البحث العلمي الهادف دعامة أساسية للنهوض بالعراق

إزالة صبغة الامارانث (Amaranth) من مياه الفضلات بطريقة التخثير الكهربائي باستعمال اقطاب من الالمنيوم النقي والستانلس ستيل (SS316).

احمد محمود عكيل ، احمد سعيد عثمان

قسم الكيمياء ، كلية التربية للعلوم الصرفة ، جامعة تكريت ، تكريت ، العراق

الملخص

تم التحقق من كفاءة إزالة صبغة maranth من المحلول المائي باستخدام طريقة التخثير الكهربائي (Electrocoagulation)، ولتحديد كفاءة الازالة تمت دراسة العديد من العوامل المؤثرة على هذه العملية وهي (نوع القطب : حيث تم استخدام قطب الحديد الفولاذ المقاوم للصدأ ستانلس ستيل SS316 وقطب الالمنيوم النقي، بالأبعاد (الطول 10cm، العرض 6cm، السمك 0.1cm) كذلك تم دراسة تأثير المسافة بين الاقطاب في الخلية وتمت اخذ ثلاث مسافات هي (1 cm . 2 cm. 3 cm) كذلك تم دراسة تاثير التركيزللصبغه حيث تم اخذ ثلاث تراكيز هي (200 ppm, 100 150 كذلك تم دراسة تأثير الفولتية (فرق الجهد) حيث تم اخذ خمسة جهود مختلفة وهي (5,10,15,20,25 volt) ,وكذلك دراسة تأثير تركيز الالكتروليت المضاف حيث استخدم Na_2SO_4 كمحلول الكتر وليتي بتراكيز مختلفة وهي (25,50,75,100 PPm) .

اتضح من الدراسة ان افضل نتائج ازالة صبغة Amaranthبالظروف الاتية (التركيز 200 PPm، وبفولتية 25 volt وبزمن 100 min وبمسافه 1 Cm) حيث كانت اعلى نسبة إزالة تحت نفس الظروف اعلاه باستخدام قطبين من الالمنيوم النقي هي (99.72%) وقطب الستانلس ستيل SS316 هي (97.61 %) . اما عند إضافة ملح Na_2SO_4 كمحلول الكتروليتي فكانت افضل النتائج لصبغة Amaranth بالظروف الاتية (التركيز 25 PPm، وبفولتية 25 volt وبزمن 100 min وبمسافة 1 Cm) في حين كانت نسبة الإزالة باستخدام قطبين من الالمنيوم النقي هي (94.47 %) وقطب الستانلس ستيل SS316 هي (88.68 %) .

المقدمة

لمواجهة خطر التلوث استعمل في معالجتها الطرق الكيميائية والبيولوجية لكن هذه الطرق لا تؤدي الدور المطلوب في العديد من الحالات لذا اتجهت الأبحاث لاستعمال الكهرباء لمعالجة الملوثات.

لغرض خفض تركيز الملوثات إلى حد أدنى من القيم التي تشكل خطراً على البيئة استُعملت الطرق الكهروكيميائية في معالجة ملوثات البيئة والتي حظيت بالعديد من دراسات البيئة لمزاياها التالية:- [1] [2]

1- المحافظة على البيئة (تكنولوجيا نظيفة) إذ يستعمل مفاعل نظيف وهو الإلكترون، لذا إضافة مواد كيميائية في هذه التقنية يعد ضئيلا أو معدوما.

2- بساطة المعدات وسهولة التشغيل.

3- إمكانية معالجة العديد من الملوثات.

4- معالجة كميات مختلفة من النفايات السائلة تصل إلى مليون لتر.

5- عند حدوث مشكلة عملية يمكن بسهولة إنهاء التفاعل خلال ثوانٍ، وذلك بقطع التيار الكهربائي ثم إعادة التشغيل بسرعة بعد انتهاء المشاكل.

6- دراسة المتغيرات الكهربائية خلال العملية الكهروكيميائية (فرق الجهد، شدة التيار) ويسهل عملية الوصول إلى المعطيات والمعلومات التي تمكن من التحكم الآلي بهذه التقنية.

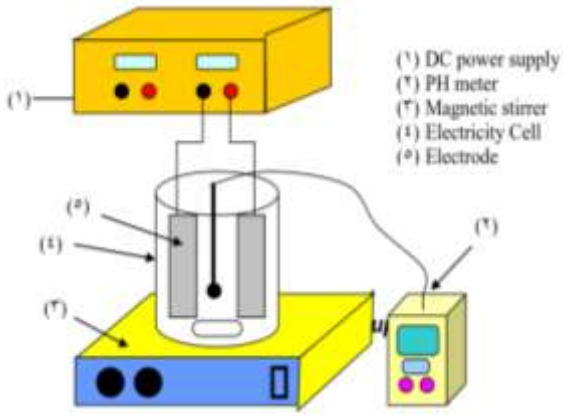
ومن اهم هذه الطرق هي الطفو الكهربائي ،التحليل الكهربائي ،الديلزة الكهربائية، والتخثير الكهربائي .

1- التخثير الكهربائي

عملية التخثير الكهربائي EC (موضوع البحث) تعتمد على مبدأ الأقطاب القابلة للانحلال حيث بتطبيق تيار كهربائي بين قطبين (في الغالب من الألمنيوم أو الحديد) مغموسين في المحلول المعالج حيث الانحلال الأنودي للقطب فتنتج أيونات معدنية تتفاعل مع أيونات الهيدروكسيد مشكلة هيدرومعقدات التي تلعب دور مخثر وتؤدي الى تشكيل رواسب ليسهل نزعها . [3] ويمكن ان يكون مفاعل التخثير الكهربائي (EC) حاوي على ازواج متعددة من الأقطاب الكهربائية الموجبة والسالبة والتي تكون بشكل صفائح او صفائح مثقبة او انابيب ومن مواد مختلفة تشمل الحديد والألمنيوم والحديد المقاوم للصدأ

(ستانلس ستيل) والتيتانيوم كما يمكن ان تكون سلسلة من المفاعلات وكل منها بأقطاب كهربائية من مواد مختلفة [4].

تستخدم تقنية التخثير الكهربائي خلية كهرو كيميائية لمعالجة المياه. في ابسط اشكالها ،تتكون الخلية الكهروكيميائية من قطبين كهربائيين التي تكون بشكل صفائح ، او صفائح مثقبة او انابيب من مواد مختلفة تشمل الحديد والالمنيوم والحديد المقاوم للصدا (ستانلس ستيل) [5] مغمورين في محلول موصل او الكتروليت ، ومتصلان معا عبر دائرة كهربائية تشتمل على مصدر تيار وجهاز تحكم ،كما موضح في الشكل (1) . العمليات الكيميائية التي تحدث في الخلية هي تفاعلات الاكسدة والاختزال، والتي تحدث في واجهة القطب المنحل بالكهرباء ، يشار الى القطب الذي يحدث عنده الاختزال باسم الكاثود، في حين ان القطب الموجب هو القطب الذي تحدث عنده عمليات الاكسدة . القطب الموجب ،المسمى أيضا بالالكترود التخديشي ، يؤدي الى تاكل الكاتيونات النشطة المخثرة عادة من الالمنيوم او الحديد الى المحلول . وبالتالي فان التخثير الكهربائي يدخل الكاتيونات المعدنية في الموقع ، بدلا من الجرعات الخارجية .في نفس الوقت يتم انتاج الغازات الالكترونية ، عادة الهيدروجين عند الكاثود . يتم الحفاظ على التدفق الحالي في خلية التخثير الكهربائي عن طريق تدفق الالكترونات الناتجة عن القوه الدافعة للمصدر الكهربائي . يسمح المحلول الكهربائي للتيار بالتدفق بحركة الأنواع المشحونة الايونية . تعتبر الموصلية العالية ميزه للعملية ، لانها تقلل من المقاومة الكهربائية للمحلول والاستهلاك الكهربائي . تتولد الكاتيونات المعدنية من الانود المائي لتشكيل الهيدروكسيدات والبولي هيدروكسيدات والمركبات متعددة الهيدروكسيد ذات التقارب القوي للجسيمات المشتتة والايونات المضادة مما يسبب التخثر [5]



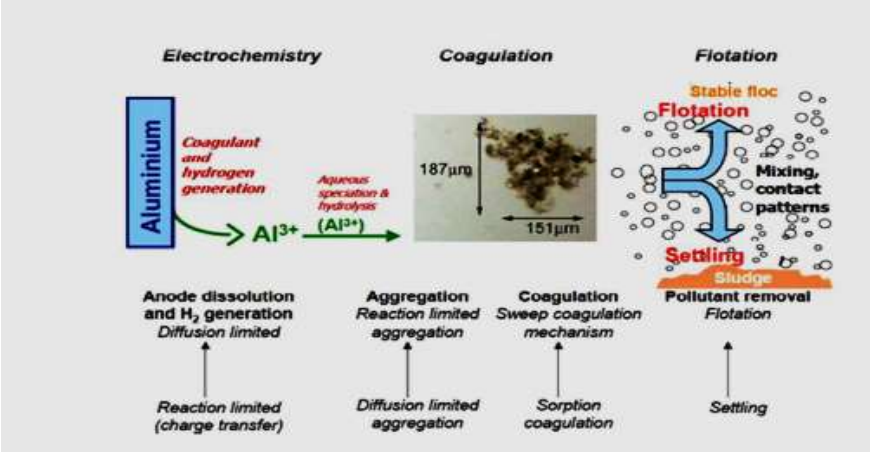
الشكل 1: مخطط مبسط لخلية التخثير الكهربائي

لذلك فان عملية التخثير الكهربائي (Electrocoagulation) هي عملية زعزعة استقرار أو ذوبان الملوثات في وسط مائي عن طريق ادخال تيار كهربائي باستخدام اقطاب كهربائية على الاغلب هي من الالمنيوم أو الحديد . [7]

وهذه العملية تتضمن ثلاث مراحل هي :-

1- تشكيل الخثرة عن طريق الاكسدة كهربائيا .
2- زعزعة استقرار الملوثات وتعليق الجسيمات .
3- تجميع مراحل زعزعة الأستقرار لتشكيل الكتل (أي تكوين الرواسب).

وفي الشكل الذي يظهر المراحل الأساسية لعملية التخثير الكهربائي .



الشكل 1-1: ملخص ميكانيكيات التخثير الكهربائي .[8]

2- تحديد كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة :-

في العمليات الكهروكيميائية تحسب كمية الطاقة المستهلكة من وجهة نظر اقتصادية في عملية التخثير الكهربائي (EC) ،والتي تشمل تكلفة التشغيل ، وعملية معالجة المياه الملوثة ، وتكاليف الطاقة والمواد والمعدات ،والتي من أهمها استهلاك مواد الكهرباء والطاقة الكهربائية، والتي يتم حسابها من العلاقة الاتية [9]

$$EC = \frac{U.I.t}{V.1000} \quad \text{.....(1-1)}$$

EC/ كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة وتحسب لمعالجة ($1m^3$) من المياه وتقاس بوحدة ($KW.h/m^3$) .

I/ شدة التيار وتقاس بوحدة (الأمبير)

U/ فرق الجهد ويقاس بوحدة (الفولت) . $0.498\ KW.h/m^3$ =

$$EC = \frac{25\ .\ 3/1000\ .\ 1.66}{0.00025\ .\ 1000}$$

t/ زمن المكوث ضمن مفاعل التخثير الكهربائي بالساعة (h)

v/ حجم المياه المعالجة (m^3)

3- دراسات سابقة

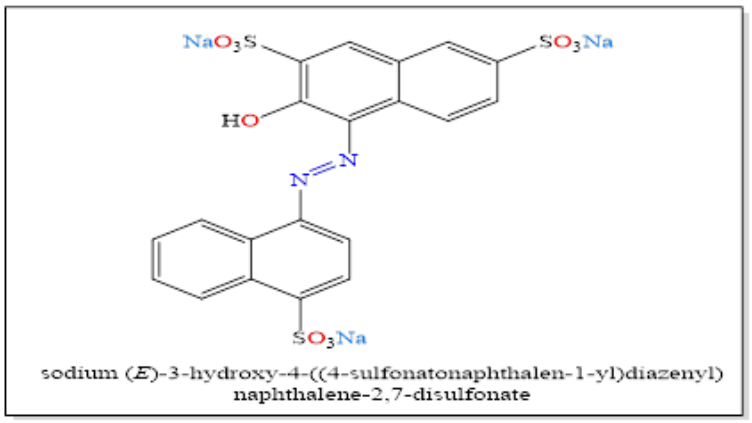
- **(Hadi .2013)** (10) قام الباحث باختيار طريقة التخثير الكهربائي كطريقه بديله لإزالة الصبغة الزرقاء المباشرة من وسط مائي ، حيث تم اجراء الدراسة باستخدام اقطاب من الحديد حيث كانت الظروف المثلى هي كالاتي الدالة الحامضية هي (2-10) التركيز الابتدائي هو(200-25mg/L) وقت التحليل (2-10 min) ، أظهرت النتائج ان (91.17%) من اللون الأزرق المباشر قد تمت ازالته .
- **(Ghanbari.2014) وجماعته**(11) في دراسة لعينات من المياه العادمة التي يتم تفريغها من صناعة النسيج الحاوية على أنواع مختلفة من المواد الملوثة بما فيها الاصباغ ،حيث تم تطبيق عملية التخثير الكهربائي باستخدام اقطاب من الحديد والالمنيوم حيث كانت الظروف المثلى للعملية هي الرقم الهيدروجيني هو(7) كثافة التيار هي (300mA) المسافة بين الأقطاب هي (3Cm) وبزمن (40min) حيث تم تحقيق إزالة بنسبة (98%).
- **(Belayachi.2017) وجماعته (12)** في دراسة قاموا بأجرائها لتقييم فعالية عملية التخثير الكهربائي المستخدمة لإزالة صبغة (نيلوسان الأحمر .N-2RBL) من مياه الصرف الصحي المتغيرات التي تم تطبيقها في هذه الدراسة هي تأثير الدالة الحامضية ،كثافة التيار تركيز الصبغة الاولي ،تركيز الالكتروليت،المسافه بين الأقطاب ،وسرعة التحريك ،ودرجة الحرارة ،وتم الحصول على افضل النتائج حيث كانت نسبة الإزالة هي (98%)عند درجة حراره (303K) ،و(pH=2.5) وكثافة التيار هي ($13.76mA/cm^2$)وتركيز الالكتروليت هو(4gm/L) ،وقت التحليل الكهربائي هو (8min) ،والمسافة بين الأقطاب هي (2.5cm) ، وسرعة التحريك هي (275rpm) .
- **(Get aye .2017) وجماعته (13)** قاموا باستخدام تقنية التخثير الكهربائي لإزالة لون صبغة الملكيت الأخضر (Malachite Green) وهي صبغه تستخدم كمضاد للميكروبات في تربة الاحياء المائية ، المتغيرات التي تم تطبيقها هي كثافة التيار ،الدالة الحامضية ، التركيز الاولي للصبغة ، المسافة بين الأقطاب ، تركيز الالكتروليت ، وتم استخدام اقطاب من الحديد والالمنيوم ، وتم الحصول على افضل النتائج حيث كانت نسبة الإزالة (96.43%) ،حيث كانت كثافة التيار هي ($76.5A/m^2$) والدالة الحامضية هي (pH=8) وتركيز الصبغة هو (100mg/L) وبزمن (30min) باستخدام محلول الكتر الالمنيوم والحديد متشابهة تقريبا في استجابتها وكفائتها في إزالة اللون .
- **(Nandi .2017) وجماعته (14)** باستخدام عملية التخثير الكهربائي في إزالة صبغة Birlliant green من المحلول المائي باستخدام اقطاب من الحديد ، اما المتغيرات التي تم دراستها وهي كثافة التيار، والمسافة بين الأقطاب ، وتركيز الصبغة الاولي ، الدالة الحامضية للمحلول ، وزمن التخثير الكهربائي ، وتركيزالالكتروليت المضاف (NaCl)، وقد أظهرت النتائج ان نسبة الازالة للصبغة هي (99.59%) عند تركيز اولي (100mg/L) وكثافة التيار هي ($41.7A/m^2$) ، والدالة الحامضية هي (4) وزمن تخثير (30min) ولوحظ ان تقليل المسافة بين الأقطاب يزيد من كفاءة الازالة .
- **(Duane .2018) وجماعته (15)** قاموا باستخدام تقنية التخثير الكهربائي في إزالة صبغة المثلين الزرقاء من مياه الصرف الصناعي ،حيث تم الحصول على نسبة إزالة (97%) وذلك عند ظروف التشغيل الأتية الجهد المسلط هو(3.1Volt) ،وكثافة التيار هي ($347mA/cm^2$) وزمن التخثير هو (2.5min) والمسافة بين الأقطاب هي (2cm) وبذتك تدل النتائج على إمكانية استخدام التخثير الكهربائي في إزالة الصبغات من مياه الصرف الصناعي على نطاق واسع .
- **Ahmed Saeed Othman and Ahmed Aljebory) 2019) (16)** قاموا بإزالة ثلاث صبغات من المحلول المائي وهي (Supra green، Blue 2 ،Alura Red) باستخدام طريقة التخثير الكهربائي باستخدام اقطاب من الالمنيوم النقي والستانلس ستيل SS318حيث تمت دراسة العديد من المتغيرات هي (تركيز الصبغة ، تركيز الالكتروليت ،نوع القطب المستخدم ،المسافة بين الأقطاب) وكانت افضل النتائج عند تركيز 200ppmلقطب الالمنيوم هي (86.60%)لصبغة Blue2 و(88.15%) لصبغة Alura Red ، و(57.98%) لصبغة Supra green وبتركيز 50ppm لقطب SS316 بنسب (98.4%) لصبغة Blue2 ،و (87.72%) لصبغة Alura Red ، و(77.22%) لصبغة Supra green .
- **Ahmed Saeed Othman and Ahmed) Mahmood Aqail 2019)(17)** قاموا بإزالة المبيدين (Klizer ,, Goldazim) من المحلول المائي باستخدام طريقة التخثير الكهربائي حيث تم استعمال نوعين من الأقطاب وهي اقطاب الالمنيوم النقي واقطاب SS304وتم دراسة عدد من المتغيرات وهي (تركيز المبيدات حيث تم اخذ أربعة تراكيز هي (25,50,75,100ppm) ، وتركيز الالكتروليت وهو Na_2So_4 ،وتاثير الفولتية وتاثير المسافة بين الأقطاب وكانت افضل نسبة إزالة باستخدام اقطاب من الالمنيوم هي (Goldazim 94.20%
- ,,Klizer 86.45%) اما باستخدام اقطاب SS304 فكانت افضل نسبة إزالة هي (Goldazim 99.10%) و(Klizer 95.37%) .
- **(Shurooq Mahdi AL-Bayyati 2020)(18)**تم استخدام طريقة التخثير الكهربائي في إزالة صبغة (Orange 12)من المحلول المائي باستعمال قطبين من الالمنيوم النقي بخلية تحليل حجمها (500ml) وتم اخذ ثلاثة تراكيز للصبغة هي (50,100,150ppm) وبدرجات حراره مختلفة هي (20,25,30,35C°) وبفولتيات مختلفة هي (10,20,30 volt) والدالة الحامضية (pH=5,7,9)وكانت المساحة السطحية للقطب هي

($24cm^2$)والمسافة بين القطبين هي (1,2cm)وكانت نسبة الازالة هي (99.64%) وكانت الظروف المثلى لعملية الازالة هي التركيز 50ppm ،ودرجة الحرارة هي 35C° ،وبفولتيه 30volt ،و pH=5 ، والمسافة بين القطبين 1cm .

- **Ahmed.S.Othman and Roaa Khaled) Atallah.B.Dakhil ,2021) (19)** تم استخدام طريقة التخثير الكهربائي في إزالة صبغة (Yellow No10) وصبغة (Orange I) من المحلول المائي باستخدام اقطاب من الالمنيوم النقي واقطاب من SS304 وتم اخذ تراكيز مختلفة من الصبغة وهي (50,100,150ppm) وكذلك بفولتيات (5,10,15,20,25 volt) واستخدام NaCl كمحلول الكتر وليتي بتركيز 50ppm وزمن 100min.ان افضل النتائج وافضل إزالة في الصبغتين باستخدام اقطاب الالمنيوم كانت (Yellow No10 95.24%) و(Orange I 91.69 %) بإضافة محلول الكتروليتي.اما اقضل نسبة بدون محلول الكتر وليتي هي (Yellow No10 97.31%) و (Orange I 93.77%).

4- صبغة Amaranth

هي صبغه ذات لون احمر قرمزي أحادية الازو، تعرف أيضا باسم Acid Red 27 او AR27 ، ذات الدليل اللوني C.I Food Red 9 او E123 او C.I.16185 تستخدم صبغة الامارانث كمضافات غذائية ،وفي المشروبات الغازية والمثلجات والأطعمة المعلبة والحلويات [20] ، وتضاف عادة الألوان الطبيعية او الصناعية الى العديد من الأطعمة لتعزيز جاذبيتها والتعويض عن الاختلافات والخسائر التي يمكن ان تحدث بشكل أساسي اثناء المعالجة او التخزين ،وتكون لها قابلية ذوبان عالية في الماء (70 g/L) عند درجة حرارة 25C وقابلية ذوبان قليله في الايثانول (4 g/L) وتنتج على شكل املاح الصوديوم او البوتاسيوم او الكالسيوم ، وصيغتها الكيميائية هي:



sodium (*E*)-3-hydroxy-4-((4-sulfonatonaphthalen-1-yl)diazenyl) naphthalene-2,7-disulfonate

λ max= 524nm, color crimson. pH= 10.31. Molecular weight = 604.47 gm/ mole
Melting point = 120C° Solubility = 70g/L Density =1.5gm/Cm^3 Molecular formula= C_{20} H $_{11}$ N_2 Na_3 O_{10} S_3

5- خلية القياسات

أجريت تجارب عملية التخثير الكهربائي Electrocoagulation باستخدام خلية زجاجية مصنوعة بالابعاد (الطول 10 cm العرض 8cmالارتفاع 6cm) وبسعة (450 ml) . باستخدام أقطاب من الألمنيوم النقي و الستانلس ستيل (SS316) كل واحد منهما بالابعاد (الطول 10cm والعرض 6cm والسمك 0.1cm) . حيث كانت المساحة السطحية المغمورة لكل قطب في الملوث هي (10cm العرض 5cm الارتفاع) وتساوي ($50cm^2$) . وتم ربط هذه الأقطاب بثلاثة ابعاد هي(1cm، 2Cm ، 3 Cm) عن بعضها في الخلية وتوصيلها الى مصدر طاقة رقمي DC power supply (3 (A)) بحيث يتكون الكاثود والآنود من أقطاب منفصلة لنفس القطب . يتم قياس الدالة الحامضية (pH) من المحاليل قبل وبعد عملية التخثير الكهربائي (EC) بواسطة جهاز قياس الدالة الحامضية . لضبط الجهد المستخدم تم اخذ جهود مختلفة (5,10,15,20,25 Volt) .

6- طريقة العمل

1. في كل تجربة وُضعت (450ml) من عينات الاصباغ محضرة بثلاثة تراكيز هي (100 ppm ،150 ،200) في خلية التخثير الكهربائي وبسرعة رج (200 rpm) وبدرجة حرارة المختبر .
2. تم اخذ عينات بحجم (1ml) بشكل دوري وبأزمنة مختلفة حيث تم اخذ هذه العينات كل (10min) . ثم يتم الترشيح لها لإزالة المواد العالقة من الصبغة خلال التحليل الكهربائي باستخدام ورق ترشيح.
3. يتم تحليل العينة باستخدام جهاز طيف الاشعة المرئية وفوق البنفسجية (spectrophotometer) لتحديد التراكيز المتبقية من الصبغه.

4- يتم بعد ذلك إيجاد نسبة الإزالة للملوث من خلال استخدام العلاقة الآتية .

$$R\% = [A_o - A / A_o] \times 100 \quad \ldots(1\text{-}2)$$

حيث ان :- R% هي النسبة المئوية للأزالة .

A , A0هي الامتصاصية قبل وبعد المعالجة بطول موجي معلوم .

2- في نهاية كل تجربة يتم غسل الأقطاب الكهربائية تماما باستخدام الماء المقطر وحامض الهيدروكلوريك المخفف ثم تجفيفها واعادة استخدامها .

النتائج والمناقشة

تم دراسة العوامل المؤثرة على كفاءة إزالة صبغة Amaranth قيد الدراسة بطريقة التخثير الكهربائي (Electrocoagulation) من خلال دراسة بعض المتغيرات التي لها تأثير على هذه الطريقة منها :

اولا:- التركيز الابتدائي للصبغة.

ثانيا :- تأثير (فرق الجهد) الفولتية .

ثالثا: تأثير المسافه بين الأقطاب.

رابعا :- تأثير تركيز الالكتروليت المضاف .

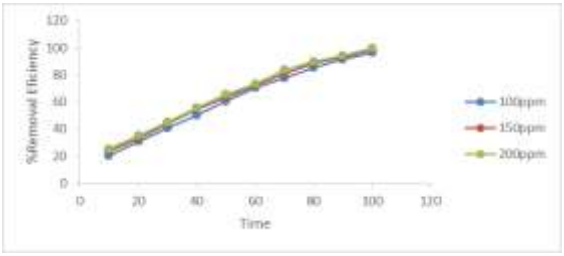
1. قطب الالمنيوم النقي

درست عملية التخثير الكهربائي باستخدام قطبين من(الالمنيوم النقي بالأبعاد (الطول 10 cm العرض 6 cm السمك 0.1 cm) في خلية التحليل الكهربائي ذات الأبعاد (الطول 10 cm العرض 8 cm الارتفاع 6 cm).

1-1- التركيز الابتدائي للصبغة :

لمعرفة التركيز المتبقي للصبغة في الأزمنة المختلفة تم رسم منحني المعايرة بتحضير تراكيز مختلفة من الصبغة وقيس الامتصاص الأعظم عند الطول الموجي (524nm) .

استخدمت ثلاثة تراكيز للصبغة وهي(150,100ppm, 200) وقيس الامتصاص للتركيز المتبقي مع الزمن وحسبت منة النسبة المئوية للإزالة باستخدام المعادلة (1) .



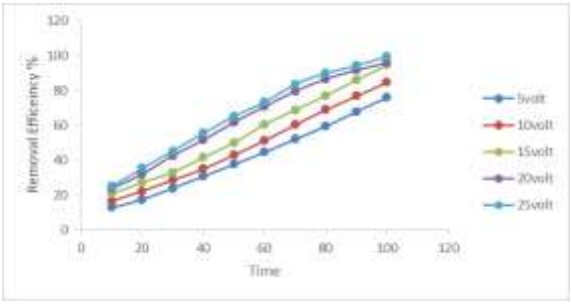
الشكل 1: قيم الامتصاص والنسبة المئوية للإزالة لصبغة Amaranthبفولتية ثابتة (25volt) وبتراكيز مختلفة باستخدام قطبين من الالمنيوم النقي وبمسافه (1Cm). وبدرجة حرارة المختبر

نلاحظ من الشكل أعلاه ان زيادة تركيز الصبغة يسبب زيادة في نسبة الإزالة. وذلك بزيادة التركيز الابتدائي للصبغة يؤدي الى زيادة التفاعلات الحادثة بما في ذلك اكسدة الصبغة وتزداد كمية الصبغة المزالة . (21)

2-1 تأثير الفولتية

لدراسة تأثير الفولتية على كفاءة الإزالة لصبغة Amaranth استخدمت جهود مختلفة

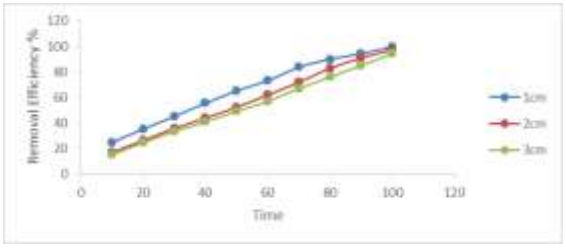
(5,10,15,20,25volt)



الشكل 2: قيم الامتصاص والنسبة المئوية للإزالة لصبغة Amaranth بتركيز ثابت (200ppm) وبجهود مختلفة وبمسافه (1 Cm) باستخدام قطبين من (الالمنيوم النقي) وبدرجة حرارة المختبر

نلاحظ في الشكال أعلاه إنه كلما تزداد الفولتية يزداد التيار وبالتالي يقل الزمن اللازم لعملية التخثير الكهربائي لتحقيق إزالة معينة . ويعزى الى زيادة تركيز الأيونات المتحررة من الأقطاب الكهربائية والذي يتناسب تناسبا طرديا مع كمية التيار وبالتالي يتكون هيدروكسيد المعدن الذي يعتبر هو المسؤول الرئيسي عن الإزالة من خلال تذبذب الملوث المتبقي مع زيادة التيار (22).

3- 1-تأثير المسافة بين الأقطاب.



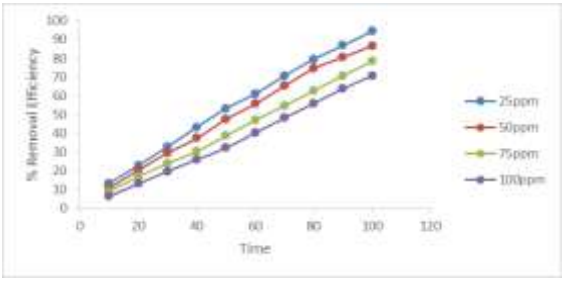
الشكل (3) قيم الامتصاص والنسبة المئوية للإزالة لصبغة Amaranth بتركيز ثابت(200ppm) وبجهد ثابت (Volt25) وبمسافات مختلفه باستخدام قطبين من (الالمنيوم النقي) وبدرجة حرارة المختبر

عموما تنخفض مقاومة المحلول مع انخفاض المسافة بين الاقطاب الكهربائية بسبب انخفاض التشتيت الكهربائي ، يجب تقليل المسافة بين الاقطاب الكهربائية لتقليل استهلاك الطاقة .

تتباين النسبة المئوية للازالة مع المسافة بين الأقطاب الكهربائية ومن المعروف أنه اثناء عملية التخثير الكهربائي (Electrocoagulation) تتكون هيدروكسيدات الفلز على الأنود مما يولد مقاومه إضافية تزداد حتى مع زيادة المسافة بين الأقطاب(23).

4-1-تأثير الإلكتروليت :

يعتبر إضافة المحلول الإلكتروليتي من العوامل المؤثرة على كفاءة الإزالة لصبغة Amaranth حيث تم استخدام ملح (Na_2So_4) كمحلول إلكتروليتي بتراكيز مختلفة وهي (25,50,75,100 ppm) مع تركيز ثابت من الصبغه (150ppm).



الشكل 4: قيم الامتصاص والنسبة المئوية للإزالة لصبغة Amaranth بفولتية ثابتة (25volt) وبتركيز ثابت (150 ppm)عند إضافة محلول إلكتروليتي بتراكيز مختلفة (25,50,75,100 ppm) لقطبين من الالمنيوم وبمسافة (1cm) وبدرجة حرارة المختبر

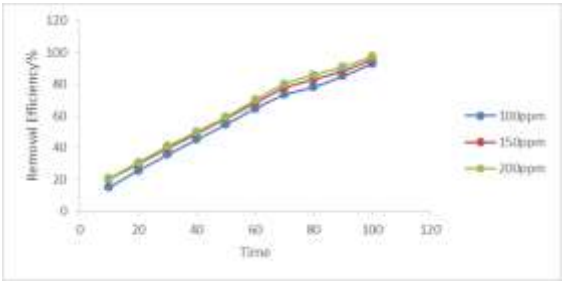
نلاحظ في الشكل اعلاه إنه عند إضافة محلول إلكتروليتي فإنه تكون كفاءة الإزالة أفضل كما انه تقل نسبة الازالة للصبغة في ظروف ثابتة بتراكيز ثابتة من الصبغة مع تراكيز مختلفة من الالكتروليت عند جهد ثابت ومسافة ثابتة عند إضافة المحلول الالكتروليتي(241)

1-5 قطب الستانلس ستيل Stainless steel(SS316)l درست عملية التخثير الكهربائي باستخدام قطبين من (SS316) بالأبعاد (الطول 10 cm العرض 6 cm السمك 0.1 cm) في خلية التحليل الكهربائي ذات الأبعاد (الطول 10 cm العرض 8 cm الارتفاع 6 cm).

1. تأثير التركيز

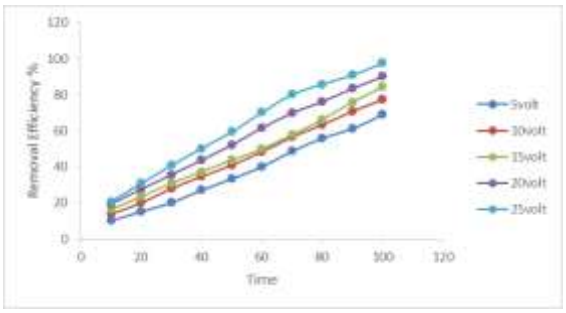
لمعرفة التركيز المتبقي للصبغه في الأزمنة المختلفة تم رسم منحني المعايرة بتحضير تراكيز مختلفة من الصبغه وقيس الامتصاص الأعظم عند الطول الموجي (524nm) .

استخدمت ثلاثة تراكيز للصبغه وهي(150,100ppm, 200) وقيس الامتصاص للتركيز المتبقي مع الزمن وحسبت منة النسبة المئوية للإزالة باستخدام المعادلة (1).



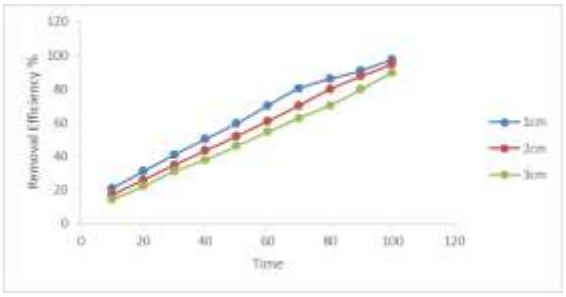
الشكل 5: قيم الامتصاص والنسبة المئوية للإزالة لصبغة Amaranthبفولتية ثابتة (25volt) وبتراكيز مختلفة باستخدام قطبين من (SS316) وبمسافه (1Cm). وبدرجة حرارة المختبر

2- تأثير الفولتية : لدراسة تأثير الفولتية على كفاءة الإزالة لصبغة Amaranth استخدمت جهود مختلفة (5,10,15,20,25volt)



الشكل (6) قيم الامتصاص والنسبة المئوية للإزاله لصبغة Amaranth بتركيز ثابت(200ppm) وبجهود مختلفة وبمسافه (1 Cm) باستخدام قطبين من(SS316) وبدرجة حرارة المختبر.

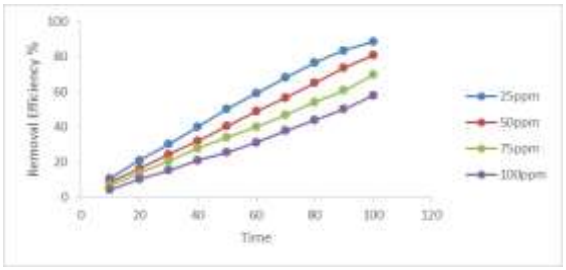
3- تأثير المسافة بين الأقطاب.



الشكل 7: قيم الامتصاص والنسبة المئوية للإزاله لصبغةAmaranth بتركيز ثابت(200ppm) وبجهد ثابت (Volt25) وبمسافات مختلفه باستخدام قطبين من(SS316) وبدرجة حرارة المختبر.

تأثير الإلكتروليت :

يعتبر إضافة المحلول الإلكتروليتي من العوامل المؤثرة على كفاءة الإزاله لصبغة Amaranth حيث تم استخدام ملح (Na_2So_4) كمحلول إلكتروليتي بتراكيز مختلفة وهي (25,50,75,100 ppm) مع تركيز ثابت من الصبغه (150ppm).



الشكل 8: قيم الامتصاص والنسبة المئوية للإزالة لصبغة Amaranth بفولتية ثابتة (25volt) وبتركيز ثابت (150 ppm)عند إضافة محلول إلكتروليتي بتراكيز مختلفة (25,50,75,100 ppm) لقطبين من (SS316) وبمسافة (1cm) وبدرجة حرارة المختبر

ان افضل النتائج لصبغة Amaranth تحققت مع اقطاب الالمنيوم النقي إذ كانت الظروف المثلى للحصول على هذه النسبةهي (التركيز 200 PPm، الفولتية 25 volt، المسافة 1cm، الزمن 100 min) بدون الكتروليت ،(التركيز 25 PPm ، الفولتية 25 volt، المسافة 1cm، الزمن 100 min) عند إضافة المحلول الالكتروليتي كما في الجدول (1)

الجدول 1: اعلى نسبة إزالة لصبغة Amaranth باستخدام قطب الالمنيوم النقي وقطب الستانلس ستيل SS316 عند إضافة المحلول الالكتروليتي وبدون إضافة المحلول الالكتروليتي .

NO	اسم القطب	نسبة الإزالة بإضافة المحلول الالكتروليتي	نسبة الازالة بدون إضافة المحلول الالكتروليتي
1	الالمنيوم النقي	94.47%	99.72%
2	ستانلس ستيل SS316	88.68%	97.61%

ميكانيكيـــة التخثيـــر الكهربـــائي Mechanism Of Electrocoagulation

تعتمد التقنية على تكوين المخثرات من تحلل القطب الموجب عند مرور التيار الكهربائي إذ يتحرر أيون المعدن ويتكون الهيدروكسيد ونواتج التحلل الاخرى لأيون المعدن .

في قطب الحديد المقاوم للصدأ (SS316) توجد هناك ميكانيكيتان هما (25)(26) :-

أولاً- الميكانيكية الأولى :-

Mechanism1 :

Anode $4Fe_{(s)} \rightarrow 4Fe^{+2}_{(aq)} + 8e^-$ … (1)

$4Fe^{+2}_{(aq)} + 10H_2O_{(l)} + O_{2(g)} \rightarrow 4Fe(OH)_{3(s)} + 8H^+_{(aq)}$ … (2)

Cathode $8H^+_{(aq)} + 8e^- \rightarrow 4H_{2(g)}$ …(3)

Overall $4Fe_{(s)} + 10\ H2O_{(l)} + O_{2(g)} \rightarrow 4Fe(OH)_{3(s)} + 4H_{2(g)}$ … (4)

Mechanism2 :

Anode: $Fe_{(s)} \rightarrow Fe^{+2}_{(aq)} + 2e^-$ … (5)

$Fe^{+2}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)} \rightarrow Fe(OH)_{2(s)}$ … (6)

Cathode: $2H_2O_{(l)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)} + 2OH^-_{(aq)}$ … (7)

Overall: $Fe_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow Fe(OH)_{2(s)} + H_{2(g)}$ … (8)

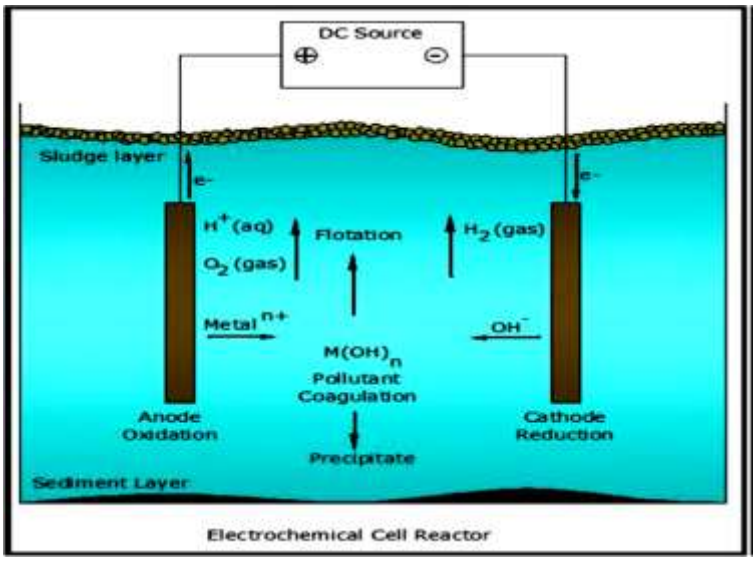
ثانياً :- في قطب الألمنيوم تكون الميكانيكية بالشكل الآتي :-

Anode: $Al(s) \rightarrow Al^{3+}_{(aq)} + 3e^-$ …. (9)

Cathode: $3H_2O_{(l)} + 3e^- \rightarrow 3/2\ H_2 + 3OH^-$ ….(10)`

Overall: $Al_{(s)} + 3H_2O_{(l)} \rightarrow Al(OH)_{3(s)} + 3H^+$ … (11)

وفضلاً عن ذلك ونتيجة للتحلل المائي يكون القطب الموجب اقرب الى الحامضي عكس القطب السالب الذي يكون اقرب الى القاعدي نتيجة لانبعاث غاز الهيدروجين كما في المعادلة رقم (7).



الشكل 3-47: يوضح التفاعلات الكهروكيميائية لقطبين في خلية التخثير الكهربائي(27).

المصادر

1- A.Anglada etal .Contributions of Electrochemical oxidation to wastewater treatments fundamentals and review of applications J.Chem Technol . Biotechnol. 84,1747-1753, (2009).

2- S.I.Chaturvedi "Electrocoagulation ; A.Novel wastewater treatment Method International Journal of Modern Engineering Research (IJMER) 3,93-100 (2013).

3- M.Y.A.Mollah R.Schennach J.R.Parga and D.L.Cocke Electrocoagulation (EC) Science applications . J. Hazard Mater 84, 29-41 (2001).

4-Tabash T.M.S. "Nitrite Removal from ground water using continuous flow Electrocoagulation reactor" M. Sc. thesis; The Islamic University of Gaza. (2013)

5-A-Dura C.B. Breslin ."Electrocoagulation Using Stainless steel anodes , Simultaneous removal of phosphates, Orange II &Zinc ions." J.Hazard Mater 374,152-158.(2019).

6-Zaroual.z, Azzi .M., Saib .N., Chainet .f." Contribution to the Study of Electrocoagulation mechanism in basic textile effluent ." J-Hazard mater , B. 73-131,(2006).

7- H-liu,x.zhao, and J.Qu.J,"Electrocoagulation in water treatment" In: C.Comninellis and G.Chen eds Electrochemistry for the Environment", New York springer science Business Media, 245-262 (2010)

8- Cengiz Yatmaz , Yasin Uzman " Degradation of Pesticide monochrotophose from Aqeous solution by Electrocoagulation Method"

Gebze institute to technology, Environmental. Engineering department Gebze 41400 Kocaeli , Turkey. (2009)
9-Yahya Esfandyri, Keivan Saeb & farid Gholamreza fahimi ." Effective removal of Cefazolin from hospital wastewater by the Electrocoagulation process." Journal water science & technology .(2020)
10- H.ghali Attia, "Decolorization of direct Blue dye by electrocoagulation process ",j.Eng.Dev.17-1(2013).
11- M.M.and F.Ghanbari , M.Moradi Emamjomeh "Electrocoagulation /Flotation of textile wastewater with simultaneous application of aluminium and iron as anode ",Environ process .447-457 (2014).
12.Belayachi-Haddad,N.Benderdouche, B.L.Duclaux, "synthetic textile .Bestani,wastewater treatment: Removal of Nylosan (N-2RBL) dye by electrocoagulation " Desalin. Water 78-86 (2017).
13-.Getaye,S.Hagos ,Y.Alemu,Z.Tamene "Removal ofmalachite green from contaminated water using electrocoagulation " technique 4-184 (2017)
14-Nandi B.K.,Sunil P," Effects of operational parametres on the removal of Birlliant green dye from aqueous solutions by electrocoagulation " Arabian J.of Chem V10 PP2961-2968 (2017).
15- Duan X.Wu p.,Pik.,Zhang H.,Liu D. "Application of modified electrocoagulation for efficient color removal from synthetic methylene blue wastewater " Int.J.Electro,Sci V.13,PP,5575-5588 (2018) .
16- Ahmed Saeed Othman and Ahmed Aljebory " Removing of some Medical Pigment of Waste Water by Electrocoagulation".M.S.C University of Tikrit Department of Chemistry. (2019).
17-Ahmed Saeed Othman and Ahmed Mahmood Aqail ."Removing Some Chemical Pesticides From Wastewater by Electrocoagulation Method "Tikrit University(2019).
18- Shurooq Mahdi AL-Bayati, Attalh B. Dekhyl,,Waleed.M. Sheet Alabdraba using and styding the Efficiency of Electrochemical coagulation in Removing Acid Orange 12 Dye from wastewater,,MSC.thesis university of Tikrit (2020).
19-Ahmed .S. Othman and Roaa Khaled ,, Atallah.B.Dakhil."Study Of The Factors affecting the Electrocoagulation Efficiency Of dyes(Yellow No10,,OrangeI) From their aqueous Solution"MSC thesis University Of Tikrit (2021).
20- EFSA panel on food additives and Nutrient Sources Added to Food (ANS) ,Scientific opinion on the re-evalution of Amaranth as afood additive EFSA journal 8(7),1679.(2010).
21- Abu-Ghalwa and Nader Farahat" Electrocoagulation of some pesticides in aqueous solution using different electrodes". Chemistry Department, College of Sciences, Al-Azhar University Gaza, Palestine.(2015)
22- Mohan N. Bala Subramanion N.Basha C.A" Electrochemical Oxidation of textile waste water and tts reuse". J.Hazard Mater Vol 147. PP-644-651, (2007).
23-Nader Farahat; Dr. Nasser M. Abu Ghalwa." Electrocoagulation of some pesticides in aqueous solutions using different electrodes" Al-Azhar university- Gaza (2015).
24- Mala Kootian M. and Yousefi N "The efficiency of Electrocoagulation process using aluminum electrods in removal of hardness from water" Iran. J. Environ Health Sci Eng vol.6 . No, Pp 131-136. (2009)
25- A-Gurses M. Yalein and C. Dogan. "lectrocoagulation of some reactive dyes astatistical investigation of some electrochemical vanlabies" waste manage 22,491-499 (2002).
26- Nouri J. Mahri M; and Bazarafishan "Application of Electrocoagulation process in Removal of Zinc and copper from aqueous solution by Aluminum Electrodes" international Journal of Enviriron Metal Research Vol-4- No 201-208.(2010).
27- M.Y.A, Mollah , P. Morkovesky , J.A.G ,Gomes , M. Kesmez, J.Parga and D. L. Cocke " Fundamentals, Present and future perspectives of electrocoagulation , J . Hazard. Meter. B 114, 199-210 (2004).