppression Efficiency)

Herbir numune için deneyler birkaç kez tekrarlandı ve birbirine yakın sonuçlu üç deneyin aritmetik ortalaması şeklinde etkinlikler hesaplandı. Çinko ve alkali boratlar için sonuçlar, sırasıyla Şekil 3 ve 4'de gösterilir. Şekillerden görüldüğü gibi borat konsantrasyonlarındaki artış, sulu çinko borat hariç bütün boratlarda duman yoğunluğunda azalma ile sonuçlanır. Aleve dirençte olduğu gibi burada da en yüksek etkinliğe sodyum tetraboratın yüksek konsantrasyonu ile erişilir ki; bu değer de bileşikteki bor oranının fazlalığına atfedilebilir. Benzer bir değişim sulu çinko boratın konsantrasyonundaki artıştan da beklenir. Ancak bu bileşik ile yapılan deneylerde duman yoğunluğu bordan daha çok, muhtemelen buharlaşan sudan etkilenir. Sonuç olarak, bileşiğin konsantrasyonu artırıldığında bor konsantrasyonu da artıyor olmasına rağmen; sudan kaynaklanan buhar miktarındaki artışa bağlı olarak duman yoğunluğunda da artış gözlenir.

Dikkate değer bir başka sonuç; sodyum tetraborat ve potasyum metaborat karışımı ( $\% 1,5 + 1,5$ ) kullanıldığında duman yoğunluğunun önemli ölçüde azalmasıdır. Karışım ile gözlenen değer, sodyum tetraborat ile erişilen maksimum değere çok yakındır. Şu da ilginçtir ki; boyaya amonyum polifosfatın ilavesi duman yoğunluğunda artışla sonuçlanır ve konsantrasyondaki artış ile yoğunluk artmaya meyleder. Bunların yanı sıra boratlar için gözlenen değerler başka çalışmalarda da gözlenmiş olup sürpriz sayılmamalıdır [8,30].

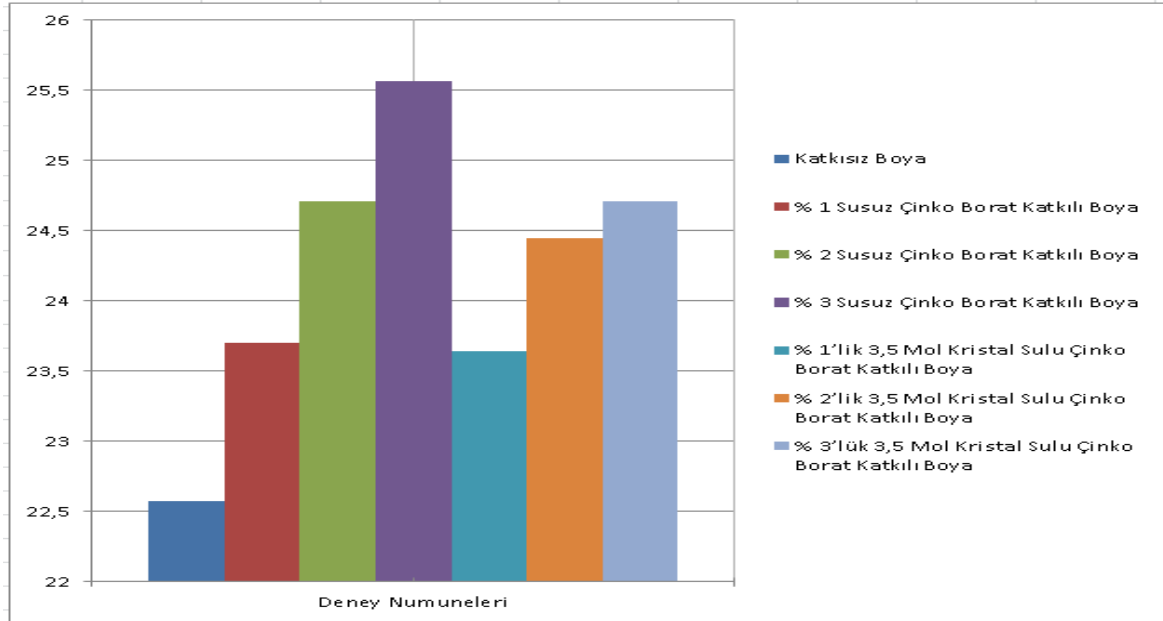
### 3.3 Antibakteriyel Etkinlik (Antibacterial Efficiency)

Alkali ve toprak alkali borat katkılı ve katkısız boya kullanıldığı zaman, bu çalışmadaki iki bakteriye karşı herhangi bir etkinlik gözlenmedi. Çinko boratlı boyada da *E. coli* bakterisine karşı bir direnç gözlenmez iken; bu boyanın *S. aureus*'a karşı dirençli olduğu belirlendi (Şekil 5). Susuz çinko borat katkılı boyada inhibisyon daha etkindi ve konsantrasyondaki artışa bağlı olarak dikkate değer boyutta arttığı görüldü.

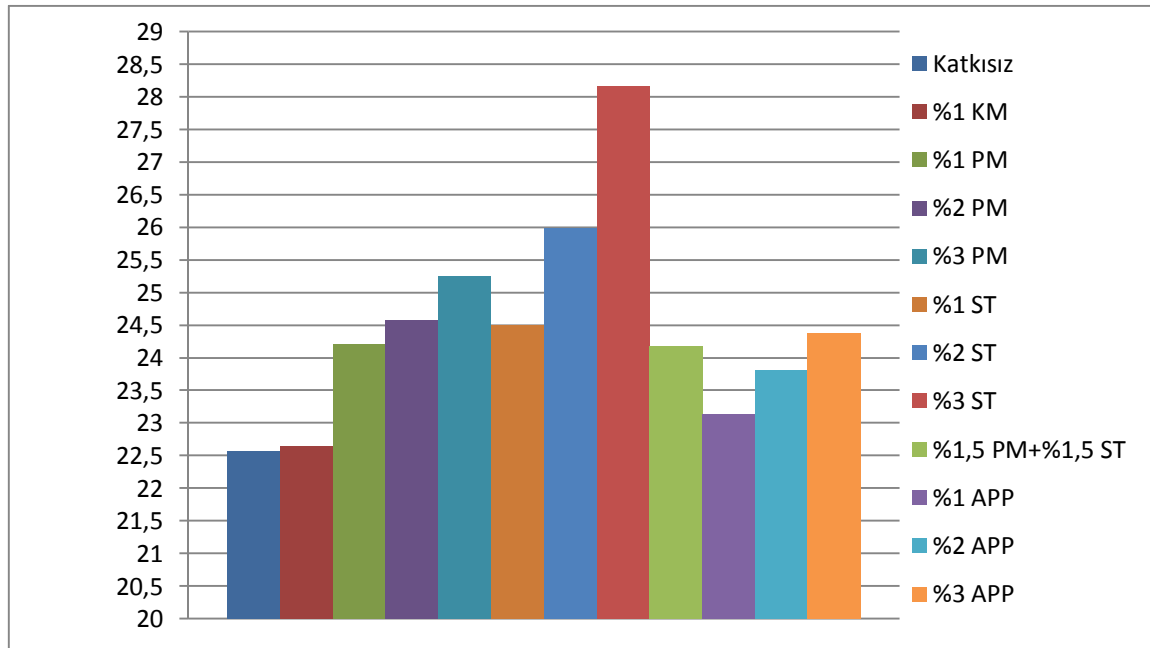
*S. aureus* solunum sistemlerimizde sıkça karşılaşılan bir bakteri olmasına rağmen her zaman patojenik değildir. Ancak cilt enfeksiyonlarının, solunum bozukluklarının ve gıda zehirlenmelerinin ana sebeplerinden birisi olarak verilebilir [31]. Katkı maddesi olarak nanoboyut gümüş vanadatın kullanıldığı benzer bir çalışmada bu bakteriye karşı 4 mm'lik inhibisyon çapı gözlenmiştir [21].

Tarafımızca yapılan deneylerde sulu çinko boratın %1'lik konsantrasyonunda 10 mm'lik bir çap

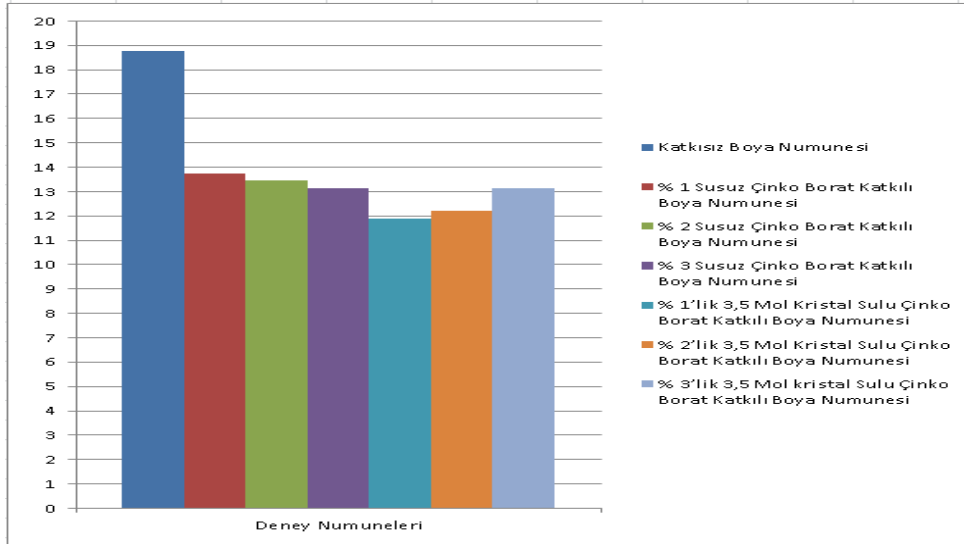
gözlenirken; bu değer susuz boratın % 3'lük derişiminde 17 mm'ye çıkmıştır. Bu sonuç, *S. aureus* bakterisine karşı gümüş bileşiklerinin yerine çinko boratın kullanılabilceğinin bir işareti olarak görülebilir. Tabiidir ki bu kapsamda tarafımızca yapılan deneyler yetersiz olup farklı şartlarda tekrarlanmalıdır. Aynı bakteriye karşı alkali boratların yetersiz kaldığı düşünülürse, bu etkinlik önceki etkinliklerde olduğu gibi boratlara atfedilemez. Çinko borattaki antibakteriyel etkinlik borattan değil; muhtemelen çinko oksitten kaynaklanmaktadır [32].



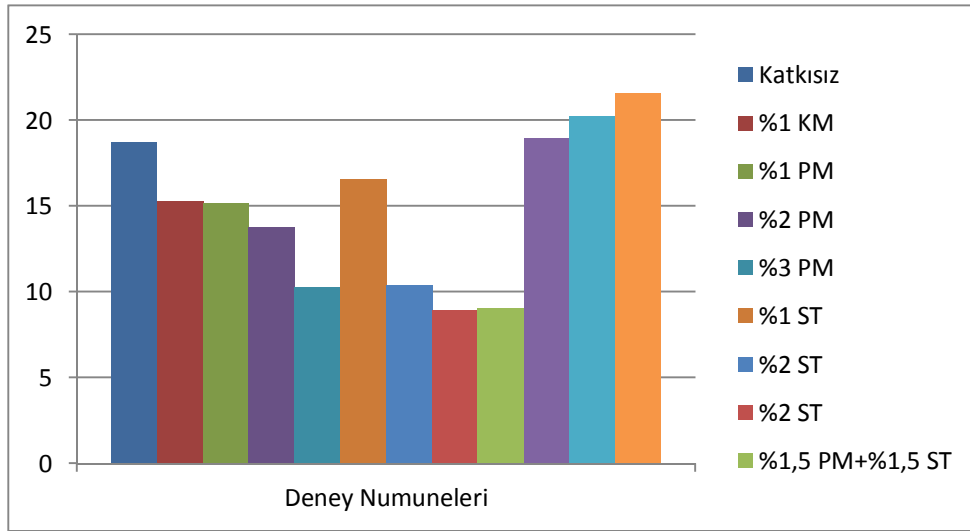
**Şekil 1.** Çinko borat katkılı boyaların limit oksijen indeks değerleri  
(Limited oxygen index values of paints with zinc borate additive)



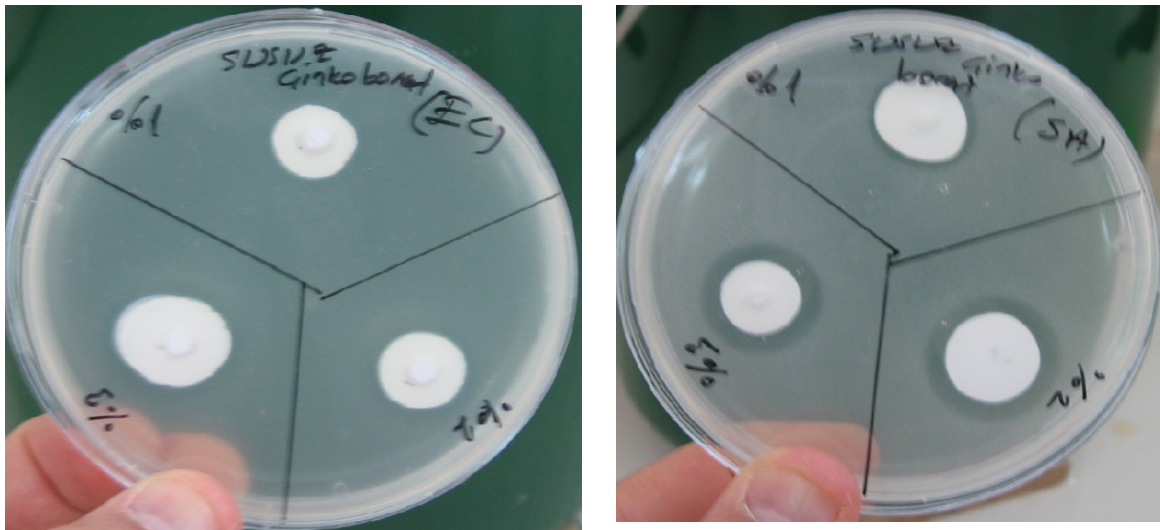
**Şekil 2.** Alkali ve toprak alkali borat katkılı boyaların limit oksijen indeks değerleri  
(Limited oxygen index values of paints with alkaline-earth and alkaline borate additive)



Şekil 3. Çinko borat katkıli boyaların duman yoğunlukları (%)  
(Percent smoke density values of paints with zinc borate additive)



Şekil 4. Alkali ve toprak alkali borat katkıli boyaların duman yoğunlukları  
(Percent smoke density values of paints with alkaline-earth and alkaline borate additive)



Şekil 5. *E. coli* (a) ve *S. aureus* (b) bakterilerine karşı çinko boratın örnek etkinlik testleri  
(Example tests for antibacterial efficiency of zinc borate against *E. coli* (a) and *S. aureus* (b))

### 3.4 Boyama Özellikleri (Dyeing Properties)

Yukarıda belirlenen etkinliklere ilave olarak, boyanın boyama özellikleri üzerine bor katkılarının olumsuz etki yapıp yapmadığı da kontrol edildi. Bu amaçla katkılı boyaların viskozite, parlaklık ve bazı renk özellikleri incelendi.

Literatüre göre su bazlı boyanın viskozitesi 115-125 Krebs aralığında olmalıdır [33]. Tablo 2'den görüldüğü gibi tarafımızca belirlenen değerler, ikisi hariç bu aralığa uygundur. Özellikle yüksek

konsantrasyondaki sodyum tetraborat için gözlenen değer oldukça düşüktür. Ancak bu sonuç pratikte önemli bir problem oluşturmaz ve kalınlaştırıcı yardımıyla telafi edilebilir.

Tablo 3'te verilen parlaklık değerleri 10 glostan daha düşüktür ve standarda göre tamamı mat boya olarak kabul edilir [23]. Bor katkılı ve katkısız boyaların renk özellikleri, Tablo 4'den görüldüğü gibi birbirine yakındır. Renk koordinatlarından hesaplanan  $\Delta E$  değerleri 0,95'ten düşük olup standartta verilen sınırlamalara uygundur [23].

**Tablo 2.** Viskozite Değerleri (Viscosity values of samples)

Boya	Süre (s)	Kütle (g)	Viskozite (Krebs)
Bor katkısız	29	625	121
Susuz çinko borat katkılı (%1)	30	600	120
Susuz çinko borat katkılı (%2)	29	600	119
Susuz çinko borat katkılı (%3)	30	625	121
Sulu çinko borat katkılı (%1)	29	600	119
Sulu çinko borat katkılı (%2)	28	625	120
Sulu çinko borat katkılı (%3)	29	600	119
Kalsiyum metaborat katkılı (%1)	33	675	125
Potasyum metaborat katkılı (%1)	29	675	119
Potasyum metaborat katkılı (%2)	27	600	118
Potasyum metaborat katkılı (%3)	31	525	115
Sodyum tetraborat katkılı (%1)	27	650	121
Sodyum tetraborat katkılı (%2)	29	575	117
Sodyum tetraborat katkılı (%3)	28	400	102
Potasyum metaborat + sodyum tetraborat katkılı (%1,5 + 1,5)	31	500	113
Amonyum polifosfat katkılı (%1)	27	625	120
Amonyum polifosfat katkılı (%2)	27	650	121
Amonyum polifosfat katkılı (%3)	30	675	124

**Tablo 3.** Parlaklık Değerleri (Gloss values of samples)

Boya	20°	60°	85°
Bor katkısız	1,1	2,3	4,7
Susuz çinko borat katkılı (%1)	1,1	2,4	4,6
Susuz çinko borat katkılı (%2)	1,1	2,4	4,6
Susuz çinko borat katkılı (%3)	1,1	2,4	4,5
Sulu çinko borat katkılı (%1)	1,1	2,3	4,6
Sulu çinko borat katkılı (%2)	1,1	2,3	4,6
Sulu çinko borat katkılı (%3)	1,1	2,4	4,4
Kalsiyum metaborat katkılı (%1)	1,2	2,4	4,2
Potasyum metaborat katkılı (%1)	1,2	2,9	5,6
Potasyum metaborat katkılı (%2)	1,2	3,6	6,6
Potasyum metaborat katkılı (%3)	1,2	3,6	6,5
Sodyum tetraborat katkılı (%1)	1,1	2,6	4,6
Sodyum tetraborat katkılı (%2)	1,2	2,6	4,1
Sodyum tetraborat katkılı (%3)	1,2	2,9	4,0
Potasyum metaborat + sodyum tetraborat katkılı (%1,5 + 1,5)	1,2	2,9	6,5
Amonyum polifosfat katkılı (%1)	1,1	2,3	4,6
Amonyum polifosfat katkılı (%2)	1,1	2,7	6,6
Amonyum polifosfat katkılı (%3)	1,2	2,7	6,7

**Tablo 4.** Renk şiddeti ve koordinatları (Colour strength and coordinates of samples)

Boya	Kons.	K/S		L*		a*		b*		ΔE	
		Test 1	Test 2	Test 1	Test 2	Test 1	Test 2	Test 1	Test 2	Test 1	Test 2
Bor katkısız		0,42		95,85		-0,34		1,36			
	%1	0,43	0,43	95,90	95,91	-0,35	-0,35	1,35	1,36	0,05	0,06
Susuz çinko borat katkılı	%2	0,44	0,43	9,8	95,85	-0,34	-0,36	1,40	1,42	0,06	0,06
	%3	0,43	0,44	95,85	95,88	-0,34	-0,35	1,45	1,48	0,09	0,12
Sulu çinko borat katkılı	%1	0,44	0,45	95,77	95,87	-0,34	-0,34	1,46	1,50	0,13	0,14
	%2	0,43	0,44	95,78	95,84	-0,33	-0,34	1,52	1,50	0,17	0,14
	%3	0,43	0,44	95,74	95,80	-0,34	-0,33	1,55	1,58	0,22	0,23
Kalsiyum metaboratlı	%1	0,42	0,42	96,06	95,93	-0,35	-0,34	1,37	1,33	0,20	0,08
Potasyum metaborat katkılı	%1	0,45	0,45	95,78	95,88	-0,34	-0,34	1,52	1,53	0,18	0,17
	%2	0,48	0,48	95,62	95,79	-0,33	-0,34	1,64	1,61	0,37	0,26
	%3	0,49	0,49	95,59	95,47	-0,34	-0,31	1,64	1,68	0,39	0,50
Sodyum tetraborat katkılı	%1	0,46	0,46	95,76	95,87	-0,35	-0,35	1,48	1,47	0,16	0,11
	%2	0,47	0,47	95,83	95,77	-0,35	-0,35	1,58	1,54	0,22	0,20
	%3	0,46	0,46	95,67	95,77	-0,36	-0,37	1,42	1,43	0,20	0,11
Potasyum metaborat + sodyum tetraborat katkılı	%1,5 + 1,5	0,49	0,48	95,92	95,16	-0,35	-0,39	1,66	1,63	0,30	0,41
Amonyum polifosfat katkılı	%1	0,43	0,43	95,93	95,91	-0,36	-0,36	1,35	1,37	0,08	0,06
	%2	0,44	0,43	95,61	95,88	-0,34	-0,36	1,57	1,50	0,32	0,14
	%3	0,43	0,43	95,85	95,89	-0,35	-0,35	1,50	1,51	0,14	0,15

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Sodyum tetraborat, su bazlı ve stiren akrilik esaslı boyalarda alev geciktirici ve duman bastırıcı katkı maddesi olarak kullanılabilir. Viskozitedeki azalma, gerektiğinde kalınlaştırıcı yardımıyla giderilebilir. Söz konusu bileşik, bu boyalar için sınırlı bir alev geciktiricidir. Ancak literatürde [34] bir kriter olarak verilen değerin ( $LOI_{min}=29$ ) bağlı bir değer olduğu düşünülürse ve bu bileşik için gözlenen değerin ( $LOI=28$ ) kritere yakınlığı göz önüne alınırsa, sodyum tetraborat sınırlı etkinliktedir; kritere uygun bir alev geciktirici katkı maddesi olarak kabul edilebilir. Sodyum tetraboratınkine benzer, fakat daha düşük boyuttaki alev geciktirme etkinliğine ilave olarak, çinko borat *S. aureus* bakterisine karşı da ucuz ve etkin bir reaktif olarak da kullanılabilir.

Bu iki katkı (sodyum tetraborat ve/veya çinko borat) belirtilen avantajları boyaya sağlıyor iken; boyanın boyama özelliklerini de olumsuz etkilemeyecektir. Kalsiyum ve potasyum metaboratlar kısmen alev geciktirme ve duman bastırma etkinliğine sahiptir. Ancak onların hiçbiri, kullanılan iki bakteriye karşı direnç gösterememiştir.

#### TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Sunulan bu makale çalışması sırasında kıymetli hocamız Gazi Üniversitesi Kimya Mühendisliği öğretim üyesi Prof. Dr. Ahmet ALICILAR 21.04.2014 tarihinde elim bir trafik kazası sonucu vefat etmiştir. Sayın hocamıza bilim dünyasına katkılarından dolayı saygı ile anar ve yaratan, yaşatan ve kıyamet günü hesap görecek olan Yüce ALLAH'tan rahmet dileriz.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Lambourne, R., **Paints and surface coatings: Theory and Practice**, Ellis Horwood Limited, England, 1987.
2. Rothenberg, G.B., **Paint additives**, Noyes Data Corporation, USA, 1978.
3. Giudice, C.A., Benitez, J.C. "Zinc borates as flame retardant pigments in chlorine containing coatings" **Progress in Organic Coating**, Cilt 42, No 1-2, 82-88, 2001.
4. Genovese, A., Shanks, R.A. "Structural and thermal interpretation of the synergy and interactions between the fire retardants magnesium hydroxide and zinc borate" **Polymer**

- Degradation and Stability**, Cilt 13, No 1, 2-13, 2007.
5. Köytepe, S., Vural, S., Seçkin, T. "Molecular design of nanometric zinc borate containing polyimide as a route to flame retardant materials" **Materials Research Bulletin**, Cilt 44, No 2, 369-376, 2009.
  6. Laoutid, F., Bonnaud, L., Alexandre, M., Lopez-Cuesta, J.M., Dubois, P.H. "New prospects in flame retardant polymer materials: From fundamentals to nanocomposites" **Materials Science Engineering R-Research**, Cilt 63, No 3, 100-125, 2009.
  7. Martin, C., Ronda, J.C., Cadiz, V. "Boron-containing novolac resins as flame retardant materials" **Polymer Degradation Stability**, Cilt 91, No 4, 747-754, 2006.
  8. Ayar, B., **Çinko Borat Sentezi ve Yüksek Sıcaklıkta Pigment Olarak Kullanılabilirliği**, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2007.
  9. Ramazani, S.A., Rahimi, A., Frounchi, M., Radman, S. "Investigation of flame retardancy and physical-mechanical properties of zinc borate and aluminum hydroxide propylene composites" **Materials & Design**, Cilt 29, No 5, 1051-1056, 2008.
  10. Abd El-Wahab, H., Abd El-Fattah M., Gabr. M.Y. "Preparation and characterization of flame retardant solvent base and emulsion paints" **Progress Organic Coating**, Cilt 69, No 3, 272-277, 2010.
  11. Pawlowski, K.H., Scharrel, B., Fichera, M.A., Jäger, C. "Flame retardancy mechanisms of bisphenol A bis(Diphenyl phosphate) in combination with zinc borate in bisphenol A polycarbonate/Acrylonitrile-butadiene-styrene blends", **Thermochimica Acta**, Cil 498, No 1-2, 92-99, 2010.
  12. Mergen, A., Ipek, Y., Bölek, H., Öksüz, M. "Production of nano zinc borate ( $4ZnO.B_2O_3.H_2O$ ) and its effect on PVC" **Journal of European Ceramic Society**, Cilt 32, No 9, 2001-2005, 2012.
  13. Cui, Y., Liu, X., Tian, Y., Ding, N., Wang, Z. "Controllable synthesis of three kinds of zinc borates and flame retardant properties in polyurethane foam" **Colloid Surface A-Physicochemical and Engineering Aspects**, Cilt 414, 274-280, 2012.
  14. Scillinger, B.M., Berstein, M., Goldberg, L.A., Shalita, A.R. "Boric acid poisoning" **Journal of American Academy of Dermatology**, Cilt 7, No 5, 667-673, 1982.
  15. Spinillo, A., Capuzzo, E., Gulminetti, R. "Prevalence and risk factors for fungal vaginitis caused by non-albicans species" **American Journal of Obstetrics and Gynecology**, Cilt 176, No 1, 138-141, 1997.
  16. Luan, Q., Desta, T., Chehab, L., Sanders, V.J., Plattner, J., Graves, D.T. "Inhibition of experimental periodontitis by a topical boron based antimicrobial" **Journal of Dental Research**, Cilt 87, No 2, 148-152, 2008.
  17. Akgüç, N., Çöl, B., Güneş, H. "Özdemir D, Determination of growth curves of some bacteria as a function of increasing boron concentration" **4<sup>th</sup> International Boron Symposium**, Eskişehir, Turkey, 15-17, 2009.
  18. Zgondek, E.M., Bacciarelli, A., Rybicki, E. "Antibacterial properties of silver-finished textiles" **Fibres & Textile Eastern Europa**, Cilt Cilt 16, No 5, 101-107, 2008.
  19. Gorjanc, M., Bukosek, V., Goronsek, M. "CF4 Plasma and silver functionalized cotton" **Textile Research Journal**, Cilt 80, No 20, 2204-2213, 2010.
  20. Caballero, L., Whitehead, K.A., Allen, N.S., Verran, J. "Photoinactivation of Escherichia coli on acrylic paint formulations using fluorescent" **Dyes and Pigments**, Cilt 86, No 1, 56-62, 2010.
  21. Holtz, R.D., Lima, B.A., Souza-Filho, A.G., Brocchi, M., Alves, O.L. "Nanostructured silver vanadate as a promising antibacterial additive to water-based paints" **Nanomedicine - Nanotechnology Biology and Medicine**, Cilt 8, No 6, 935-940, 2012.
  22. <http://www.boren.gov.tr/en/icerik.php?id=11> (Eylül 2013)
  23. TS 11162-2 EN ISO 4589-2: Plastics - Determination of burning behaviour by oxygen index - Part 2: Ambient - temperature test.
  24. ASTM D 2843-10: Standard test method for density of smoke from the burning or decomposition of plastics.
  25. Tutak, M., Gün, F. "Antimicrobial effect of C.I. Basic Red 18:1 and C.I. Basic Yellow 51 on some pathogenic bacteria" **Fibres and Polymer**, Cilt 12, No 4, 457-460, 2011.
  26. Kayran, B., **Su bazlı stiren akrilik esaslı çinko borat katkılı boyaların alev geciktirme, duman bastırma ve antibakteriyel etkinlikleri**, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2013.
  27. Ökenek, F., **Su bazlı ve stiren akrilik esaslı boyalarda alkali-toprak alkali borat katkılarının alev geciktirici özelliklerinin incelenmesi**, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2013.
  28. Duquesne, S., Magnet, S., Delobel, R. "Intumescent paints: Fire protective coatings for metallic substrates" **Surface Coating Technology**, Cilt 180, 302-307, 2003.
  29. Jimenez, M., Duquesne, S., Bourbigot, S. "Characterization of the performance of an intumescent fire protective coating" **Surface Coating Technology**, Cilt 201, No 3-4, 979-987, 2006.



30. Bourbigot, S., Bras, M.L., Leeuwendal, R., Shen, K.K., Schubert, D. "Recent advances in the use of zinc borates in flame retardancy of EVA" **Polymer Degradation and Stability**, Cilt 64, No 3, 419 – 425, 1999.
31. Temiz A, **Genel mikrobiyoloji uygulama teknikleri**, Hatipoğlu Yayınevi, Ankara, 2010.
32. Hochmannova L, Vytrasova J "Photocatalytic and antimicrobial effects of interior paints" **Progress Organic Coating**, Cilt 67, No 1, 1-5, 2010.
33. Furtuna, Z., **Silikon esaslı dış cephe boyalarının deneysel olarak incelenmesi**, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2006.
34. Schmidt, R. "In the line of fire-flame retardants overview" **Industrial Minerals**, 37-41, February 1999.

