



Ekolojik İnhibitör Olarak Fındikkabuğu, Nar ve Karalahananın % 5'lik NaCl Çözeltilisindeki Çinko Levha Korozyonuna Etkisi

Hüsnü GERENGİ^{1*}, Hacer BİLGİÇ², Halil İbrahim ŞAHİN³

Özet

Korozyon önleyiciler (inhibitörler), korozyon etkiyi azaltmak veya önlemek için korozyon ortamına katılan maddelerdir. Bu maddeler çoğu zaman metal yüzeyinde koruyucu bir tabaka oluşturarak korozyonu önlemektedirler. İnhibitörler sanayinin hemen hemen her alanında kullanılmaktadır. 1999 yılında dünyada kullanılan inhibitörlerin toplam ekonomik değerinin 1.1 milyar dolar olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada, yöremizde yetiştirilen ve ciddi bir ekonomik kazanç elde edilemeyen, karalahana, nar ve fındikkabuğundan elde edilen çözeltilerin, oldukça korozyif bir ortam olan %5'lik NaCl çözeltisindeki çinko levhaların korozyonuna etkisi araştırılmıştır.

Çinko levhaların korozyonu, korozyon ölçüm metotlarından biri olan gravimetrik metot kullanılarak ölçülmüş ve kullanılan bu ekolojik inhibitörlerin, inhibitör etkinlikleri hesaplanmıştır. Buna göre sırasıyla fındikkabuğu, karalahana ve nar kabuğundan daha iyi etkinlik göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Korozyon, İnhibitör, Karalahana, Nar, Fındikkabuğu

Corrosion Effect of Ecologic Inhibitors Such As Nut Shell, Pomegranate and Savoy Cabbage on Zinc Plate in 5 % NaCl Environment

Abstract

Corrosion inhibitors are participating matters used to prevent or reduce the corrosive effects in corrosion environment. In most cases, these substances make a protective layer on the surface of metal creating corrosion prevention. Inhibitors are used almost in every industry field. The total economic cost of the inhibitors all over the world was determined in 1999 and was about 1.1 billion dollars. In this study, the corrosion effect of very famous agricultural products of our region, such as Savoy Cabbage, pomegranate and nut shell extracts on zinc plate, have been investigated in a highly corrosive environment like 5 % NaCl solution.

Inhibition effect of these organic inhibitors on zinc plate was measured with gravimetric method. Our research show that the environment which includes nut shell solution had a less corrosive system than the Savoy cabbage and pomegranate peel solution did.

Keywords: Corrosion, Inhibitor, Savoy Cabbage, Pomegranate, Nut shell

1. Giriş

Korozyon genel anlamda, malzemenin bulunduğu ortamda özelliklerini kaybederek parçalanması ve kullanılmaz hale gelmesidir. Korozyon kavramı, daha çok metal ve alaşımlarının çevreleri ile kimyasal ve elektrokimyasal reaksiyonları sonucu bozulmalarını tanımlamak için kullanılır (Berger, 1990).

^{1*}Düzce Üniversitesi, Kaynaşlı Meslek Yüksekokulu, Düzce, Türkiye,

²MEB, Doğanlı Eşref Taşhan İlköğretim Okulu, Düzce, Türkiye,

³Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Düzce, Türkiye.

Metallerin büyük bir kısmı su ve atmosfer etkisine dayanıklı olmadıklarından normal koşullar altında dahi korozyona uğrayabilmektedirler. Korozyon kavramını bu denli karmaşık ve dolayısıyla içinden çıkılmaz hale getiren tek sebep, metallerin minimum enerji seviyesinde kalma istekleridir. Diğer bir deyişle tüm metaller doğada mineral olarak buldukları hale dönüşme eğilimindedirler (Doruk, 2005).

Mineraller metallerin en düşük enerji taşıyan halidir. Bu mineraller, özel metalürjik metotlarla ve enerji harcanarak metal haline getirilir. Ancak bu durum geçicidir. Metallerin çoğu element halinde termodinamik olarak stabil değildirler (Darowicki ve ark., 2006; Rogers, 1968). Metaller, uygun bir ortam bulunması halinde üzerinde taşıdığı enerjiyi geri vererek doğada bulunduğu eski haline dönmeye çalışır.

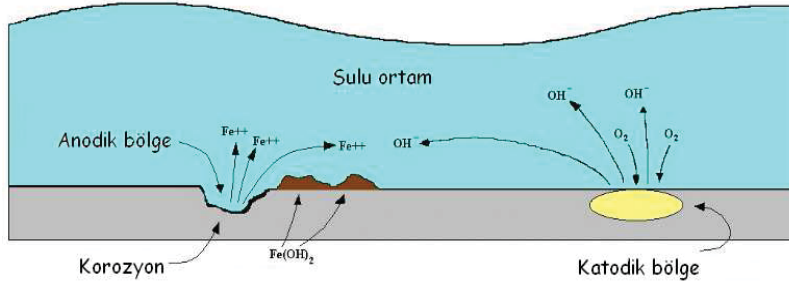
Korozyon olayı endüstrinin her bölümünde kendini göstermektedir. Bugün, aşağıda belirtilen nedenlerle metalik korozyonun önemi daha da artmaktadır;

- Teknolojinin bütün alanlarında metallerin kullanılması,
- İnşaat sektörünün hızlı bir şekilde çelik konstrüksiyona yönelmesi,
- Dünya nüfusundaki hızlı artışın metal üretimiyle paralellik göstermesi,
- Korozyona uğrayan cihazların bozulması veya arızalanması sonucu endüstri üretimin azalması,
- Korozyon ürünü malzemelerin insan sağlığı ve çevre açısından son derece zararlı olduğu bilincinin giderek anlaşılması,
- Yeraltı maden yataklarının hızla tükeniyor olması gerçeği,

Korozyon kayıpları, ülkelerin gayri safi milli hâsıllarının yaklaşık % 3,5 - % 4,5'u kadardır. 1970 yılında ABD de korozyon kaybı 70 milyar dolar olarak hesaplanmıştır. 1982 yılında bu kayıp 126 milyar dolar seviyesine kadar yükselmiştir (Üneri, 2004).

İngiltere devlet korozyon komitesinin yaptığı araştırmaya göre, İngiltere'de yıllık 1365 milyon paund korozyon ve korozyonun neden olduğu ekonomik kayıp söz konusudur (Kenneth, 1998). Amerika Birleşik Devletleri'nde sadece otomobillerin korozyona uğraması ile yıllık 100 milyon dolar ekonomik kayıp söz konusudur (Gerengi, 2008). Korozyonun neden olduğu ekonomik kayıplar tahmin edilenlerin çok üstündedir. Örneğin, patlak bir su borusunu değiştirmek ile o patlağın tespit edilinceye kadar neden olduğu ekonomik zarar, zaman ve iş kaybı açısından kıyaslanamayacak kadar farklıdır.

Korozyon olayı anot ve katotta karşılıklı meydana gelen reaksiyonlar sonucu gerçekleşmektedir (Şekil 1). Anotta yükseltgenme reaksiyonu ile metal, iyonu haline geçer. Bu durumda açığa çıkan elektron metal üzerinde kalır. Korozyon olayının devam edebilmesi için açığa çıkan elektronların bir şekilde katoda taşınması gerekmektedir. Eğer anotta toplanan elektronlar taşınmıyorsa, anot reaksiyonu kısa bir süre sonra dengeye erişerek durur. Eğer, elektron alışverişi olursa korozyon devam eder (Gerengi ve Şamandar, 2009).



Şekil 1. Düşük karbonlu bir çelik borunun, sulu ortamda korozyon mekanizması

1.2. İnhibitör Kullanımıyla Korozyonun Önlenmesi

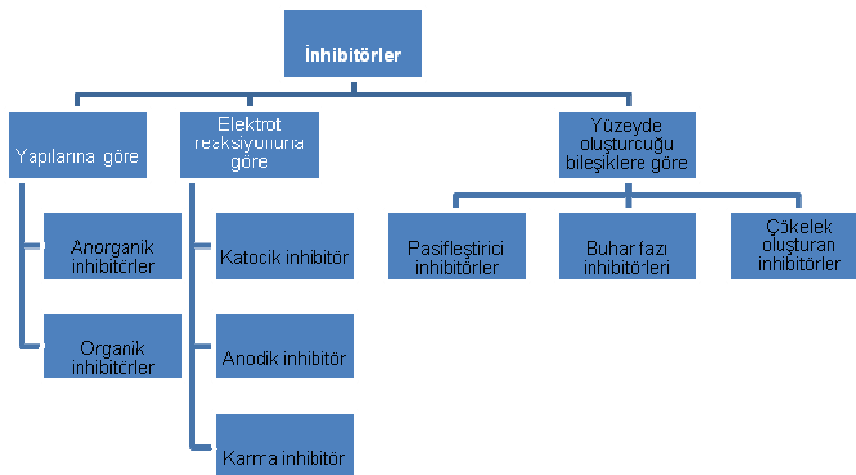
Korozyonu önleme çalışmalarında inhibitör uygulamalarının önemi çok büyüktür. Birçok kimyasal madde, bazı teknik metal ve alaşımların korozyona karşı korunmasında kullanılmaktadır (Gerengi ve ark., 2009). Etkin inhibitörler, korozyon araştırmaları sırasında, belirli kimyasal maddeler denenerek tespit edilmiştir.

İnhibitör kullanmadan önce ortamın iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Kullanılan metal ve ortama göre inhibitörlerin etkinliği değişmektedir. İnhibitörleri Şekil 2.'de gösterildiği gibi sınıflandırabiliriz.

İnhibitörlerin etki mekanizmaları bilinmediği sürece yeni inhibitörlerin bulunması zor ve çoğunlukla şansa bağlıdır. Kimyasal maddelerin yapısal özellikleri düşünülerek yapılan birçok inhibitör araştırması, inhibitör etkinliklerinin, moleküllerin yapılarına ve molekül üzerinde bulunan polar guruplara bağlı olduğunu göstermiştir (Yanardağ, 2004).

Kullanılan inhibitörler, seçilen ortam ve metale göre aşağıdaki gibi bazı etkilerde bulunurlar;

1. Metal yüzeyinde koruyucu tabaka oluşturarak,
2. Metalle reaksiyon verip yüzeyde adsorplanarak,
3. Metalle reaksiyon vermeyip yüzeyde adsorplanarak,
4. Metal yüzeyinde reaksiyon ürünleri ile çökelek oluşturarak.



Şekil 2. İnhibitörlerin sınıflandırılması

İnhibitörün çalışılan ortama uygun olup olmadığı iyi araştırılmalıdır. Bir inhibitör, bir sistemde başarıyla kullanılabilirken, diğer bir sistemde etkili olmayabilir. Bu nedenle korozyon inhibitörleri evrensel olarak uygulanamaz. Elde edilen etki ile inhibitörün ekonomik gideri arasında tatmin edici bir ilişki olmalıdır. İnhibitör molekülünün kimyasal yapısı ve molekül geometrisi çok önemlidir. Yapılan araştırmalar, inhibitör seçiminde aşağıdaki faktörlerin son derece belirleyici olduğunu göstermiştir (Nathan, 2000).

- ✓ Organik molekülün hacmi,
- ✓ Aromatik veya konjuge olup olmadığı,
- ✓ Fonksiyonel grupların sayısı ve bağ cinsi (σ ve π),
- ✓ Metale bağlanma kuvveti,
- ✓ Karbon zincirinin uzunluğu,
- ✓ İnhibitörün sistemdeki çözünme oranı,

Bir maddenin inhibitör olarak etkili olup olmadığı çok iyi araştırılmalı, etkinliği artırıcı özel grupların molekülde bulunmasına özen gösterilmelidir. Geçiş metalleri ve bunların alaşımları sanayide yaygın şekilde kullanılmaktadır.

Bilindiği gibi geçiş metallerinin d elektron yörüngelerinde çiftlenmemiş elektronlar vardır. Büyük bir olasılıkla elektronlarından bazılarını bu yörüngelerde ortak kullanabilecek biçimde yüzeye sıkıca bağlanabilen maddeler etkin birer inhibitör olmaktadır (Aramaki, 2001; Gerengi, 2009).

İnhibitörler, metal yüzeyinde film oluşturarak ya da metalin bulunduğu ortamda, bazı değişimlere olanak sağlayarak metalin korozyonuna engel olan kimyasallardır. Korozyona neden olan çözünmüş oksijen miktarı ve pH gibi faktörleri metal lehine değiştiren inhibitörler sanayinin hemen her alanında kullanılmaktadır. Çizelge 1.'de korozyon inhibitörlerinin hangi sektörde ne kadar bir kaynak ayrılarak kullanıldığı gösterilmektedir (Brongers, 1999; Chaouket ve ark., 1995).

İnhibitör kullanımıyla ilgili, sanayideki gelişiminin izlenmesi amacıyla son derece önemli bilgiler edinilmiştir. Toplamda 1982 yılında, inhibitörler için 600 milyon \$ harcanırken, 1999 yılında Çizelge 1.'de görüldüğü gibi 466 milyon \$ gibi bir artış söz konusu olmuştur. Yılda 27 milyon \$ kadar bir artış her sene gözlemlenmektedir. Bu artışı tetikleyen sektörler, petrol rafinerileri ve kimyasal ürünler üreten sanayiler olmuştur (Gerengi, 2008).

Çizelge 1. İnhibitörlerin kullanıldığı sektörlerle bağlı olarak öngörülen mali değerleri

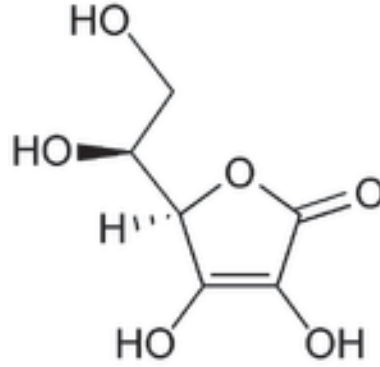
İnhibitör kullanılan endüstriler	Maliyet (\$ milyon)
Petrol Rafinerileri	246
Petrol Üretimi	153
Petrol Stok ve Transferi	31
Petrol Katkılı Ürünler	108
Otomotiv Sanayi	12
Kâğıt Üretimi	198
Kimyasal Üretimi	180
Demir ve Çelik	50
Yiyecek Sanayisi	88
Toplam	≅ 1.1 \$ MİLYAR

1.2.1. İnhibitör Olarak Karalahana

Karadeniz sofrasının vazgeçilmez kış sebzesi olan karalahananın içeriği Çizelge 2.'de gösterilmiştir (Singh ve ark., 2006). Görüleceği üzere C vitamini ve fenolik madde miktarı oldukça yüksektir. Askorpiik asit (Şekil 3.) korozif bir maddedir (Valek ve ark., 2008) fakat fenolik maddelerin korozyon inhibitörü olarak kullanıldığı bilinmektedir (Emregül ve ark., 2006).

Çizelge 2. Karalahana içersindeki başlıca maddeler

Karalahananın içerdiği maddeler	Madde Miktarı (mg/100 g)
Vitamin C (Askorpiik asit)	14.49
β-Karoten	0.074
Lutein	0.125
DL-a-Tocopirol	0.120
Fenolik Maddeler	34.60



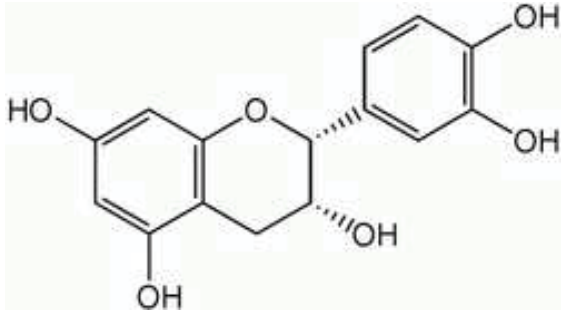
Şekil 3. Askorvik asit molekül yapısı

1.2.2. İnhibitör Olarak Nar Kabuğu

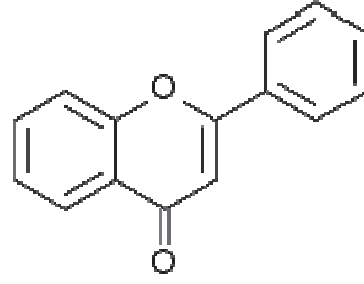
Nar ve nar kabuğunun inhibitör davranışlarını araştırmak üzere yeterince araştırma yapılmamıştır (Raja ve Sethuraman, 2008). Nar kabuğunun içeriği Çizelge 3.'te gösterilmiştir (Li, 2006). Çizelgeden görüleceği gibi inhibitör etkinliği bilinen (Emregül ve ark., 2006) fenolik maddelerin miktarı oldukça yüksektir. Konjuge bağ sayısı fazla dolayısıyla inhibitör etkinliği gösterebileceğini düşündüğümüz Proantokanidin (Şekil 4.a) ve 2-fenil-1,4-benzopiron (Şekil 4.b) bileşiklerinin inhibitör özelliğine dair herhangi bir çalışma bulunmamaktadır.

Çizelge 3. Nar kabuğunun içersindeki başlıca maddeler

Nar kabuğunu içerdığı maddeler	Madde Miktarı (mg/ g)
Fenolik Maddeler	249.4 ± 17.2
2-fenil-1,4-benzopiron	59.1 ± 4.8
Proantokanidin	10.9 ± 0.5
Vitamin C	0.99 ± 0.02
Su	8.0 ± 0.8



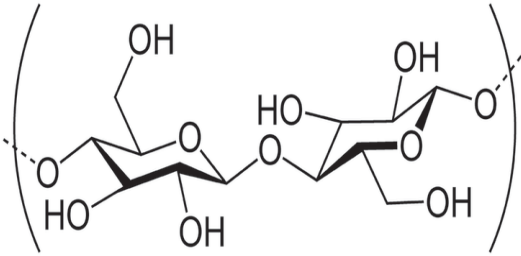
Şekil 4.a. Proantokanidin molekül yapısı



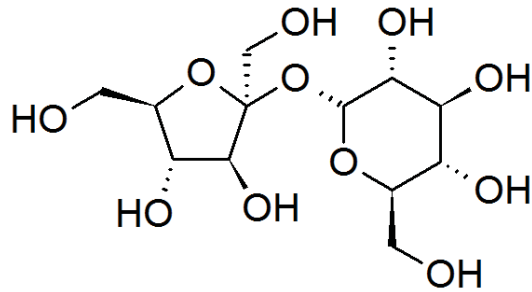
Şekil 4.b. 2-fenil-1,4-benzopiron molekül yapısı

1.2.3. İnhibitör Olarak Fındıkkabuğu

Fındıkkabuğu, yaklaşık 4100 kcal/kg ısıtma değeriyle genelde yakacak olmak üzere, gelişen teknolojiye bağlı olarak ayrıca kontralit, denen yapay tahta ile kömürleştirme yoluyla biriket kömürü ve aktif kömür üretiminde kullanılmaktadır. Fındıkkabuğu %22,2 değerinde selüloz (Şekil 5.a) ihtiva etmektedir. Selüloz su ve benzen, alkol, aseton, kloroform gibi organik çözücülerde çözünmez. Ancak sakkaroz (Şekil 5.b) molekülünün çözünme hızı oldukça yüksektir. Suda kolay çözünen sakkaroz molekülü fındıkkabuğu içerisinde %3 ile %5 oranındadır (Wall ve Gentry, 2007). Sakkarozun inhibitör özelliği gösterdiği bilinmektedir (Solomon ve ark., 2010; Ribeiro ve ark., 2007).



Şekil 5.a. Selülozun molekül yapısı

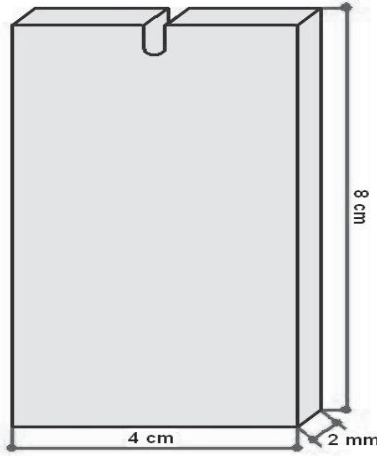


Şekil 5.b. Sakkarozun molekül yapısı

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Numunenin Hazırlanması

Çinko levha numuneleri [%99 Zn bileşimli] (Şekil 6), 1600 numara zımpara kâğıdı ile zımparalanıp yüzeyi parlak ve pürüzsüz hale getirilmiştir. Asetonla yüzeyi silinen numuneler belirlenen konsantrasyonda hazırlanan 250 ml hacimli beherlere konulmuştur. Deneyler 15'er günlük periyotlar halinde dört defa tekrarlanmıştır.



Şekil 6. Kullanılan numunelerin şekli ve ebatları

2.2. İnhibitörlerin Hazırlanması

100'er gram Karalahana, nar ve fındıkkabuğu tartılıp üzerine 1000 ml saf su dökülerek üç deney hücresi oluşturulmuştur. Karalahana, nar ve fındık kabuğu içersindeki maddelerin çözeltiye geçmesini sağlamak amacıyla deney hücreleri iki gün boyunca sıcaklıkları 55 °C'de (Gopi ve ark., 2009) sabit tutulmuştur. Daha sonra hücreler soğumaya bırakılmış ve bütün diğer deneyler oda sıcaklığında yapılmıştır.

İnhibitör derişimindeki artışa bağlı olarak korozyon inhibisyonundaki değişimi hesaplamak için Karalahana, nar ve fındıkkabuğunun bulunduğu çözeltilerden sırasıyla 50 ml ve 100 ml alınıp %5 'lik NaCl çözeltisi ile 250 ml'ye tamamlanmıştır. Böylece biri referans (sadece %5 NaCl çözeltisi) olmak üzere her bir madde için üç farklı korozyon hücresi oluşturulmuştur.

2.3 Gravimetrik (Kütle kaybı) Yöntem

Kütle kaybı yöntemi, korozyon ölçüm metotlarındaki gelişmelere rağmen hâlâ kullanılan vazgeçilmez yöntemlerden biridir (Ravichandran ve ark., 2004). Yapılan dört ölçümün sonuçları ortalaması alınıp, Eşitlik 1.'de gösterilen formül yardımıyla inhibisyon yüzdeleri hesaplanmıştır (Çizelge 4).

$$IE \% = \left[1 - \left(\frac{W_i}{W_o} \right) \right] \times 100 \quad (1)$$

W_o = inhibitörsüz ortamdaki numunenin kütle kaybı

W_i = inhibitörlü ortamdaki numunenin kütle kaybı

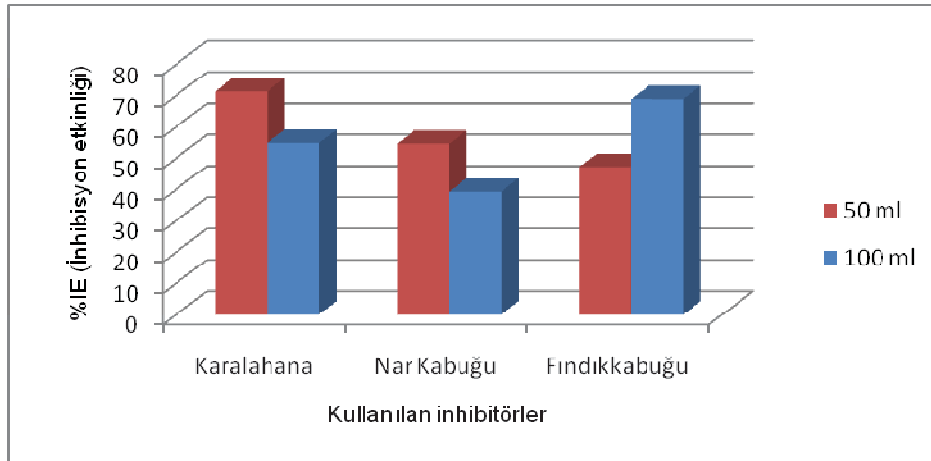
%IE = inhibisyon yüzdesi

Çizelge 4. Kullanılan inhibitörlerin %5 NaCl ortamdaki inhibisyon etkinlikleri

İnhibitör (ml/250 ml)	%IE
50 ml Karalahana çözeltisi	71.33
100 ml Karalahana çözeltisi	54.77
50 ml Nar kabuğu çözeltisi	54.59
100 ml Nar kabuğu çözeltisi	39.28
50 ml Fındıkkabuğu çözeltisi	47.22
100 ml Fındıkkabuğu çözeltisi	68.89

3. Bulgular ve Tartışma

Çizelge 4.'te görüleceği üzere kullanılan üç madde de inhibitör özelliği göstermiştir. Fındıkkabuğunun inhibitör miktarındaki artışa bağlı olarak inhibisyon yüzdesi artmakta iken (Şekil 7), karalahana ve nar kabuğunda azalma görülmüştür.



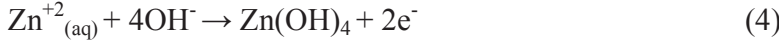
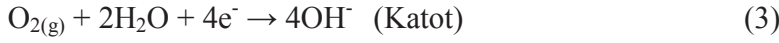
Şekil 7. İnhibitörlerin madde miktarına bağlı olarak gösterdikleri inhibisyon etkinliği

Karahana içerisinde yaklaşık %15 oranında bulunan askorvik asitin (C vitamini), inhibitör miktarının 50 ml den 100 ml'ye çıkmasıyla korozif etki gösterdiği görülmektedir (Valek ve ark., 2008). Nar kabuğunun, yapısında bulundurduğu fenolik madde miktarı oldukça dikkat çekicidir. Buna rağmen hesaplanan inhibisyon yüzdesi (50 ml'de) %54.59 ile fındıkkabuğundan fazla fakat karalahanadan azdır. Bunun nedeni, nar kabuğunun yapısında bulunan ketonların, azot ve kükürt gibi elektronegatif elementler içermemesidir (Yıldırım ve Çetin, 2008).

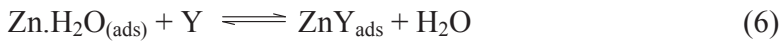
Fındıkkabuğu bileşimini incelediğimizde, selülozun molekül yapısı olarak konjuge bağlar içermesi onun inhibitör olarak davranacağını göstermektedir. Fakat selülozun suda çözünürlüğünün düşük (Guler ve ark., 2008; Demirbas, 2006) olması nedeniyle, sakkaroz

molekülünün inhibitör olarak davrandığı düşünülmektedir (Ostavari ve ark., 2009; El-Etre ve Abdallah, 2000).

Çinkonun alkali ortamda korozyonuna dair reaksiyonlar eşitlik 2-4 'te gösterilmiştir (Mouanga ve Berçot, 2010).



Eşitlik 4, elektrokimyasal süreç tamamlandığında ortaya çıkan ürünü göstermektedir. Metal yüzeyinde oluşan bu korozyon ürünü reaksiyon hızını belli bir süre azaltacak ama ortam belli bir pH değerine geldiğinde süreç tekrar devam edecektir. Ortamda ekolojik inhibitör olduğunda literatürde öngörülen reaksiyon eşitlik 5'te gösterilmiştir (Okafor ve ark., 2008). Bu reaksiyon eşitlik 2'de gösterilen anot tepkimesi ile aynı anda gerçekleşen bir reaksiyondur. Burada su molekülleri metalin yüzeyinde adsorplanmaktadır.



Eşitlik 6'da gösterilen "Y" sembolü ortamda etkinlik gösteren inhibitörü ifade etmektedir. İnhibitör ile su molekülleri arasında yer değiştirme tepkimesi olmaktadır. Böylece inhibitör etkinliği gösteren molekül metal yüzeyine yapışarak koruyucu bir tabaka oluşturmuştur. Bu tabakaya bazı kaynaklarda kompleks yapı denildiği de görülmüştür (Kalaiselvi ve ark., 2010). İnhibitör miktarı arttıkça bu kompleks yapının yüzeydeki kalınlığı artmakta ve metali korozyona karşı daha etkin korumaktadır. Karalahana ve nar kabuğundan elde edilen inhibisyon yüzdelerinin madde miktarı ile doğru orantılı olarak artmamasının sebebi Pourbaix diyagramından kaynaklanmaktadır (Pourbaix, 1974; Natesan ve ark., 2006).

4. Sonuç

Kütle kaybı yöntemiyle yapılan bu çalışma; %5 NaCl çözeltisi gibi oldukça korozif bir ortamda karalahana, nar ve fındikkabuklarının iyi birer korozyon inhibitörü olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Ekolojik inhibitörler, son yıllarda korozyon çalışmalarında en çok kullanılan maddelerdir. Günümüzde korozyon inhibitörü olarak kullanılan birçok organik bileşiğin toksik etkisi olduğu tespit edildiği için bu çalışmalar daha da önem kazanmıştır. Bu çalışmada inhibitör miktarına bağlı olarak fındikkabuğunun inhibitör etkinliğinin arttığı tespit edilmiştir. Karalahana ve nar kabuğunun inhibitör etkinliğinin, madde miktarı ile doğru orantılı olmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışma, yöre halkı için ciddi anlamda ekonomik değeri olmayan bitkilerin, korozyonla mücadele gibi oldukça maliyetli bir sektörde kullanılabileceğini göstermektedir. Karalahana, nar ve fındikkabuğu içerisindeki etkin maddeler tespit edildiğinde başta yöresel kalkınma olmak üzere ülkemiz ekonomisine çok büyük katkı sağlanmış olacaktır.

5. Teşekkür

Bu araştırma, Düzce Üniversitesi Araştırma Fonunca 2010.26.01.45 No'lu proje ile desteklenmiş, Kaynaşlı Meslek Yüksekokulu, İletken Polimer ve Korozyon Araştırma laboratuvarlarında yürütülmüştür.

2009-2010 Eğitim – Öğretim döneminde Milli eğitim Bakanlığı, Eğitim Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı (EARGED) tarafından gerçekleştirilen “Fen Bilimleri Proje Çalışmasında”, bu çalışmamızı finale taşıyan değerli jüri üyelerine teşekkür ediyoruz.

6. Kaynaklar

- Abiola, O. K., Otaigbe, J.O.E., 2009. “The effects of Phyllanthus amarus extract on corrosion and kinetics of corrosion process of aluminum in alkaline solution”, Corrosion Science, **51**, 2790–2793.
- Aramaki, K., 2001. “Effect of organic inhibitors on corrosion of zinc in an aerated 0,5 M NaCl solution”, Corrosion Science, **Vol. 43**; Page: 1985-2000.
- Berger, D.M., 1990. Corrosion Theory, ISBN 978-0-07-148243-1, Commonwealty companies.
- Brongers, H., 1999. “Corrosion Inhibitors”, A report by Publications Resource Group, Business Com. Comp., <http://www.corrosioncost.com>.
- Chaouket, F., Srhiri, A., Benbachir, A., Frignani, A., 1995. “Corrosion Inhibitors”, 8th Symposium on Corrosion Inhibitors, Ferrara-Italy.
- Darowicki K., Gerengi H., Bereket G., Slepiski P., Zielenski A., 2006. Evaluation corrosion current of low carbon steel in artificial seawater using EIS, DEIS and Harmonic Analysis, Turkish Corrosion Association Journal, **14**, 3-7.
- Demirbas, A., 2006. “Effect of temperature on pyrolysis products from four nut shells” J. Anal. Appl. Pyrolysis **76**, 285–289.
- Doruk, M., 2005. Korozyon ve Önlenmesi, ODTÜ.
- El-Etre, A.Y., Abdallah, M., 2000. “Natural honey as corrosion inhibitor for metals and alloys. II. C-steel in high saline water”, Corrosion Science, **42**, 731–738.
- El-Etre, A.Y., 1998. “Natural honey as corrosion inhibitor for metals and alloys. I. copper in neutral aqueous solution”, Corrosion Science, **40**, 1845–1850.
- Emregül, K. C., Düzgün, E., Atakol, O., 2006. “The application of some polydentate Schiff base compounds containing aminic nitrogens as corrosion inhibitors for mild steel in acidic media” Corrosion Science, **48**, 3243-3260.
- Gerengi, H., 2009. “Investigation of the effect of benzotriazole on corrosion behaviour of brass-118 and brass-mm55 alloys in artificial seawater by harmonic analysis method” ISSN 1302/6178 Journal of Technical-Online, Volume **8**, Number:**3**.
- Gerengi, H., 2008. “Tafel Polarizasyon (TP), Lineer Polarizasyon (LP), Harmonik Analiz (HA) ve Dinamik Elektrokimyasal İmpedans Spektroskopisi (DEIS) Yöntemleriyle Düşük Karbon Çeliği (AISI 1026), Pirinç-MM55 ve Nikalium-118 Alaşımlarının Yapay Deniz Suyunda Korozyon Davranışları ve Pirinç Alaşımlarına Benzotriazol’ün İnhibitör Etkisinin Araştırılması”, , *Doktora Tezi*, Eskişehir Osmangazi Üniv. Fen Bil. Enst.
- Gerengi, H., Şamandar, A., 2009. The necessity of corrosion technology program, 1.Uluslararası 5.Ulusal Meslek Yüksekokulları Sempozyumu, 27-29 Mayıs 2009, Selçuk Üniversitesi Kadınhanı Faik İçil Meslek Yüksekokulu, Konya, Oral presentation/ Presentation book page: 318-319.

- Gerengi, H., Darowicki, K., Bereket, G., Slepiski, P., 2009. "Evaluation of corrosion inhibition of brass-118 alloy in artificial seawater by benzotriazole using dynamic EIS", Corrosion Science, Volume: **51**; Issue: **11**; Page: 2573–2579.
- Gopi, D., Govindaraju, K.M., Prakash, V.C.A., Sakila, D.M.A., Kavitha, L., 2009. "A study on new benzotriazole derivatives as inhibitors on copper corrosion in ground water", Corrosion Science, **51**, 2259–2265.
- Guler C., Copur Y., Tascioglu C., 2008. "The manufacture of particleboards using mixture of peanut hull (*Arachis hypoqaea* L.) and European Black pine (*Pinus nigra* Arnold) wood chips" Bioresource Technology **99**, 2893–2897.
- Kalaiselvi P., Chellammal S., Palanichamy S., Subramanian G., (2010). *Artemisia pallens* as corrosion inhibitor for mild steel in HCl medium, Materials Chemistry and Physics **120**, 643–648
- Kenneth, R.T., 1998. Corrosion For Science and Engineering, ISBN 978-0582238695 Longman pub.
- Khaled, K. F., 2009. "Monte Carlo simulations of corrosion inhibition of mild steel in 0.5 M sulphuric acid by some green corrosion inhibitors" J Solid State Electrochem, **13**, 1743–1756.
- Li, Y., Guo, C., Yang, J., Wei, J., Xu, J., Cheng, S., 2006. "Evaluation of antioxidant properties of pomegranate peel extract in comparison with pomegranate pulp extract" Food Chemistry, **96**, 254–260.
- Mouanga, M., Berçot, P., 2010. "Comparison of corrosion behaviour of zinc in NaCl and in NaOH solutions; Part II: Electrochemical analyses" Corrosion Science **52**, 3993–4000
- Nathan, C., 2000. Corrosion inhibitors, National Ass. of Corr. Eng., Texas, ISBN: 091556789X.
- Natesan, M., Venkatachari, G., Palaniswamy, N., 2006. "Kinetics of atmospheric corrosion of mild steel, zinc, galvanized iron and aluminium at 10 exposure stations in India" Corrosion Science **48**, 3584–3608
- Okafor, P.C., Ikpi, M.E., Uwah, I.E., Ebenso, E.E., Ekpe, U.J., Umoren, S.A., 2008. "Inhibitory action of *Phyllanthus amarus* extracts on the corrosion of mild steel in acidic media" Corrosion Science **50**, 2310–2317
- Ostovari, A., Hoseinieh, S.M., Peikari, M., Shadizadeh, S.R., Hashemi, S.J., 2009. "Corrosion inhibition of mild steel in 1 M HCl solution by henna extract: A comparative study of the inhibition by henna and its constituents (Lawsone, Gallic acid, α -D-Glucose and Tannic acid)", Corrosion Science, **51**, 1935–1949.
- Pourbaix M., 1974. Atlas of Electrochemical Equilibria in Aqueous Solutions, NACE/Cebelcor, Houston.
- Raja, P. B., Sethuraman, M. G., 2008. "Natural products as corrosion inhibitor for metals in corrosive media, A review", Materials Letters, **62**, 113–116.
- Ravichandran, R., Nanjundan, S., Rajendran, N., 2004. "Effect of benzotriazole derivatives on the corrosion of brass in NaCl solutions" Applied Surface Science, **236**, 241–250.

- Ribeiro, A.C.F., Estesio, M.A., Lobo, V.M.M., Valente, A.J.M., Simoes, S.M.N., Sobral, A.J.F.N., Burrows, H.D., 2007. "Interactions of copper (II) chloride with sucrose, glucose, and fructose in aqueous solutions" *Journal of Molecular Structure* **826**, 113–119.
- Rogers T.H., 1968. "Marine corrosion book", ISBN (T000009540).
- Singh J., Upadhyay, A.K., Bahadur, A., Singh, B., Singh, K.P., Rai, M., 2006. "Antioxidant phytochemicals in cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*)", *Scientia Horticulturae* **108**, 233–237.
- Solomon, M.M., Umoren, S.A., Udosoro, I.I., Udoh, A.P., 2010. "Inhibitive and adsorption behaviour of carboxymethyl cellulose on mild steel corrosion in sulphuric acid solution" *Corrosion Science*, **52**, 1317-1325.
- Üneri, S. 2004. *Korozyonun Temel İlkeleri*, SAGEM, s. 462.
- Valek, L., Martinez, S., Mikulic, D., Brnardic, I., 2008. "The inhibition activity of ascorbic acid towards corrosion of steel in alkaline media containing chloride ions", *Corrosion Science*, **50**, 2705–2709.
- Wall, M.M., Gentry, T.S., 2007. "Carbohydrate composition and color development during drying and roasting of macadamia nuts (*Macadamia integrifolia*)" *LWT* **40**, 587–593.
- Yanardağ, T., 2004. "Çinkonun Sulu Çözeltide Korozyonuna Organik Maddelerin Etkisi", Ank. Üniv., Yük. Lis. Tezi.
- Yıldırım, A., Çetin, M., 2008. "Synthesis and evaluation of new long alkyl side chain acetamide, isoxazolidine and isoxazoline derivatives as corrosion inhibitors" *Corrosion Science*, **50**, 155–165.