



**Ramazan Solmaz**  
**Ece Altunbaş Şahin**  
**İbrahim Halil Geçibesler**  
Bingöl University, Bingöl-Turkey  
rsolmaz01@gmail.com  
ealtunbassahin@gmail.com  
ibrahimhalilgecibesler@gmail.com

**Gülfeza Kardaş**  
Çukurova University, gulfeza@gmail.com, Adana-Turkey

DOI	<a href="http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2019.14.2.3A0088">http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2019.14.2.3A0088</a>	
ORCID ID	0000-0002-9295-1203	0000-0002-3201-0487
	0000-0002-4473-2671	0000-0002-7871-6303
CORRESPONDING AUTHOR	Ece Altunbaş Şahin	

### **CUCURBITA MOSCHATA (BALKABAĞI) KABUĞUNUN DÜŞÜK KARBON ÇELİĞİNİN KOROZYONUNA İNHİBİSYON ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

#### **ÖZ**

Korozyon inhibitörü olarak genellikle organik inhibitörler tercih edilse de, bu maddelerin çoğu *pahalı*, çevre ve insan sağlığı için toksik özelliğe sahip oldukları pratikte kullanımlarını kısıtlamaktadır. Günümüzde çevre dostu doğal ürünlerin antikorozyf maddeler olarak kullanılabilirlikleri üzerine yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmada, ekonomik değeri olan çevre dostu doğal atıklardan biri olan *Cucurbita Moschata* (CM) kabuğunun düşük karbon çeliğinin (DKÇ)'nin 1.0M HCl çözeltisindeki korozyonuna inhibisyon etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, potansiyodinamik polarizasyon, lineer polarizasyon direnci (LPR) ve elektrokimyasal impedans spektroskopisi (EIS) teknikleri kullanılmıştır. Elektrokimyasal ölçümlerin sonuçları CM kabuğunun 1.0 M HCl çözeltisinde yumuşak çeliğin korozyonu için etkin bir inhibitör olduğunu göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İnhibitör, Doğal Atıklar, Yumuşak Çelik, Korozyon, Asit Çözeltisi

### **INVESTIGATION OF THE INHIBITION EFFECT OF CUCURBITA MOSCHATA (PUMPKIN) SHELL ON MILD STEEL CORROSION**

#### **ABSTRACT**

Although organic compounds are generally preferred as corrosion inhibitors, most of these substances restrict their use in practice due to their high-cost, toxicity to the environment and human health. Nowadays, intensive studies are being made on the usability of environmentally friendly natural products as anticorrosive materials. In this study, the inhibition effect of *Cucurbita Moschata* shell, one of the eco-friendly natural wastes which are economic value, on the corrosion of mild steel was studied. For this aim, potentiodynamic polarization, linear polarization resistance (LPR) and electrochemical impedance spectroscopy techniques (EIS) were used. The results of the electrochemical measurements showed that CM shell was an effective inhibitor of mild steel corrosion in 1.0 M HCl solution.

**Keywords:** Inhibitor, Natural Wastes, Mild Steel, Corrosion, Acid Solution

#### **How to Cite:**

Solmaz, R., Altunbaş Şahin, E., Geçibesler, İ.H. ve Kardaş, G., (2019). *Cucurbita Moschata* (Balkabağı) Kabuğunun Düşük Karbon Çeliğinin Korozyonuna İnhibisyon Etkisinin İncelenmesi, **Physical Sciences (NWSAPS)**, 14(2):1-10, DOI: 10.12739/NWSA.2019.14.2.3A0088.

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Korozyon, malzemelerin kısa sürede kullanılamaz hale gelmesine yol açan önemli bir hasar türüdür. Günümüz koşullarında teknolojik olarak önüne geçilemeyen korozyon hasarlarının, zamanında saptanması ve ilerlemesinin kontrol altında tutulması, ayrıca bu hasarların yol açabileceği zarar ve kayıpların en alt düzeye indirilmesi mümkündür. Korozyon, endüstriyel yatırımların ve üretimin maliyetini etkileyen en önemli faktördür. Yapılan çalışmalar dünyadaki korozyon kayıplarının ülkelere her yıl gayri safi milli hasıllarının yaklaşık %4-6'sı arasında ilave bir yük yüklediğini göstermektedir. Türkiye için bu değer %4.5 dolayındadır [1, 2 ve 3]. İnhibitörler, az miktarlarda ortama eklendiğinde metal ile çevresi arasındaki tepkimeyi kontrol eden, azaltan veya önleyen bileşiklerdir. Organik bileşikler bu amaçla en yaygın kullanılanlardır. Organik inhibitörlerin yapısında genellikle azo (-N=N-), olefinik (R=R) ve karbonil gibi (-C=O) fonksiyonel guruplar ya da azot, sülfür, fosfor ve oksijen içeren elementle bulunmaktadır [4, 5 ve 6]. Bu yapıları bulunduran bileşiklerin metallerin korozyon hızını daha etkin bir şekilde düşürdüğü literatür çalışmaları ile tespit edilmiştir. Her ne kadar korozyon inhibitörü olarak sentetik organik inhibitörler tercih edilse de, bu bileşiklerin büyük çoğunluğu çevre ve insan sağlığı için toksik özelliğe sahiptir. Bu inhibitörler canlılara veya bitkilere geçici veya kalıcı zarar verebilir. Ekolojik farkındalık, katı çevre yasaları düzenlemelerinin ve çevre dostu süreçlerin geliştirilmesine ihtiyacın artması nedeniyle, daha önce uygulanan inhibitörlerin yerine toksik olmayan alternatiflerin geliştirilmesi üzerinde yoğunlaşmıştır. Son zamanlarda birçok alternatif çevre dostu korozyon inhibitörü geliştirilmiştir. Ekonomik, doğal, kolay üretilebilir, insan ve çevre dostu olmaları nedeni ile doğal ürünler bu anlamda ön plana çıkmıştır. Mohammadi ve ark. [7] *Quercus infectioia* (Mazı meşesi)nden elde edilen safranin yumuşak çelik için soğutma sularında korozyon etkisini araştırılmış ve etkinliğini %97.2 olarak belirlemişlerdir. El-Etre ve ark. [8] (Kına) yapraklarının asidik, alkali ve nötral ortamlarda nikel, çinko ve karbon çeliği üzerinde inhibisyon etkisi araştırmışlardır. Çalışmalarında inhibitörün etkinliğinin ortam ve metale göre değiştiğini belirtmişlerdir. Buna benzer literatürde doğal ürünlerle yapılan çalışmalar doğal atıkların endüstriyel uygulamalarda korozyon inhibitörü olarak değerlendirilebileceğini göstermiştir. CM atığı ise bu amaçla rapor edilmemiş olup özgün olacaktır.

## 2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Korozyon inhibitörü olarak sentetik inhibitörlerin kullanılması canlı sağlığı için tehdit oluşturduğundan, son zamanlarda birçok alternatif çevre dostu korozyon inhibitörü geliştirilmiştir. Ekonomik, doğal, kolay üretilebilir, insan ve çevre dostu olmaları nedeni ile doğal ürünler bu anlamda ön plana çıkmıştır. Bu çalışmada DKÇ'nin korozyonuna, ekonomik değeri olan çevre dostu doğal atıklardan biri olan CM kabuğunun inhibisyon etkisi 1.0 M HCl çözeltisinde araştırılmıştır. Bu doğal ürünün bu amaçla kullanılması ve ekonomiye kazandırılması ise son derece önemli olacaktır.

## 3. DENEYSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL METHOD-PROCESS)

### 3.1. Bitki Ekstrelerinin Hazırlanması (Preparation of Plant Extracts)

Bitkisel materyal mevsiminde yerel marketten toplanmıştır. Bitkisel materyal kurutulmadan önce kabuk, meyve (etli kısım) ve çekirdek kısmı ayrılmıştır. Bitkisel materyalin kabuk gibi az sulu kısımları laboratuvar koşullarında baskısız kağıtlar üzerinde güneş almayan ortamlarda kurutulmuştur. Kurutulan bitkisel materyallerin

öğütülmesi laboratuvar tipi değirmen kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 100-140 mesh tanecik büyüklüğüne sahip eleklerden geçirilmiştir. Kurutulmuş bitkiler metanol:kloroform karışımında ekstrakte edilerek kullanılmıştır. Elde edilen ham izolatlar yağmsı, fenolik, şekerimsi ve polimerik gibi farklı polarite özelliğine sahip maddeleri de içermekte olup özellikle yağmsı maddeler genellikle korozyon inhibitörlerinin yüzeye temasını zorlaştırmaktadır. Bundan dolayı her bir organa ait ham izolat karışımının kısmi ayrımı yapılmıştır. Kısmi ayrım için apolar organik çözücü sisteminden polar organik çözücü sistemine doğru uygun polariteli çözücüler ile seçici fraksiyonlandırma işlemi uygulanmıştır.

### 3.2. Elektrotların Hazırlanması (Preparation of Electrodes)

Çalışma elektrotu olarak kullanılan DKÇ çubuklar 5cm boyunda kesilerek bir ucuna iletkenliği sağlamak için bakır tel geçirildikten sonra sadece ölçüm yapılacak diğer ucu açıkta kalacak şekilde polyester içerisinde gömülmüştür. Bu şekilde hazırlanan elektrotlar çalışma elektrotu olarak kullanılmıştır. Ölçümlerde önce DKÇ yüzeyleri metal parlaticıda değişik gritli zımpara kağıtları kullanılarak parlatılmıştır. Karşı elektrot olarak toplam yüzey alanı 2cm<sup>2</sup> olan Pt levha elektrotlar kullanılmıştır. Referans elektrot olarak Ag/AgCl (3M KCl) kullanılmıştır.

### 3.3. Elektrokimyasal Ölçümler (Electrochemical Measurements)

EIS ölçümleri çalışma elektrodunun inhibitörlü ve inhibitörsüz ortamlarda elektrot potansiyelinin dengeye gelmesinden sonra (1 saat) ölçümler açık devre potansiyelinde 100 kHz frekanstan başlayarak 5mV genlik ile yapılmıştır. Elde edilen EIS sonuçlarına göre DKÇ/çözelti ara yüzeyini temsil edecek eşdeğer devre modelleri önerilmiştir. Belirlenen polarizasyon ( $R_p$ ) değerlerinden inhibitörün inhibisyon etkinliği (%E) hesaplanmıştır [9].

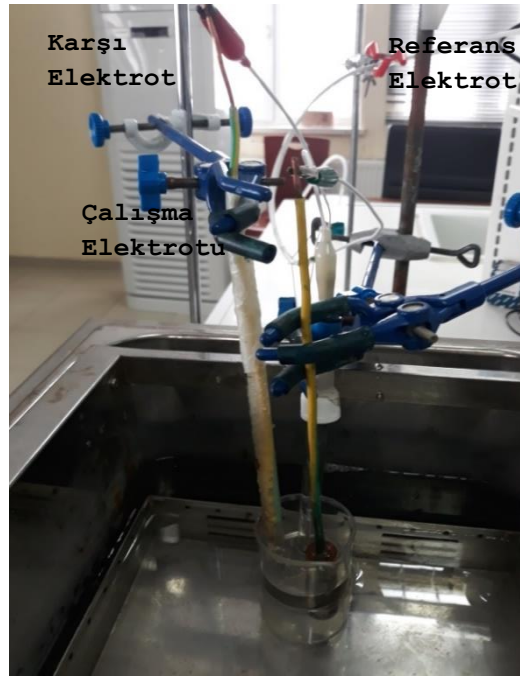
$$\%E = \left( \frac{R_p' - R_p}{R_p} \right) \times 100 \quad (1)$$

Burada,  $R_p$  ve  $R_p'$  sırası ile inhibitörlü ve inhibitörsüz ortamlarda DKÇ elektrotun polarizasyon değerleridir. EIS ölçümleri biter bitmez aynı sitemde LPR ölçümleri yapılmıştır. LPR ölçümleri açık devre potansiyelinden 10mV daha negatif potansiyelden itibaren +10 mV daha pozitif potansiyele kadar 1mV s<sup>-1</sup> tarama hızı ile yapılmıştır. Elde edilen akım-potansiyel eğrilerinin eğiminden polarizasyon dirençleri ( $R_p$ ) hesaplanmıştır. İnhibitörlü ve inhibitörsüz ortamlarda elektrotlarda belirlenen  $R_p$  değerlerinden inhibitörün inhibisyon etkinliği (%E) hesaplanmıştır [9].

$$R_p = \frac{SdE}{di} \quad (2)$$

Burada  $S$ ,  $E$  ve  $i$  sırası ile DKÇ elektrotun çözelti ile temas eden yüzey alanı, uygulanan potansiyel ve sistemden geçen akımdır. Potansiyodinamik polarizasyon eğrileri (PPE), LPR ölçümleri biter bitmez aynı sitemde yapılmıştır. Ölçümler açık devre potansiyelinden daha katodik potansiyellere doğru 1mV s<sup>-1</sup> tarama hızı ile yapılmıştır. Elde edilecek yarı logaritmik log*i*- $E$  eğrilerinde korozyon akım yoğunluğu ( $i_{kor}$ ) ve akım yoğunluğu yardımı ile korozyon hızı hesaplanmıştır. Akım yoğunluğu değerlerinden film etkinliği (%E) değerleri hesaplanmıştır [9].

$$\%E = \left( \frac{i - i'}{i} \right) \times 100 \quad (3)$$

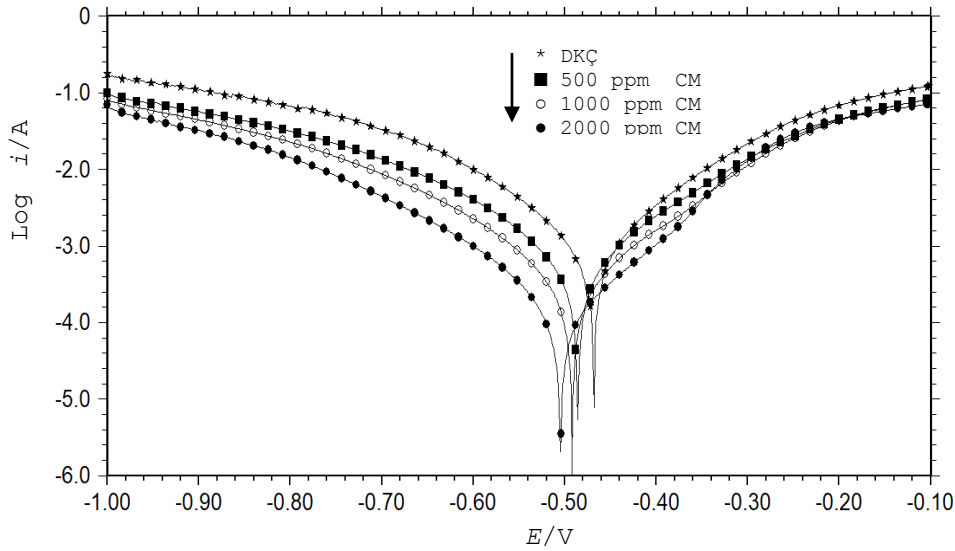


Resim 1. Korozyon testlerinde kullanılan üç elektrot tekniğinin şematik gösterimi  
(Picture 1. Representation of three electrode techniques used in corrosion testing)

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

##### 4.1. Potansiyodinamik Polarizasyon Eğrileri (Potentiodynamic Polarization Curves)

DKÇ'nin elektrokimyasal davranışı farklı derişimlerde CM içeren ve içermeyen 1.0 M HCl içerisinde yarı logaritmik akım potansiyel eğrilerinden yararlanılarak belirlenmiştir. Elde edilen akım potansiyel eğrileri Şekil 1'de, bu eğrilerden elde edilen elektrokimyasal parametreler Tablo 1'de verilmiştir. Şekil 1 ve Tablo 1'de verilen değerlerden açıkça görüleceği gibi, ortama inhibitör eklenmesi ile anodik metal çözünmesi ve katodik bölgede hidrojen oluşum reaksiyonu hızları azalmıştır.  $i_{kor}$  değerleri artan inhibitör derişimi ile artmış, korozyon hızı (KH) değerleri ise azalmıştır. İnhibitörün etkinliği, artan derişimle artmaktadır. Bu durum ortamda bulunan organik molekülün miktarının artması ile açıklanabilir. CM'nin farklı derişimlerde ortama eklenmesi ile inhibitör içermeyen ortama kıyasla  $E_{kor}$  değerlerinin daha negatif bölgeye kaydığı görülmektedir. Bu durum, CM'nin katodik yöndeki reaksiyonu baskın, karma tip inhibitör olarak sınıflandırılabilceğini göstermektedir [10 ve 11].



Şekil 1. DKÇ elektrotun 1.0 M HCl çözeltisi ve farklı derişimlerde CM (2000-500 ppm) içeren çözeltilerde elde edilen akım-potansiyel eğrileri

(Figure 1. Potentiodynamic polarization curves of MS in absence and presence different concentration (2000-500ppm) CM in 1.0 M HCl solution)

Tablo 1. DKÇ için 1.0 M HCl ve değişik derişimlerde CM içeren ortamlarda polarizasyon ölçümlerinden elde edilen elektrokimyasal parametreler

(Table 1. Electrochemical parameters for MS in the absence and presence different concentration CM determined from polarization curves)

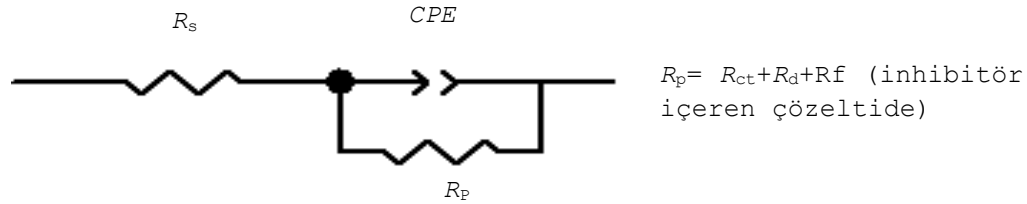
	C(mg/L)	$E_{kor}$ (V, Ag/AgCl)	$i_{kor}$ (mA cm <sup>-2</sup> ) 10 <sup>-3</sup>	KH (mm yıl <sup>-1</sup> )	E%
DKÇ	-	-0.468	1.1401	11.88	-
	100	-0.483	0.358	5.720	68.6
	250	-0.485	0.228	3.433	80.0
CM	500	-0.486	0.113	1.701	90.1
	1000	-0.492	0.090	0.918	92.1
	2000	-0.505	0.047	0.707	95.9

#### 4.2. Elektrokimyasal İmpedans Spektroskopisi (Electrochemical Impedance Spectroscopy)

Korozyon reaksiyonu, metal/çözelti ara yüzeyinde gerçekleşen yük transferi kontrolünde olduğu zaman elde edilen eğrinin gerçek impedans ekseninde en düşük ve en yüksek frekans bölgeleri arasındaki fark (eğrinin çapı) yük transfer direncine karşılık gelir. Ancak korozyon sırasında metal/çözelti ara yüzeyinde iyon difüzyonundan kaynaklanan difüzyon direncinin dikkate alınması gerekmektedir. Bununla birlikte yüzeydeki birikintilerin direnci (korozyon ürünleri, iyonlar, inhibitör molekülleri vb gibi), yüzeyde oluşan filmin direnci gibi diğer dirençlerin katkısı da unutulmamalıdır. Dolayısı ile gerçek impedans ekseninde en düşük ve en yüksek frekanslar arasındaki fark bütün bu dirençleri katkısı olan  $R_p$  olarak değerlendirilmelidir. Çift tabakada metal tarafında yükü oluşturan elektronların çapı, çift tabakanın çözelti tarafında yükü oluşturan iyonlardan çok daha düşüktür. Dolayısı ile çift tabakadaki yükü dengelemek için iyonlar

dış Helmholtz tabakasından çözelti içerisine doğru sıralanmakta ve bu da ideal bir kapasitör oluşumunu engellemektedir. Elde edilen Nyquist eğrisinin yarım daireden sapmasının nedeni de bu olmalıdır [12 ve 13]. Deneysel sonuçlar için önerilen devre Şekil 2'de verilmiştir. Burada  $R_p$  tüm ölçümlerde yüksek frekans bölgesinde başlayan ve orta frekans bölgesinde kapanan basık bir yarım daire oluşmuştur. DKÇ için Nyquist eğrilerinden hesaplanan  $R_p$   $11.5 \Omega \text{cm}^2$ 'dir.

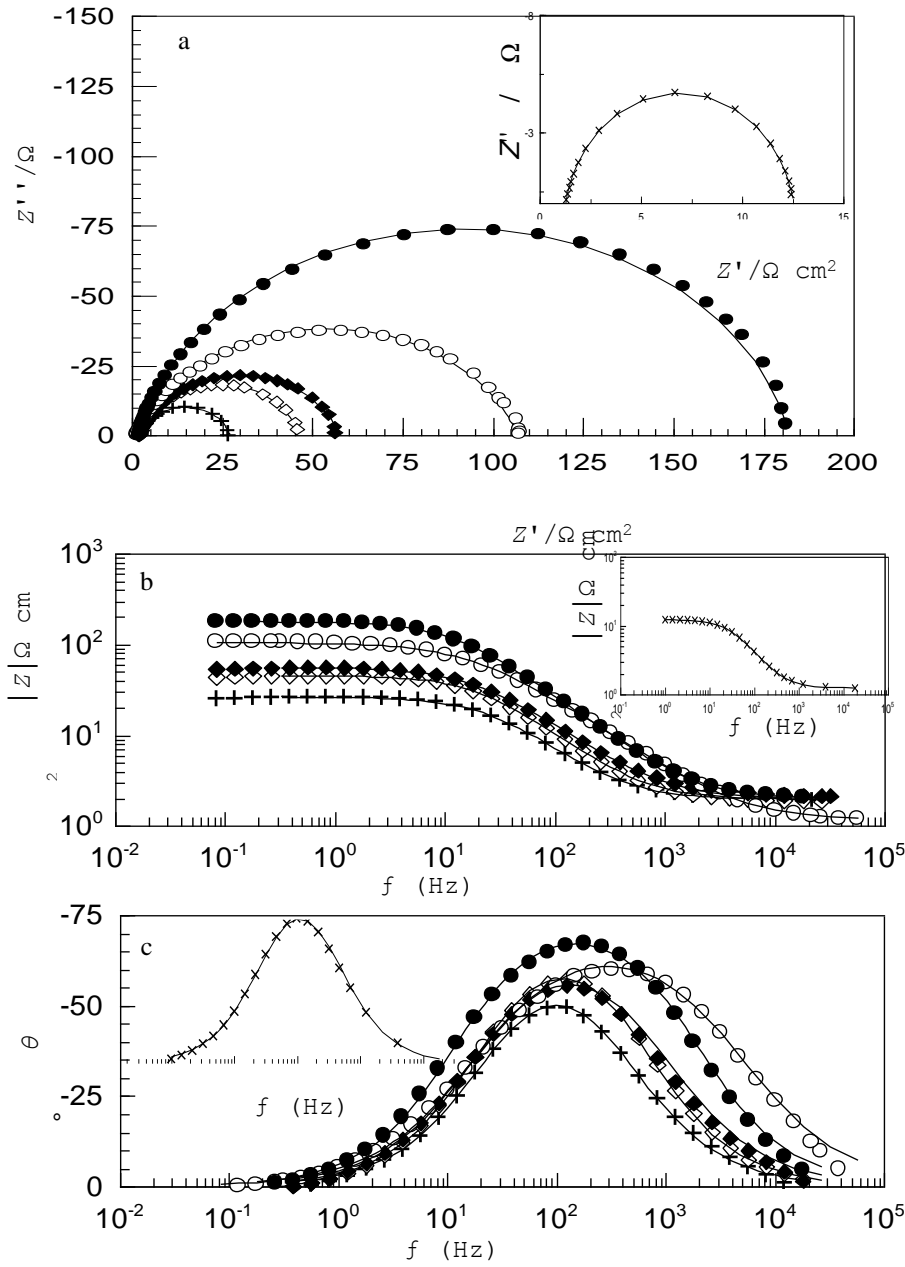
DKÇ için farklı derişimlerde (2000ppm-100ppm) 1.0 M HCl çözeltisinde 1 saat daldırma süresi sonunda elde edilen Nyquist ve Bode eğrileri Şekil 3 a, b ve c'de verilmiştir. Nyquist eğrileri incelendiğinde; inhibitör içermeyen ve farklı derişimlerde inhibitör içeren ortamlarda yumuşak çeliğin benzer davranış gösterdiği görülmektedir. İnhibitör içeren ortamlarda ise eğrinin şekli değişmemekle birlikte inhibitör içermeyen ortamla kıyaslandığında polarizasyonla direncinin önemli ölçüde arttığı görülmektedir. İnhibitör içeren ortamlarda  $R_p$  değerleri artan derişimle birlikte artmaktadır. En yüksek derişim için belirlenen  $R_p$  değeri  $180 \Omega \text{cm}^2$ 'dir. Bu artış inhibitörün metal yüzeyine adsorplanıp koruyucu bir film oluşturduğunu göstermektedir. Nyquist eğrilerinden belirlenen polarizasyon inhibisyonları ve hesaplanan inhibisyon etkinlikleri Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Metal/çözelti arayüzeyi için önerilen elektriksel eşdeğer devre diyagramı (CPE: Çift tabaka kapasitansı,  $R_s$ : çözelti direnci,  $R_{ct}$ : yük transfer direnci,  $R_d$ : difüz tabaka direnci,  $R_p$ : polarizasyon direnci,  $R_f$ : film direnci)

(Figure 2. The equivalent circuit model proposed for metal/solution interface (CPE: Constant phase element,  $R_s$ : solution resistance,  $R_{ct}$ : charge transfer resistance,  $R_d$ : diffuse layer resistance,  $R_a$ : resistance of accumulated species,  $R_f$ : film resistance)

Şekil 2'de belirtildiği gibi, inhibitörsüz 1.0 M HCl çözeltisinde DKÇ'nin  $R_p$  değeri  $10.6 \Omega \text{cm}^2$  sabit faz elementi (CPE)  $758 \text{F/cm}^2$  ve sabit faz elementi katsayısı (inhomogeneity factor= $n$ ) 0.89 olarak belirlenmiştir. Tablo 1'den görüldüğü gibi ortama inhibitör eklenmesi CPE değerlerini azaltmış ve  $R_p$  değerlerini arttırmıştır. CPE'deki azalma, dielektrik sabitindeki azalmadan ve/veya çift tabakanın kalınlaşmasından kaynaklanmaktadır. Bu olayların sebebi; metal yüzeyine inhibitör moleküllerinin adsorpsiyonu sonucunda, metal yüzeyinde önceden adsorplanan daha küçük su moleküllerinin aşamalı olarak yer değiştirmesidir. Daha büyük CM moleküllerinin adsorpsiyonu sonucu çift tabaka kalınlığındaki artmaya sebep olmakta bu sebeple kapasite değerleri azalmaktadır [14 ve 15]. Metal/çözelti ara yüzeyinde inhibitör moleküllerinin adsorpsiyonu,  $R_p$  değerlerini arttırmaktadır.  $R_p$ 'nin artması, yumuşak çeliğin korozyon hızının azaldığını göstermektedir.



Şekil 3. DKÇ elektrotların farklı derişimlerde (2000ppm:●, 1000ppm:○, 500ppm:■, 250ppm:□, 100ppm:+, DKÇ:x, fitting sonucu:-) CM içeren 1.0 M HCl çözeltilerde elde edilen Nyquist (a), log f-logZ (b) ve logf -  $\theta$  (c) eğrileri  
(Figure 3. Nyquist (a), log f-logZ (b) ve logf -  $\theta$  (c) plots of MS obtained in 1.0 M HCl solution (x) (inset) and diffent concentrations of CM (2000ppm:●, 1000ppm:○, 500ppm:■, 250ppm:□, 100ppm:+)

#### 4.3. Linear Polarizasyon Direnci (Linear Polarization Resistance)

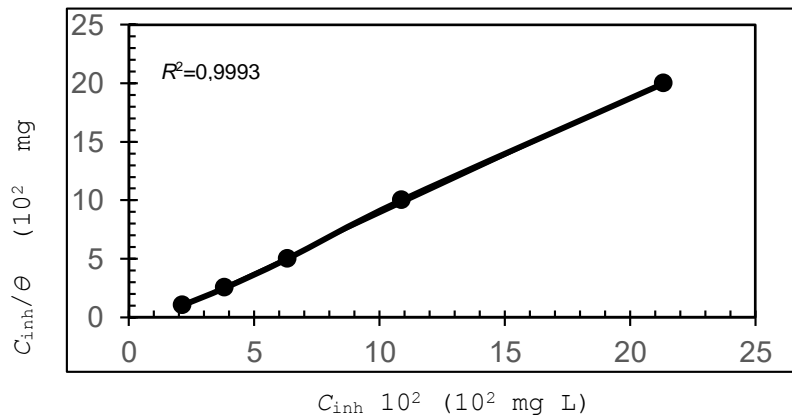
DKÇ'nin elektrokimyasal davranışları, inhibitörsüz ve farklı derişimlerde CM içeren 1,0 M HCl çözeltilerinde bir başka teknik olan, polarizasyon direnci yöntemiyle belirlenmiştir (Tablo 2). İnhibitörsüz ortamda DKÇ elektrodun  $R_p$  değeri  $11.51 \Omega \text{cm}^2$  iken ortama 2000, 1000, 500, 250 ve 100ppm CM ilave edildikçe artmış ve sırasıyla 178.57; 136; 99; 52.63; 43.29 ve  $20.83 \Omega \text{cm}^2$  olmuştur.  $R_p$  değerlerinden hesaplanan inhibisyon etkinliği değerlerinin dağılım aralığı %93.8-47.2 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 2. DKÇ için 1.0 M HCl ve değişik derişimlerde CM içeren ortamlarda EIS ve LPR ölçümlerinden elde edilen korozyon parametreleri (Table 2. Corrosion parameters obtained from EIS and LPR data for MS electrode in 1.0 M HCl solution with and without containing different concentration of CM)

	EIS			LPR			
	C (mg/L)	$R_p$ ( $\Omega \text{cm}^2$ )	CPE ( $\mu\text{F cm}^{-2}$ )	n	$\eta\%$	$R_p^*$ ( $\Omega \text{cm}^2$ )	E%
DKÇ		10.80	758	0.887		11.51	-
CM	100	25.05	540	0.870	56.9	20.83	44.7
	250	44.05	319	0.880	75.8	43.29	73.4
	500	55.30	350	0.838	80.5	52.63	78.1
	1000	105.7	220	0.800	89.8	137.0	91.6
	2000	180.0	130	0.876	94.0	178.5	93.6

#### 4.4. Adsorpsiyon İzotermi ve Adsorpsiyon Mekanizması (Adsorption Isotherm and Adsorption Mechanism)

Adsorpsiyon izotermi yardımıyla inhibitör molekülleri ile metal yüzeyi arasındaki etkileşimler ile ilgili önemli bilgiler edinilebilmektedir. İnhibitör moleküllerinin metal yüzeyine adsorpsiyon mekanizmasını belirlemek amacıyla EIS ve LPR ölçümlerinden her bir derişim için yüzey kaplanma kesirleri belirlenmiştir. Her iki yöntemde  $C'$ ye karşı grafiğe geçirilen  $C/\theta$  değişiminin doğrusal olması ( $R^2 \approx 1$ ) CM'nin 1.0 M HCl çözeltilisinde DKÇ yüzeyine adsorpsiyonunun Langmuir adsorpsiyon izotermine uyduğunu göstermektedir (Şekil 4). Langmuir adsorpsiyon izotermi aşağıda verilen eşitlik ile gösterilmektedir.



Şekil 4. DKÇ'nin 10 mM CM içeren 1.0M HCl çözeltilisindeki Langmuir adsorpsiyon izotermi  
(Figure 4. Langmuir adsorption isotherm of MS in 1.0 M HCl solution containing 10 mM CM)



$$\frac{C_{(inh)}}{\theta} = \frac{1}{K_{(ads)}} + C_{(inh)} \quad (4)$$

Bu eşitlikte  $C_{(inh)}$  inhibitör derişimi ve  $K_{ads}$  adsorpsiyon denge sabitini göstermektedir. Elde edilen izotermin kaymasından  $K_{ads}$  değeri  $0,83 \times 10^3 \text{ M}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Adsorpsiyon denge sabitinin yüksek olması inhibitörün metal yüzeyine güçlü bir şekilde adsorplandığını göstermektedir [16]. Adsorpsiyon serbest enerjisi aşağıda verilen eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır;

$$\Delta G_{ads}^{\circ} = -RT \ln(55,5K_{ads}) \quad (5)$$

$\Delta G_{ads}^{\circ}$  değeri  $-43.714 \text{ kJ mol}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Adsorpsiyon serbest enerjisinin işaretinin negatif çıkması adsorpsiyonun kendiliğinden olduğunu ve değerinin yüksek olması inhibitör molekülleri ve metal yüzeyi arasında güçlü etkileşimlerin olduğunu göstermektedir [16].

##### 5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Ekonomik değeri olan çevre dostu doğal atıklardan biri olan *Cucurbita Moschata* (CM) kabuğunun DKÇ'nin 1.0 M HCl çözeltisindeki korozyonuna inhibisyon etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla çok sayıda elektrokimyasal yöntem kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.

- CM asidik ortamda DKÇ'nin korozyon hızına inhibisyon etkisi göstererek reaksiyon hızını son derece azaltmaktadır.
- İnhibitörün etkinliği CM derişimi ile artmaktadır. Ekonomik faktörler de dikkate alınarak en yüksek derişim bu çalışmada 2000 ppm olarak sınırlandırılmıştır. Ancak, 1000 ppm'de dahi etkinlik %90'ın üzerinde olup pratik uygulamalar için son derece uygundur.
- Potansiyometrik polarizasyon çalışmaları, CM moleküllerinin hem DKÇ'nin anodik çözülme ve hidrojen oluşum reaksiyonunun hızını azalttığını göstermektedir. Dolayısı ile CM karma inhibitör olarak sınıflandırılabilir.
- CM reaksiyon mekanizmasına etki etmeden koruma sağlamaktadır. Bu da CM içerisindeki moleküllerin metal yüzeyinde adsorplanarak koruyucu bir film oluşturması ve bu filmin fiziksel bariyer ile koruma sağlaması ile açıklanabilir.
- İnhibitörün metal yüzeyine adsorpsiyonu Langmuir adsorpsiyon izotermine uymaktadır. Termodinamik parametreler, adsorpsiyonun hem fiziksel hem kimyasal olmakla beraber daha çok kimyasal etkileşimler ile gerçekleştiğini göstermektedir.

##### TEŞEKKÜRLER (ACKNOWLEDGMENTS)

Bu çalışma Bingöl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine (BÜBAP) sunulan projenin (BAP-GMYO.2018.00.002) ön denemelerinden üretilmiştir. BÜBAP birimine, Bingöl Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarına ve Kimya Bölümüne teşekkür ederiz.

##### NOT (NOTICE)

Bu çalışma, 26-28 Eylül 2018 tarihinde Hatay-Türkiye'de düzenlenen 5. Uluslararası Korozyon Sempozyumu'nda (KORSEM'18), sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

---

**KAYNAKLAR (REFERENCES)**

- [1] Durmuş, H. ve Çömez, N., (2018). Soğuk Metal Transferi İle Birleştirilen AA5754 Alaşımı İnce Sacların Korozyon Davranışı, Politeknik Dergisi, 21:907-91.
- [2] Erbil, M., (1984). Korozyon İnhibitöleri ve İnhibitör Etkinliklerinin Saptanması. Segem, Ankara.
- [3] Erbil, M., (1995). Korozyon I. Segem, Ankara.
- [4] Ammal, P.R., Prasad, A.R., and Joseph, A., (2018). Comparative Studies on the Electrochemical and Physicochemical Behaviour of Three Different Benzimidazole Motifs as Corrosion Inhibitor for Mild Steel in hydrochloric acid Egyptian. Journal of Petroleum, 27 1067-1076.
- [5] Naseri, E., Hajisafari, M., Kosari, A., Talari, M., and Hosseinpour, S., (2018). Inhibitive Effect of Clopidogrel as a Green Corrosion Inhibitor for Mild Steel; Statistical Modeling and Quantum Monte Carlo Simulation Studies. Journal of Molecular Liquids, 269:193-202.
- [6] Rabizadeh, T. and Asl, K.S., (2019). Casein as a Natural Protein to Inhibit the Corrosion of Mild Steel in HCl Solution. Journal of Molecular Liquids, 276:694-704.
- [7] Mohammadi, Z. and Rahsepar, M., (2018). Characterization of Mazuj Galls of Quercus Infectioia Tree as Green Corrosion and Scale Inhibitor for effective Treatment of Cooling Water System. Res. Chem Intermed, 44,2139-2155.
- [8] El-Etre, A.Y., Abdallah, M., and El-Tantawy, Z.E., (2005). Corrosion Inhibition of Some Metals using Lawsonia Extract, Corros. Sci. 47,385-395.
- [9] Üneri, S., (1998). Korozyon ve Önlenmesi. Ankara.
- [10] Quraishi, M.A., Sardar, R., (2004). Effect of Some Nitrogen and Sulphur Based Synthetic Inhibitors on Corrosion Inhibition of Mild Steel in Acid Solutions. Indian Journal of Chemical Technology, 11, 103-107.
- [11] Solmaz, R., Kardaş, G., Yazıcı, B., and Erbil, M., (2005). The Effect of Rhodanine on the Corrosion Performance of Mild Steel with Immersion Time. Protection of Metals, 41:581-585.
- [12] Solmaz, R., Şahin, A.E., and Kardas, G., (2011). Adsorption and Corrosion Inhibition Effect of 2((5mercaptol,3,4thiadiazolyylimino)methyl)phenol Schiff base on Mild Steel, Mater. Chem. Phys. 125,796-801.
- [13] Singh, A.K. and Quraishi, M.A., (2009). Effect of 2,2' Benzothiazolyl Disulfide on the Corrosion of Mild Steel in Acid Media, Corr. Sci. 51-2752-2760.
- [14] Yüce, O.A., (2011). Kükürt İçeren Bazı Organik Maddelerin Asidik Ortamda Yumuşak Çeliğin Korozyonuna Etkisinin İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [15] Gong, W., Yin, X., Liu, Y., Chen, Y., and Yang, W., (2019). 2-Amino-4-(4-methoxyphenyl)-thiazole as a Novel Corrosion Inhibitor for Mild Steel in Acidic Medium. Progress in Organic Coatings, 126:150-161.
- [16] Umoren, S.A., Gasem, Z.M., and Obot, I.B., (2015). Date palm (Phoenix dactylifera) Leaf Extract as an Eco-friendly Corrosion Inhibitor for Carbon Steel in 1.0 M Hydrochloric Acid Solution. Anti-Corrosion Methods and Materials, 62:19-28.