مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية_ سلسلة العلوم الأساسية المجلد (٨) العدد (٥) ٢٠٢٤

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies –Basic Sciences Series Vol. (8) No. (5) 2024

مساهمة الكيمياء الخضراء في حماية المنشآت المعدنية

الدكتورباسل علي*

(تاريخ الإيداع ٢٠٢٤/٩/١٦ – تاريخ النشر ٢٠٢٤/١١/١٢)

□ **ملخّص** □

تم في هذا البحث دراسة مساهمة البيئة الطبيعية الخضراء وما تحتويه من نباتات خضراء متجددة متوافرة في تغير معدل سرعة التآكل على عينات حديدية غير مغلفنة مخبرياً واختيرت مستخلصات نبات النعناع (أوراق وأغصان فتية والأزهار) كمانع تآكل من اجل تغطية العينات الحديدية وحمايتها كون هذا النبات يستخدم للأغراض الطبية وموجوداً في البيئة ورخيص الثمن ويمكن الحصول عليه بيسر وسهوله اضافة لتمتع هذا النبات بخواص مضادات اكسدة جيدة

حضر مستخلص نبات النعناع وعولجت العينات الحديدية المدروسة بمستخلص النعناع ودرس تغير معدل سرعة التآكل لهذه العينات وفعالية المانع لهذه العينات ومعامل تغطية المانع المدروس لسطح المعدن .

قورنت النتائج لمعدل سرعة التآكل لعينات معالجة بالمستخلص مع عينات غير معالجة وكانت قيم معدل سرعة التآكل قبل المعالجة وبعد كما يلي:

كان معدل سرعة تآكل العينات الحديدية(قبل المعالجة بالمستخلص) خلال ١٠٥ يوما مساوية **$0.082 mg/cm^2.day$** اما بعد المعالجة فكانت **$0.26 mg/cm^2.day$**

كان معامل فعالية المانع خلال ١٠٥ يوما **68.29%**

وكان نسبة تغطية سطح عينات الحديد بالمستخلص خلال ١٠٥ يوماً **٦٨.٣١%**

كلمات مفتاحيه: مستخلص نبات النعناع، تآكل، مانع تآكل، التغطية ، معدل سرعة التآكل ، تغطية سطحية ، فعالية .

*باسل علي – دكتوراه كيمياء لاعضوية

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية_ سلسلة العلوم الأساسية المجلد (٨) العدد (٥) ٢٠٢٤

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies –Basic Sciences Series Vol. (8) No. (5) 2024

The contribution of green chemistry to the protection of mineral facilities

Dr. Bassel Ali*

(Received 16/9/2024.Accepted 12/11/2024)

□ABSTRACT □

In this research, the contribution of the green natural environment and the available renewable green plants it contains to changing the rate of corrosion speed on non-galvanized iron samples was studied in the laboratory. Mentha plant extracts (leaves, young branches and flowers) were chosen as a corrosion inhibitor in order to cover and protect the iron samples because this plant is used for various purposes. Medicinal, available in the environment, cheap, and easily obtainable, in addition to this plant having good antioxidant properties.

Mentha plant extract was prepared, and the studied iron samples were treated with Mentha extract. The change in the rate of corrosion speed for these samples, the effectiveness of the inhibitor for these samples, and the coverage factor of the studied inhibitor on the metal surface were studied.

The results for the average corrosion speed of samples treated with the extract were compared with untreated samples, and the values of the average corrosion speed before and after treatment were as follows:

The rate of corrosion speed of the iron samples (before treatment with the extract) during 105 days was 0.82 mg/cm^2.day, while after treatment it was 0.26 mg/cm^2.day.The inhibitor effectiveness factor within 105 days was 68.29%.

The percentage of surface coverage of iron samples with the extract within 105 days was 68.31%.

Keywords: **Mentha extract, corrosion, corrosion inhibitor, coverage, corrosion speed rate, surface coverage, effectiveness.**

***Bassel Ali - PhD in inorganic chemistry**

مقدمة :

تعنى الكيمياء الخضراء (**Green chemistry**) بالاستخدام الامثل للمواد الخام في المجالات المختلفة على اساس امكانية استرجاعها و تجديد مواردها وتجنب ظهور ملوثات اثناء عملية التصنيع او بعد الانتاج.[1]

كما تهدف الكيمياء الخضراء الى محاولة منع التلوث دون التأثير على التكلفة أو معدل الأداء ، عن طريق التعامل مع الملوثات عند نهاية مخارجها ، وقبل وصولها الى الأماكن التي يمكن أن تسبب لها أضراراً بيئية جسيمة. [2] كالتآكل ، الانفجار ، الاشتعال والتلوث (التسمم) البيئي ، لذا فقد يمتد الخطر ليشمل الأضرار الحادثة في طبقة الأوزون والاستنزاف الشديد للموارد غير المتجددة وتراكم المواد غير القابلة للتحلل في البيئة . [3-4]

بدأت ممارسة الكيمياء الخضراء في الولايات المتحدة عام 1990 بعد توقيع قانون منع التلوث والذي هدف إلى حماية البئية عن طريق تخفيض الملوثات والانبعاثات الضارة من المصدر نفسه. وبموجب القانون قامت حكومة الولايات المتحدة الأمريكية بتقديم مُنح لتطوير المنتجات الكيميائية من خلال المعاهد والجامعات المختلفة لتقليل مخاطر تلك المواد. وتطورت أهداف المنح المقدمة لإنتاج مواد كيميائية أقل ضرراً وتلوثاً ووضع بدائل للمواد الكيميائية التي تؤدي عمليات استخلاصها لتلويث البئية. [5-7]

كما ارتبط تطور الكيمياء الخضراء بالتحول في استراتيجيات حل المشاكل البيئية الى الانتقال نحو الوقاية الفاعلة من التلوث من خلال التصميم المبتكر لتكنولوجيات الإنتاج أنفسهم.[8-9]

ويندرج محور التآكل المعدني ضمن أوسع المحاور البحثية التي أهتمت بها الكيمياء الخضراء من خلال التحول من استخدام المواد الكيميائية المستخدمة في طلاء المعادن ذات الأثر الفعال في التلوث ، إلى تنمية الأفكار البحثية التي تدرس معالجة التآكل المعدني بطريقة نباتية طبيعية دون اللجوء للصناعات الكيميائية التي تبقى آثارها فترات زمنية طويلة في البيئة قبل أن تنتهي سواء انطلاق غازات ضارة أو تشكل ملوثات صلبة وسائلة.[10]

تعد عملية التغطية أولى الحلول التي طبقت لتقليل التآكل[١١]. وتعتبر التغطية من أكثر الطرق المستخدمة للتصدي لعملية التآكل المعدني ، يتلخص عمل التغطية في الحد من عملية التآكل المعدني إذ إنها تقوم بعزل المعدن عن الوسط الآكل بشكل كامل أو تؤخر حدوث التفاعل بين كل من المعدن المراد تغطيته والوسط الآكل[12-14]. هناك عدة أنواع من التغطيات والكثير منها عبارة عن خلائط من مكونات مختلفة وبنسب مختلفة لتحقيق خصائص معينة وتباع تحت أسماء تجارية مختلفة أيضا [١٥].

وتصنف التغطيات إلى ثلاثة أنواع مختلفة على النحو التالي:

- **التغطية بالمواد الكيميائية** : مجموعة العمليات الكيميائية التي تهدف لإبعاد المعدن عن تأثير الوسط التآكلي كالدهانات وعمليات البخ والرذاذ وتعتبر من أكثر الطرق تلوثاً[16]
- **التغطية المعدنية** : العمليات الصناعية التي من هدفها تقليل تآكل لمعادن من أشهرها الرش المعدني ، التغطية ، الطلاء الكهروكيميائي وهي أقل تلوثاً من سابقتها [17]
- **التغطية غير العضوية** : العمليات الصناعية التي تهدف لتغطية الفلزات بطبقة من الخزف أو الزجاج عن طريق صهرها على سطوح المعادن بقصد حمايتها من التآكل أقل تلوثاً وذات كلفة عالية.[18-19]

-**التغطيات العضوية(النباتية):** يعد هذا الاتجاه بديلاً اقتصاديا عن استخدام مواد تقلل من التآكل كالنباتات الطبيعة المتوفرة بكثرة في البيئة واقل تلوثا للبيئة كمستخلصات أكليل الجبل ، التبغ ، قشور الجوز الخضراء ، زيت القنب ، زيت النعناع [23-20] . تعتبر هذه المستخلصات النباتية مثبطات جيدة لتآكل المعادن ، فقد تم استخدامها مؤخرا بشكل رئيسي وذلك لإنخفاض تكلفتها و إمكانية الحصول عليها بسهولة، و إحتوائها على مركبات جيدة لها تأثير مضاد للتآكل وهي تعتبر مواد آمنه بيئيا[24]

آلية التثبيط:

أثبتت العديد من الأبحاث والتي كانت تصب في إطار دراسة تأثير بعض المركبات الطبيعية كمثبطات لتآكل مختلف المعادن وذلك في عدة أوساط آكالة [25] ، وقد أوضحت هذه الأبحاث الفعالية التثبيطية للمركبات العضوية المستخدمة ويعود السبب في ذلك إلى:

- إحتوائها على ذرات متغايرة مثل : O ,S ,N
- خصائصها الفيزيوكيميائية
- وجود روابط π في ترافق مع الحلقة العطرية[27-26]

ترتكز آلية التثبيط هذه بأنها عملية إمتزاز لهذه المواد على سطح المعدن من خلال إلكترونات الروابطπ للحلقة العطرية و الأزواج الإلكترونية الحرة (الأزواج غير الرابطة) لـ O،S،.N . حيث يتم أثناء وجود المعدن في محلول التثبيطً، منح (التخلي) للأزواج الالكترونية غير المشاركة في الربط (الحرة) ذرات S, N إلى المدارات الشاغرة في المعدن فتشكل بذلك روابط قوية و مستقرة بين المثبط و سطح المعدن. [28]

إن عملية تآكل المعدن هي عملية أكسدة شبيهة باحتراق المواد الهيدروكربونية، إلا أنها تتم ببطء و بشكل غير ملحوظ و بدون أن يرافقها انتشار حرارة ظاهر أو لهب، بحيث لا تثير الانتباه أو الاهتمام، ولا تظهر نتائجها إلا على المدى البعيد نسبياً[٢٩].

يتسبب التآكل في اهتراء السطح المعدني، فضلاً عن تغيير بعض خواص المعدن الفيزيائية و الميكانيكية، فتقل سماكته و قد تحدث فيه بؤر تآكلية ثاقبة أو تشققات تؤدي إلى تلفه و خروجه من الخدمة خلال فترة قصيرة من استعماله[٣٠].

إن عملية التآكل هذه لا يمكن منع حدوثها أو القضاء عليها كلياً. إلا أنه يمكن السيطرة عليها والإقلال من خطورتها. و يتم ذلك بالتعرف على ظواهر التآكل و دراسة مسبباتها و طرق الوقاية منها. بالتالي الوسيلة المناسبة للسيطرة عليها، الأمر الذي يمكن من الوصول إلى أنجع الطرق لمكافحة التآكل و الإقلال من الخسائر الكبيرة الناجمة عنه [٣١].

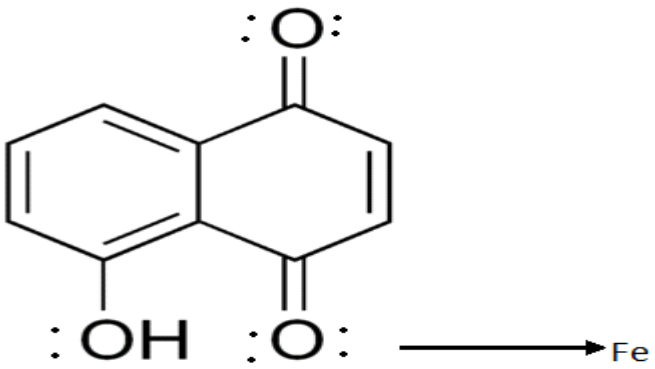
تتأثر المنشآت الصناعية والمباني الخدمية كالمدارس والمشافي ومحطات التوليد وأعمدة نقل الطاقة والجسور جميعها سلباً بحدوث التآكل في أجزائها مما يؤدي لقصر عمرها والإقلال من فترة صلاحيتها وكفاءتها [٣٢] .

يُلاحظ انخفاض مستوى الإنتاج و الجودة في المنتج عند بدء التآكل في المنشآت الصناعية خاصة في خطوط الإنتاج ، كما يلاحظ ظهور أعطال مستمرة تؤدي إلى خسائر مرتفعة ، و تتعرض المطارات للتآكل سواء في مباني الخدمات أم مهابط الطائرات و تصبح غير قادرة على أداء مهمتها كون الأمر يتعلق بسلامة المسافرين القادمين و المغادرين والعاملين فيها ، و ينطبق الأمر على الطرق والسكك الحديدية و أبراج الاتصالات وأبراج الطاقة [٣٣].

أما في شبكات توزيع المياه وملحقاتها فيظهر تأثير التآكل في لون مياه الشرب وطعمها مما ينعكس بدوره في صحة الإنسان وصلاحية المياه للاستخدام البشري [٣٤].

تعد تكلفة الخسائر التي يسببها التآكل باهظة سواء في الصيانة أم الإصلاح و الترميم وتزيد من تكلفة التشغيل ، رغم أن التفكير في معالجة التآكل أو تجنب حدوثه بدأ مبكراً إلا أن الجهود لازالت حثيثة ومتواصلة لوقاية المنشآت و اتباع أفضل السبل لتجنب حدوثه [٣٥].

تعتبر التغطية العضوية باستخدام مواد كيميائية طبيعية محض اهتمام الكيمياء الخضراء وسنتناول في دراستنا استخدام مستخلص الزيت العطري لنبات النعاع الذي يحتوي على مركبات كيميائية مثل المركبات الفينولية السداسية (حمض الفيروليك و المنثول والمنثون والفا البينن و التريبينيولين وميريستين ...الخ) . والتي جميعها وجدت في مستخلص زيت النعناع . المركبات الناتجة عن اتحاد هذه البنى مع المعدن عبارة عن مركبات مستقرة تمنح سطح الحديد خواصاً أكثر مقاومة وثباتاً من الحديد نفسه . ويتم ذلك بالطريقة الموضحة بالشكل :



امتزاز مركبات زيت النعناع على سطح الحديد

يملك مستخلص زيت النعناع المستخدم في دراستنا كمانع طبيعي للتآكل تركيباً معقداً وغنياً بالمركبات العضوية مثل القلويدات و الحموض الدسمة ، التربينات ، الكحولات ، البولي فينولات ، أحماض أمينية بالإضافة إلى المركبات الحاوية على النتروجين و الاوكسجين والمركبات الغنية بالالكترونات الحرة والكترونات π والتي تُظهر نشاط كهروكيميائياً في منع التآكل المعدني [٣٦] . تَّم تحليل التركيب الكيميائي لمستخلص زيت النعناع باستخدام الكروموتوغرافيا السائلة عالية الأداء HPLC كما هو موضح في الجدول الآتي.

جدول رقم(١٤)التركيب الكيميائي لزيت النعناع الناتج عن الأوراق حيث جني في نوفمبر ٢٠٢٣ منطقة ريف طرطوس

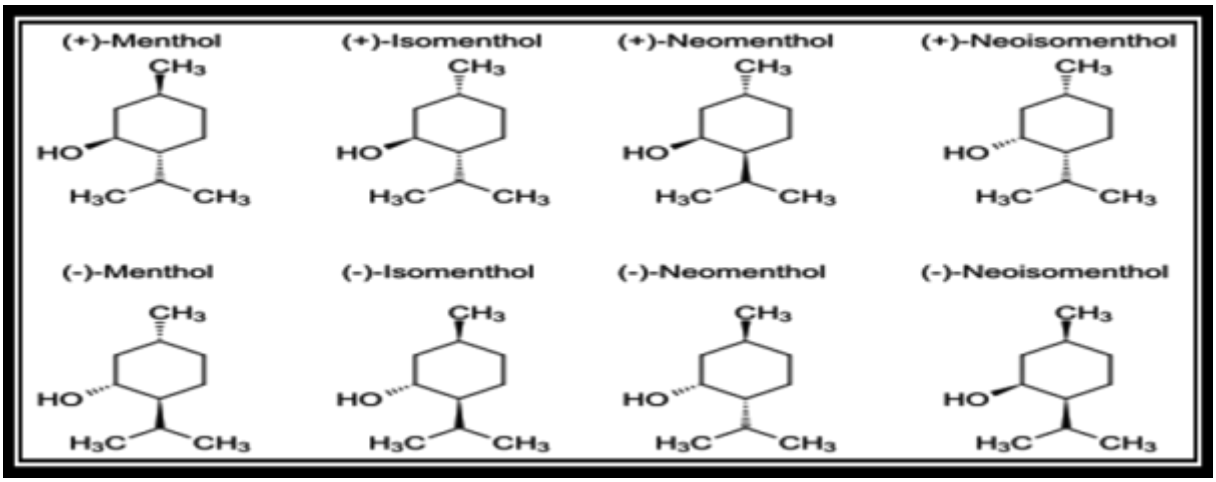
المادة	النسبة (µg/100g)
Menthol	76
Menthone	48
Limonene	36
Iso-menthone	29
Neomenthol	27
a-pinene	22

16	P-menthane
38	Sabinene
48	Menthone

نبات النعناع (Mentha spicata)

تتألف أوراق النعناع من ٦٠ – ٨٣ % من الماء والمركبات العضوية والمواد اللاعضوية ، و المركبات العضوية هي كربوهيدرات وأحماض عضوية و قلويدات والتي تعتبر مجموعة من المركبات الاوكسجينية ذات الطبيعة القلوية [٣٧] .

أهم البنى الكيميائية التي تحتويها أوراق النعناع:



أهمية البحث وأهدافه

أهمية البحث

تأتي أهمية البحث انطلاقاً من عدِّ مثبطات التآكل الصناعية سامة للإنسان والبيئة؛ لاحتوائها على مركبات الرصاص

والكروم؛ و انَّ انتاج مثبطات التآكل من المصادر الطبيعية كالنعناع مثلاً غير مكلف ,وصديق للبيئة , ومصدر قابل

للتجدد .كما أن تآكل المنشآت المعدنية يؤدي في حال عدم معالجته إلى كوارث و انهيارات لتلك المنشآت

هدف البحث

- ✓ البحث عن تقنيات مختلفة لمعالجة التآكل في المنشآت المعدنية.
- ✓ استخلاص مثبطات تآكل طبيعية كمستخلص زيت النعناع

-طرائق البحث ومواده

١- **<u>المواد المستخدمة:</u>**

١- قطع من الحديد غير المغلفن محددة الأبعاد (٤X٤) سم

٢- أوراق النعناع الأخضر

٣- جهاز كليفنجر

٤- قطن ناعم – كحول – ماء مقطر – أسيتون

٥- قاعدة حديدية وحوامل معدنية (تم تصميمها لتثبيت عينات الحديد)

٦- – ورق مصنفر (ناعم ومتوسط) ، ميزان حساس ، زجاجيات مخبرية

٢- **<u>طريقة العمل :</u>**

٢-١- تحضير عينات الحديد:

أخذت عينات من الحديد العادي غير المغلفن على شكل قطع مربعة بأبعاد محددة و تم وزن كل قطعة بدقة بعد تنظيفها تماما بورق مصنفر(Sic paper) تتم ازالة الغبار و المواد الدهنية العالقة بغسلها بالأسيتون والكحول

٢-٢- تحضير المادة النباتية :

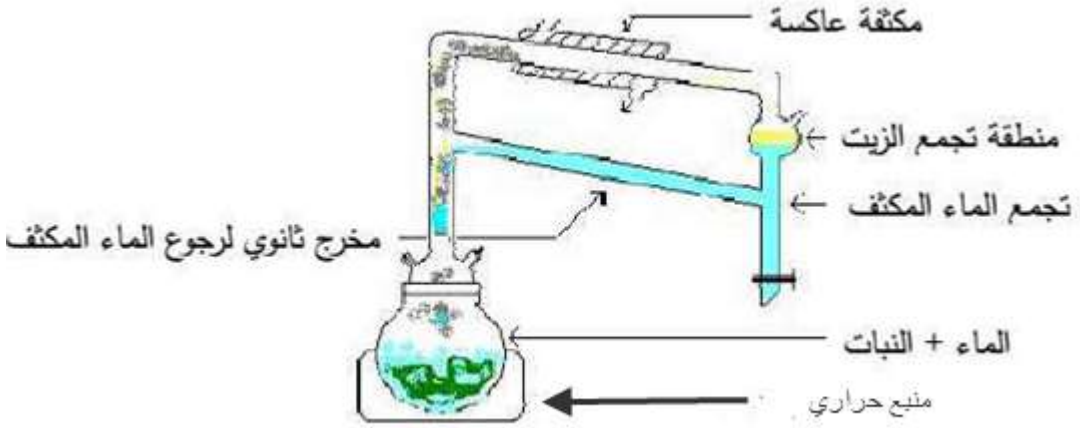
تم جني المادة في نوفمبر 2023 من مدينة طرطوس في الصباح الباكر لضمان فعالية المواد التي تحتوي عليها قدر الإمكان، ثم تم تنظيفها من الأعشاب، الأتربة والأوساخ.

٢-٣- تجفيف المادة النباتية :

هي مرحلة مهمة و حساسة للحفاظ على المكونات قدر الإمكان لمنعها من التفاعلات ,قمنا بتجهيز أرضية نظيفة وجافة و نقوم بفرشها بالأوراق(أوراق الجرائد) ثم نوزع نبات النعناع (Mentha spicata) فوق الورق و جففت النبتة لمدة 15 يوم تحت الظل بدرجة حرارة الغرفة بعيدا عن أشعة الشمس والرطوبة، وكان المكان جيد التهوية تم تقطيع النبتة إلى قطع متوسطة وتخزينها بعيدا عن الرطوبة.

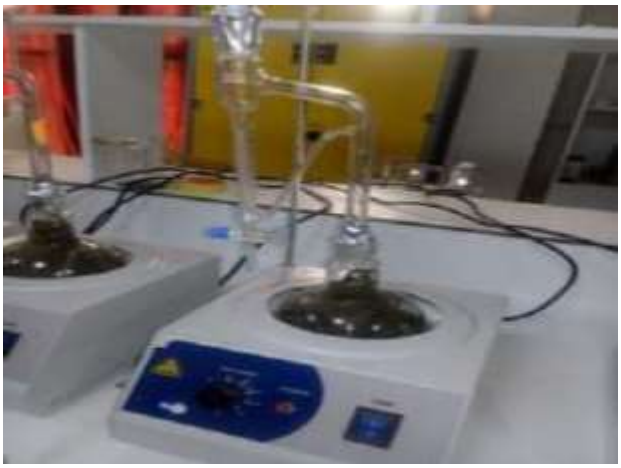
٢-٤-التقطير المائي لنبات النعناع :

فيما يلي رسم تخطيطي يوضح تركيب الاستخلاص بطريقة التقطير المائي



يتم إجراء التقطير المائي بإستخدام جهاز Clevenger حيث يتم إدخال50g من النبات(مقطعة إلى أجزاء صغيرة) مع500 ml من الماء في دورق سعته1L متصل بكليفنجرClevenger الذي يتكون من : جهاز تسخين ، (دورق(ماء + نبات ,)مكثفة(تكثيف الأبخرة)جهاز الفصل(تجميع الأطوار المتكاثفة طور مائي + طور عضوي طافي)لإجراء عملية التقطير للعينة عند بداية الغليان نبدأ تشغيل المؤقت لتحديد زمن مرور ثلاثة ساعات .

يتشكل عند جهاز الفصل طورين :طور مائي + طور عضوي(زيت أساسي) طافي يعود ذلك لاختلاف بين كثافة الماء(d=1) و الزيت الأساسي .(d=0.89) ودرجة غليان الماء (١٠٠ درجة سلزيوس) بينما درجة غليان زيت النعناع (٢١٢ درجة) نفتح جهاز الفصل لفصل الطورين(طور مائي + طور عضوي) نفرغ الطور المائي في بيشر أولا ثم يجمع الزيت الأساسي المستخلص في قارورة زجاجية مغلقة نغلفها بورق الألمنيوم.



التقطير بـ Clevenger لنباتMentha spicata

٢-٥- حفظ الزيوت العطرية :

يتطلب الحفاظ على الزيوت الطيارة بعض الاحتياطات الأساسية .يجعل عدم الاستقرار النسبي للجزيئات المكونة للزيوت الأساسية عملية حفظها أمراً حساسًا .هناك ثلاثة عوامل تدخل في تغيير الزيوت الأساسية:

1- **درجة الحرارة** : يجب التخزين في درجة حرارة منخفضة(بين 4 و ٨ درجات مئوية.)

2-**الضوء** :يحفظ في الظلام وفي زجاجات غير شفافة ، ويفضل أن يكون لونها بني. في عملنا ، احترمنا بشدة شروط التخزين هذه.

عينة من زيت النعناع العطري

.٢-٦- تغطية عينات الحديد بمستخلص زيت النعناع:

تمت معالجة القطع الحديدية (العينات) بمستخلص زيت النعناع تم إحضاره مباشرة بالطريقة الكيميائية (دون استخدام خلية كهربائية) وتركت العينات في المستخلص لمدة ٢٤ ساعة ويفترض أن هذه الفترة كانت كافية لامتزاز المركبات العضوية الموجودة في مستخلص زيت النعناع على سطح الحديد وتبين ذلك من خلال وزن العينات بعد هذه العملية .

٢-٧- العمل المخبري

٢-٧-١- العمل المخبري

حساب معدل سرعة التآكل :

يتم حساب فرق الوزن من العلاقة : $\Delta m = m1 - m2$

حيث $m1$ و $m2$ وزن قطعة الحديد قبل وبعد فترة الغمر المدروسة بواحدة الغرام على الترتيب

و يتم حساب معدل سرعة التآكل – عن طريق حساب فقدان الوزن – لكل عينة باستخدام العلاقة :

$$\rho = \frac{\Delta m}{s.\Delta t}$$

حيث Δm فرق وزن قطعة الحديد قبل وبعد التآكل يقاس بالغرام g ، يقاس زمن الغمر Δt باليوم او بالساعة

، s مساحة سطح قطعة الحديد يقاس بـ cm^2.

تحديد معامل الحماية:

من خلال العلاقة [٣٦] : $\%\gamma = \frac{\rho 0 - \rho}{\rho 0} X100$

حيث: ρ_0 **mg/cm^2.day** معدل سرعة التآكل لعينة غير معالجة في فترة زمنية مدروسة ، ρ **mg/cm^2.day** معدل سرعة التآكل لعينة معالجة بمانع(مستخلص) في الفترة الزمنية المدروسة نفسها

حساب نسبة تغطية المستخلص لسطح معدن الحديد:

وذلك لمستخلص زيت النعناع من العلاقة التالية : $\theta = \frac{\Delta w - \Delta wi}{\Delta w}$

حيث θ : نسبة التغطية السطحية

Δw : الفاقد الوزني للعينات غير المعالجة بالمستخلص (g)

Δwi : الفاقد الوزني للعينات المعالجة بالمستخلص (g) . [38]

٣-النتائج والمناقشة

بعد تحضير العينات قسمت العينات الى مجموعتين : مجموعة **أولى** عولجت بامستخلص النعناع المائي مجموعة **ثانية** تركت كعينة شاهدة دون معالجتها . في خطوة لاحقة تم تجفيف هذه العينات ووضع عينة واحدة من كلا المجموعتين السابقتين (معالجة وغير معالجة) في الاحواض المخبرية المائية (وسط التآكل) لمدة اربعة اشهر وتم سحب عينة واحدة (من كل مجموعة) كل ١٥ يوم

أ- العينات غير المعالجة بالمستخلص(زيت النعناع) في الاحواض المائية:

توضع العينات في الاحواض الزجاجية المحضرة مسبقاً خلال الفترات الزمنية الموضحة في الجدول وتسحب عينة كل ١٥ يوم وتجفف وتوزن بدقة وتقارن العينات المعالجة بالمستخلص مع العينة الشاهدة (غير المعالجة)، يبين الجدول التالي الفاقد الوزني (**Δm**) وسرعة تآكل عينات الحديد الموضوعة في الأحواض بدون معالجة بالمستخلص

الجدول (٢): يبين تغير سرعة التآكل بتغير زمن الغمر للعينات غير المعالجة في الاحواض المخبرية المائية

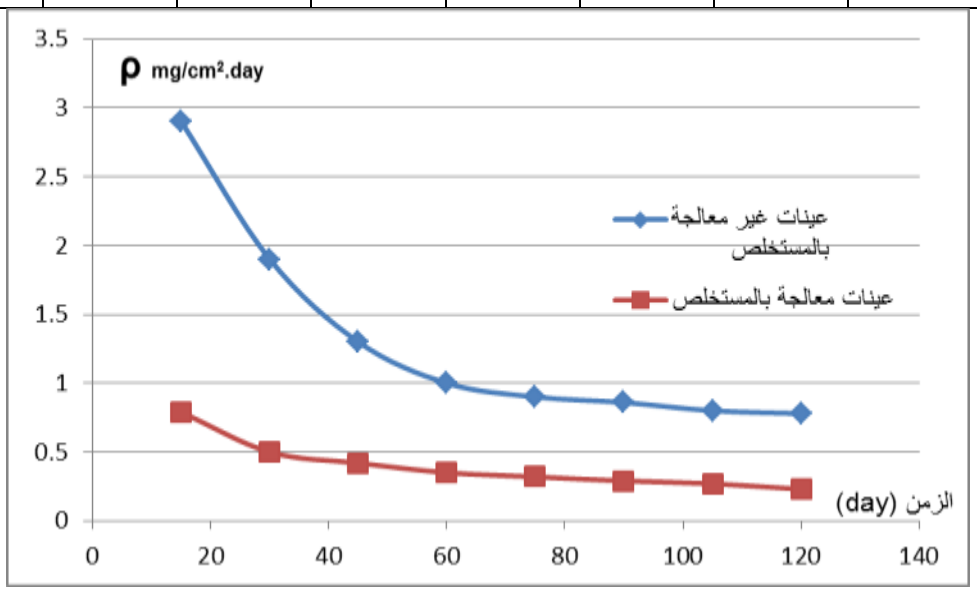
رقم العينة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
m_1 (g)	١٦.٥٥٤٨	١٧.٨٤٥٦	١٧.٦٤٢١	١٦.٥٤٢٣	١٨.٢٣٤٥	١٧.٢٢٤٩	١٦.٩٨٩٧	١٨.٢٢٨٧
m_2 (g)	15.0698	15.925	15.625	14.426	15.994	14.950	14.331	15.273
Δm (g)	١.٤٨٥	1.920	٢.٠١٧	٢.١١٦	2.240	2.274	2.658	2.955
مساحة القطعة (cm^2)	٣١.٩٥	32.01	٣٢.٠٢	٢٩.٧٧	٢٩.٨٧	٢٨.٩٩	٣٢.٠٤	٣١.٩٩
الزمن (day)	15	30	45	60	٧٥	٩٠	١٠٥	١٢٠
ρ mg/cm^2.day	3.1	2.0	1.4	1.18	1	0.86	0.825	0.82

ب- العينات المعالجة بمستخلص زيت النعناع في الاحواض المائية:

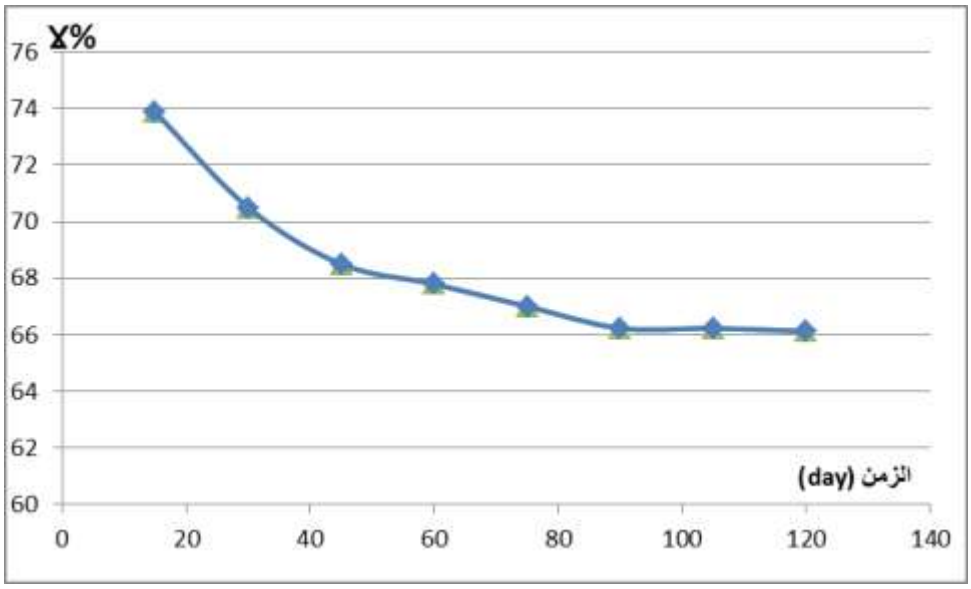
يبين الجدول التالي الفاقد الوزني (**Δm**) وسرعة تآكل عينات الحديد الموضوعة في الأحواض حيث غطست بالمستخلص لمدة ٢٤ ساعة

الجدول (٣): يبين تغير سرعة التآكل بتغير زمن الغمر للعينات المعالجة بالمستخلص في الاحواض المخبرية المائية

رقم العينة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
m_1 (g)	١٧.٦٥٤١	١٦.٩٩٨٤	١٦.٨٨٧٩	١٦.٥٤٢١	١٧.٢٣٥٦	١٩.٢٥٤٨	١٧.٢٣٥٦	١٩.٢٣٥٩
m_2 (g)	17.266	16.432	16.254	15.862	16.505	18.517	16.361	18.353
Δm (g)	0.388	0.566	0.633	0.680	0.730	0.737	0.874	0.882
مساحة القطعة (cm^2)	٣١.٩٥	32.01	٣٢.٠٢	٢٩.٨٦	٢٩.٧٩	٢٨.٩٩	٣٢.٠٤	٣١.٩٩
الزمن (day)	15	30	45	60	٧٥	٩٠	١٠٥	١٢٠
mg/cm2.day ρ	0.81	0.59	0.44	0.38	0.33	0.28	0.26	0.23
Y%	٧٣.٨٧	٧٠.٥	٦٨.٥	٦٧.٧٩	٦٧.٠١	٦٦.٢٣	٦٦.٣٠	٦٦.١٢



الشكل (٢): مقارنة تغير سرعة التآكل بتغير زمن الغمر بوجود المستخلص وبدونه في الاحواض المخبرية المائية

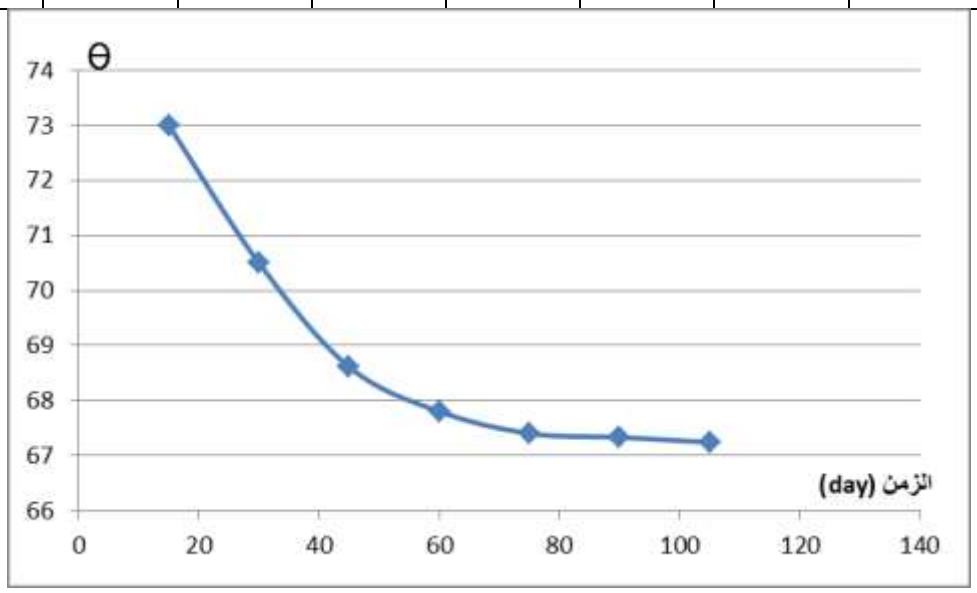


الشكل (٣): يبين تغير معامل الحماية بتغير الزمن للعينات في الاحواض المخبرية

حساب معامل التغطية للعينات المعالجة بمستخلص زيت النعناع:

جدول (٤)معامل التغطية السطحية لمستخلص زيت النعناع في الأحواض المخبرية

رقم العينة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
Δw (g)	١.٤٨٥	1.920	٢.٠١٧	٢.١١٦	2.240	2.274	2.658	2.955
Δwi (g)	0.388	0.566	0.633	0.680	0.730	0.737	0.874	0.882
$\%\theta$	٧٣	٧٠.٥	٦٨.٦١	٦٧.٨	٦٧.٤	٦٧.٣٣	٦٧.٢٤	٧٠.١٥



الشكل (٤) يوضح تغير التغطية السطحية لمستخلص زيت النعناع في الأحواض المخبرية مع الزمن

تفسير النتائج:

أدى إتمام عملية تغطية القطع الحديدية المدروسة بمانع التآكل المقترح إلى اكتساب العينات المستخدمة في هذه الدراسة خاصية السلبية أو الحماية من التآكل [٣٠].

بناء على الجداول نلاحظ أن العينات تعرضت لنسب مختلفة من فقدان الوزن وهذه النسب كانت متناسبة طردا مع زيادة زمن الغمر في الأحواض وأن جميع العينات المعالجة بالمستخلص المقترح سلكت سلوك العينات غير المعالجة مع انخفاض ملحوظ في فاقدها الوزني ومعدل سرعة تآكلها،

من القيم المحسوبة لفعالية المانع المدروس نلاحظ أن هذه القيم مرتفعة مما يدل على أن نسبة تغطية المانع لسطح المعدن جيدة الذي يعزى إلى أن القوى المسؤولة عن امتزاز المركبات العضوية عملت على زيادة مراكز التفعيل النشطة على سطح المعدن.

أدى إتمام عملية تغطية القطع الحديدية المدروسة بمانع التآكل المقترح إلى مقاومتها للصدأ.

تم رصد فقدان الوزن الحاصل لكل عينة بتابعية الزمن المدروس إذ يلاحظ أن مانع التآكل المستخدم لم يوقف تفاعل التآكل وإنما اقتصر دوره على تأخيره أو خفض قيمته بمرور الزمن [٣٢] .

ونلاحظ هنا أن نقصاناً للوزن يبدأ بعد وضع العينات في الماء بالرغم من وجود طبقة الحماية للعينات المدروسة ثم يبدأ مقدار الانخفاض في الوزن بالتناقص قليلا مع الزمن ولكن يستمر هذا الفقدان وبشكل ملحوظ مع ملاحظة أن الفقدان في الوزن هو الأقل بالنسبة لمانع المستخلص زيت النعناع مقارنة بعدم وجود مستخلص وهذا يعني أن مانع التآكل المقترح أوراق النعناع يقاوم التآكل بشكل جيد [٣٣] .

تم حساب معدل سرعة التآكل باستخدام العلاقات التي سبق ذكرها ، يلاحظ من المخطط البياني للمنحنيات التي تمثل تغير معدل سرعة التآكل بتابعية زمن الغمر في الماء أنه يتطابق مع ما يحدث من فقدان للوزن ، حيث يكون معدل سرعة التآكل للعينات جميعها مرتفعا ثم يبدأ بالانخفاض مع استمرار عملية غمر العينات حتى الزمن ٧٥ يوم ثم تبدأ المؤشرات السابقة بالازدياد تدريجيا . حيث يعاني سطح المعدن بدايةً هجوماً قوياً من الأوكسجين المنحل الموجود في الماء ثم يتناقص . تؤدي هذه العوامل مجتمعة إلى اختراق هذه الطبقة مع الزمن فهي ليست كتيمة ، وفي وسط كالماء يستطيع الأوكسجين المنحل وجزيئات الماء اختراق السطح البيني مانع/معدن . [٣٤] .

يتطابق الشرح السابق مع نتائج حساب فعالية الموانع المستخدمة إذ بلغت فعالية المانع مستخلص أوراق النعناع بعد ١٥يوماً وفي الأحواض المخبرية ٧٢ % [٣٥] .

عند دراسة منحني بياني للفعالية يبدو هذا المنحني متناقصاً مع زيادة زمن الغمر يعود ذلك لمسامية طبقة المستخلص المتشكلة على سطح المعدن من جهة ومنافستها من قبل طبقة الاوكسيد المتشكلة من جهة ثانية[36].

نستنتج من منحنيات معدل سرعة التآكل أن مقاومة العينات المحمية بطبقة مستخلص .زيت النعناع في الماء للتآكل هي الأفضل مقارنة بباقي العينات غير المعالجة . [٣٧].

وبناء عليه نجد أن نتائج مقاومة تآكل المعدن في الماء بالنسبة لمانع زيت النعناع تعد جيدة ولمدة زمنية بلغت اربعة أشهر بالرغم من البيئة الشديدة التآكلية للماء ، بناء على ذلك يمكن القول إن عينات الحديد المعالجة بمستخلص زيت النعناع تملك قدرة أكبر على مقاومة التآكل في شروط التجربة نفسها من درجة حرارة وحركة الوسط وتركيز المانع ولنفس الفترة الزمنية للغمر . علما أن الأوكسجين المنحل وايونات الكلوريد المتوافرة في الوسط استطاعت اختراق جميع طبقات المعالجة الممتزة و المتوضعة على سطح الحديد وذلك عبر عملية depassivation أو desorption لطبقة المانع الموجودة على سطح المعدن [٣٨].

من المخطط البياني رقم (٤) يتبين أن نسبة تغطية مستخلص زيت النعناع لسطح المعدن تزداد مع الزمن حتى تحقق قيمة عظمى (٠.٨٣) مما يؤكد أن مستخلص زيت النعناع قد ساهم في حماية المعدن بشكل جيد من خلال تغطيته (تشكيل معقد) وعزله عن تأثير الوسط الآكل.

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات

١- أبدى مستخلص زيت النعناع حماية جيدة لمعدن الحديد غير المغلفن من التآكل و مقاومة للظروف البيئية المسببة للتآكل في الماء، وذلك من خلال امتزاز طبقة تخميل لسطح الحديد التي شكلت حاجزاً للسطح البيني معدن/ماء وعاملاً ممانعاً لتفاعلات التآكل النشطة و تغلغل الأوكسجين المنحل أو أيونات الكلوريد ووصوله إلى سطح الحديد

٢- تبين بالدراسة انه يمكن معالجة عينات الحديد باستخدام مستخلص(زيت النعناع)

٣- تظهر الدراسة انه يمكن استخدام النباتات كمانعات تآكل بشكل أفضل مقارنة مع المواد الكيميائية التي تلوث البيئة

٤- تميز استخدام مستخلص زيت النعناع كمانع للتآكل المعدني بمزايا عديدة . فأوراق النعناع ذو طبيعة متجددة، ومصدر مناسب بيئيا ، وغير مكلف نسبيا(جودة التكلفة الإقتصادية)

التوصيات :

١- الإستفادة من هذه الدراسة في المنشآت المعدنية لما تحققه من وفرة اقتصادية وبيئية عالية.

٢- تطبيق هذه الدراسة على أنواع أخرى من المعادن.

٣- متابعة العمل واكتشاف نباتات اخرى كمانعات تآكل.

٤- قد يكون من المفيد الربط بين أبحاث التآكل مع أبحاث البيئة.

المراجع

1. م. عودة محمد الآغا / *التآكل وآثاره السلبية في المنشآت* / ١٩٩٩ P (5–42)
2. L.L.SHREIR, R.A. JARMAN, G.T. BURSTEIN, *Corrosion 3rd Edition*, Volume 1, Butterworth-Heinemann, 1994 , page 6
3. R. B. GRIFFIN .MARINE ATMOSPHERE., *Metals Handbook: Corrosion, 9th ed., v.* 13, ASM International, Materials Park, OH, pp.902-906 (1987).
4. *"Introduction to Corrosion " www. v5.books.elsevier*.com
5. N.W. FARRO, L. VELEVA AND P. AGUILAR *" Mild Steel Marine Corrosion: Corrosion Rates in Atmospheric and Seawater Environments of a Peruvian Port*
6. *W.K. Boyd, F. W. Fink, Corrosion of Metals in Environments, Metals and Ceramics Information Center*, Columbus, pp. 1-6, 13-16, 23-25, 35-39, 42-44, 48-51, 53-62, (1978)
7. F. BOLZONI, S. GOIDANICH, L. LAZZARI, M. ORMELLESE, M. PEDEFERRI, *"Laboratory testing on the influence of alternated current on steel corrosion",* Corrosion 2004, paper No. 04208. 2004.
8. NAVID RASHIDI , SEYED ALAVI-SOLTANI , RAMAZAN ASMATULU : *"Crevice Corrosion Theory, Mechanisms and Prevention Methods* " , 2007
9. JOINTLY WITH C. C. TECHNOLOGIES AND FHWA, *National Association of Corrosion Engineers (NACE) (2002). Materials Performance, Special Issue, Houston, Texas*, USA, July.p.1-27.2002
10. LATANISIAN, R.M., LESLIE, G.G., MCBRINE, N.J., ESELMAN, T. et al. (1999*). Application of practicalageing management concepts to corrosion engineering*, Keynote Address. 14th ICC, Capetown, South Africa, 26 Sep–10 Oct
11. DONG-JIN CHOI, SEUNG-JAE YOU, JUNG-GU KIM, *Materials Science and Engineering* A335 (2002) 228
12. M.A. ARENAS, M. BETHENCOURT, F.J BOTANA, J.J. DE DAMBORENEA, M. MARCOS, *Corrosion Science* 43 (2001) 157
13. BENKIKI N. KABOUCHE Z.BRUNEAU C.*Chemistry of Natural Compounds* . 2007 .43(5) . 612 – 613
14. A.Y. EL-ETRE, M. ABDALLAH, *Corrosion Science* 42 (2000)
15. E.A.NOOR , *Comparative study on the corrosion inhibition of mild steel by aqueous extract of Fenugreek seeds and leaves in acidic solution , Journal of engineering and Applied science,*vol 3 , no. 1 , pp 23 – 30 ,2008 .
16. E.E.OGUZIE , *Evaluation of the inhibitor effect of som plant extract on the acid corrosion of mild steel , corrosion science* , vol. 50 , no. 11 , pp. 2993 – 2998 , 2008
17. A.M. BADIEA AND K.N. MOHANA , *Corrosion mechanism of low-carbon steel in industrial water and adsorption thermodynamics in the presence of som plant extractions* , Journal of Materials Engneering and performance , vol. 18 , no. 9 , pp. 1264 – 1271 , 2009

18. L.R. CHAUHAN AND G. GUNASEKARAN , *Corrosion inhibition of mild steel by plant extract in dilute HCl medium* , Corrosion science , vol. 49 , no.3 , pp. 1143-1161 , 2007 .

19. R.SARATHA AND V.G.VASUDHA , "*Inhibition of Mild Steel Corrosion in 1N H2SO4 Medium by Acid Extract of Nyctanthes arbortristis Leaves* ",2008

20. L. VALEK AND S. MARTINEZ, *Mater. Lett*., 61(2007), pp. 148–151

21. LIKOF , *Corrosion Protection Moscow* .USSR, 1985

22. AMBRISH SINGH, V. K. SINGH, M. A. QURAISHI , " *Inhibition Effect Of Environmentally Benign Kuchla (Strychnos Nuxvomica) Seed Extract On Corrosion Of Mild Steel In Hydrochloric Acid Solution* "61(2011), pp. 145–159

23. AMBRISH SINGH, V. K. SINGH, ANDM. A. QURAISHI , "*Aqueous Extract of Kalmegh (Andrographis paniculata) Leaves as Green Inhibitor forMild Steel in Hydrochloric Acid Solution* " , 2010

24. GUY D. DAVIS (DACCO SCI. INC.) J. ANTHONY VON FRAUNHOFER *(Inhibitor, Inc.) Tobacco plant Extracts as Environmentally Benign Corrosion inhibitors* . *Materials Performance* . February 2003

25. FADAYOMI J., *Corrosion-Inhibitors, Concrete,* 1997, 31(8), p. 21-22

26. - C. A. LOTO , R. T. LOTO AND A. P. I. POPOOLA, *" Corrosion and plants extracts inhibition of mild steel in HCl* " , 2011

27. - GOGOT HARYONO, BAMBANG SUGIARTO, HANIMA FARID DAN YUDI TANOTO*, " Ekstrak Bahan Alam sebagai Inhibitor Korosi "* , 2010

28. . J.A. VON FRAUNHOFER, *Tobacco Extract Composition and Method, U.S. Patent* 5,435,941 (1995).

29. PHILLIPSON, J. D. *Phytochemistry and Medicinal Plants.Phytochemistry*, 56, 237−243, 2001.

30. BENSOUICI C . KABOUCHE A. KABOUCHE Z . *Chemistry of Natural Compounds* . 2012 .48(3) . 510 – 511

31. BOUTAGHANE N . KABOUCHE A . TOUZANI R . MAKLAD YA. EL-AZZOUNY AM . BRUNEAU C . KABOUCHE Z . *Chemistry of Natural Compounds* . 2011 .6(2) . 251 – 252

32. GHERBOUDJ O . BENKIKI N . SEGUIN E . TILLEGUIN F . KABOUCHE Z . *Chemistry of Natural Compounds* . 2012 .48(3) . 470 – 471

33. KABOUCHE A. KABOUCHE Z. TOUZANI R . BRUNEAU C . *Chemistry of Natural Compounds* . 2010 .45(6) . 966 – 967

34. KHALFALLAH A . BERREHAL D . KABOUCHE A. KABOUCHE Z . *Chemistry of Natural Compounds* . 2012 .48(3) . 482 – 483

35. S.J. DEXTER, C. CULBERSON, "*Global Variability of Natural Sea Water," Materials Performance,* 19 (9), 16 (1980).

36. PENGEMBANGAN TEKNOLOGI KIMIA UNTUK PENGOLAHAN SUMBER DAYA ALAM *Indonesia Yogyakarta,* 26 Januari 2010

37. *The Pacific Journal of Science and Technology* Volume 12. Number 1. May 2011, india

38- *Int.J.Electrochem.Sci*.,6(2011) 1045 – 1057