

استخدام تقنية التخثير الكهربائي في إزالة المتطلب الكيميائي للاوكسجين (COD) من مطروحات مياه الفضلات

أ.م/ مصعب عبد الجبار عبد الباقي¹
1قسم البيئة، كلية الهندسة، جامعة الموصل، العراق
ذرى عزام عبد الحمداي²
2القسم المدني- البيئة، كلية الهندسة، جامعة الموصل، العراق
musabaltamir@yahoo.com
lhamdany.thura95@yahoo.com

الملخص العربي:

تم في هذا البحث دراسة تأثير استخدام تقنية التخثير الكهربائي في إزالة المادة العضوية (COD) من مياه الفضلات، إذ تم تصميم وتشغيل نظام تخثير كهربائي مختبري ذي جريان مستمر يتكون من حوض تخثير كهربائي بحجم ثابت (2) لتر وحوض تليد وحوض ترسيب بأحجام مختلفة تتغير مع تغير التصريف الناتج من تغير زمن التخثير الكهربائي، واستخدمت مادة الألمنيوم لكلا القطبين. أما متغيرات البحث فشملت التركيز الابتدائي للشائبة وزمن التخثير كهربائي والتيار المستمر الذي يمر خلال الأقطاب الكهربائية، إذ تم تحضير نماذج مصنعة مختبرياً من مياه الفضلات بتركيز من COD (125، 250، 500، 1000) ملغم/لتر، وإخضاعها لمستويات من التيار (0.25، 0.5، 1، 4.2) أمبير، وزمن تخثير (1.5، 5، 10، 20) دقيقة. أظهرت النتائج زيادة كفاءة إزالة ال COD مع زيادة التيار من (0.25 إلى 2) أمبير، ومع زيادة زمن التخثير للمستويات الابتدائية كافة، وابتدت التراكيز المنخفضة استجابة أكثر من التراكيز العالية في عملية الإزالة. أعلى كفاءة إزالة تم الحصول عليها لتركيز ابتدائية (125، 250، 500، 1000) ملغم/لتر كانت (99، 93، 91، 72)% على التوالي، إذ تحققت هذه النسب عند تيار (2) أمبير وزمن تخثير (20) دقيقة، ووجد من النتائج أن هذه التقنية غير كفوءة عند التيارات العالية (4) أمبير.

الكلمات الدالة: التخثير الكهربائي- إزالة COD- أقطاب الألمنيوم- معالجة مياه الفضلات

المقدمة:

وللتقليل من هذه المواد ومن جرعة المخثر الفعال المضافة وجعلها بالكمية الفعالة قدر الامكان استحدثت تقنية التخثير الكهربائي لتوفر فضلاً عن ذلك كفاءة الأداء العالية، وسهولة التشغيل، وكلفة المعالجة لإزالة شوائب كثيرة [1، 2].

أول استفادة من تقنية التحليل الكهربائي للمعدن ظهرت مع التعرف على التيار الكهربائي لكن كان استخدامها محدداً في طلاء المعادن، وفي سنة 1889 ظهرت أول محطة معالجة تستخدم التحليل الكهربائي في معالجة مياه الفضلات في لندن ولم يتم الاعتراف بالطريقة كطريقة معتمدة في معالجة مياه الفضلات إلا في سنة 1909، لكن بقي استخدامها على نطاق ضيق حتى عقد التسعينيات من القرن الماضي إذ تطورت منذ ذلك الوقت وانتشرت على نحو متزايد في أمريكا

مع زيادة الطلب على الماء بسبب زيادة الكثافة السكانية والتطور في مرافق المجتمع المختلفة والاستخدامات المدنية والصناعية الكثيرة للماء تزداد الحاجة إلى معالجة مياه الفضلات للتقليل من تراكيز الملوثات الموجودة فيها لكبح تأثيراتها على مصادر الماء الخام أو لإعادة استخدامها مرة أخرى، إذ أبتكرت طرائق كثيرة لمعالجة مياه الفضلات المنزلية والصناعية والتي تتضمن عمليات بيولوجية وفيزيائية وكيميائية مجتمعة أو منفردة تتراوح بين التعقيد والتبسيط.

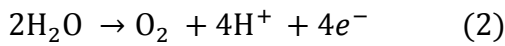
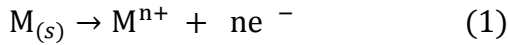
ومن أهم طرائق معالجة المياه ومياه الفضلات عملية التخثير بإضافة مواد كيميائية لإزالة كثير من الشوائب الموجودة في مياه الفضلات، ومن المعلوم أن إضافة هذه المواد يضيف شوائب أخرى جديدة إلى الماء المعالج،

نظرية التخثير الكهربائي:

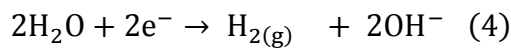
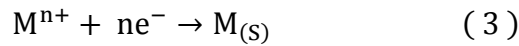
تتلخص عملية التخثير الكهربائي على تطبيق مصدر تيار كهربائي مستمر بين الأقطاب المعدنية المغمورة في مياه الفضلات، التي غالباً تكون عبارة عن ألواح أو قضبان من الألمنيوم أو الحديد، فعند القطب الموجب يسبب التيار الكهربائي المار حدوث عملية أكسدة (انحلال الأقطاب المعدنية الموجبة) الذي يؤدي إلى انبعاث الأيون المعدني الموجب، أما عند القطب السالب فتحدث عملية اختزال، والذي ينتج عنها انبعاث غاز الهيدروجين وأيون الهيدروكسيد يعقب ذلك اتحاد الأيون المعدني الموجب مع أيون الهيدروكسيد لتشكيل المخثر (هيدروكسيد المعدن). يمكن تلخيص التفاعلات التالية خلال

عملية التحليل الكهربائي:

عند القطب الموجب



عند القطب السالب

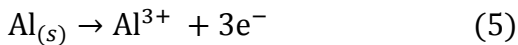


أيونات M و OH^{-} المتولدة (معادلة 1 و 4)

تتفاعل لتشكيل أنواع مختلفة من (monomeric) و (polymeric) التي تتحول بالنهاية الى $M(OH)^3$ وفقاً لحركيات الترسيب المعقدة [9,8].

في حالة استخدام أقطاب كهربائية من الألمنيوم وخلال مرور التيار الكهربائي تحدث تفاعلات رئيسة تتحرر خلالها أيونات الألمنيوم (Al^{3+}) وأيونات الهيدروكسيد (OH^{-}) (معادلة 4) و (5) [10]:

عند القطب الموجب

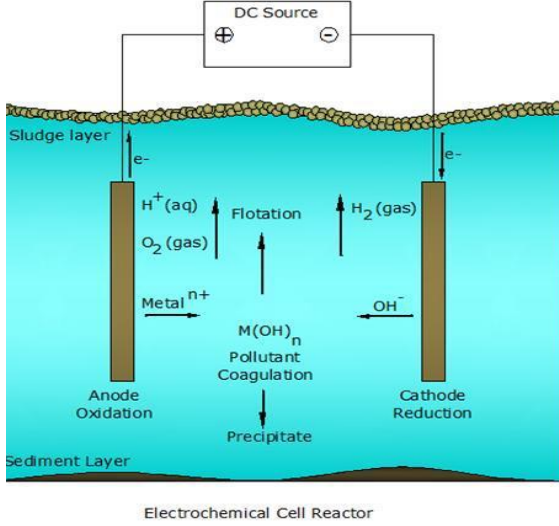


الجنوبية وأوروبا وأمريكا الشمالية في معالجة مياه الفضلات المدنية وكثير من الصناعات لإزالة كثير من الشوائب الموجودة من مياه الفضلات، إلا أن المتغيرات التشغيلية والأساليب المتبعة في المعالجة بهذه الطريقة لاتزال قيد البحث والدراسة حتى الوقت الحاضر [3, 4, 5].

وتعتبر آلية التخثير الكهربائي من التقنيات الكهروكيميائية التي تتضمن ربط الأقطاب الكهربية الموجبة والسالبة المغمورة في مياه الفضلات بمصدر تيار كهربائي مستمر الذي يعتبر المسؤول عن انحلال القطب الموجب للمعدن ليطلق أيون المعدن (المخثر) موقِعياً عن هذا القطب الموجب المصنوع عادة من مادة الألمنيوم أو الحديد، وفي الوقت نفسه تتحرر أيونات الهيدروكسيد وغاز الهيدروجين عند القطب السالب، وبالتالي تشارك في تكون هيدروكسيد المعدن وغيرها من نواتج التحلل المسؤولة عن عملية التخثير مع أيون المعدن في حين يبرز دور غاز الهيدروجين في إضافة ميكانيكية التعويم للبدات المتكونة في حوض التخثير بهذه الطريقة [6,7].

ومن أهم الشوائب الموجودة في مياه الفضلات الحمل العضوي متمثلاً بالمتطلب الكيميائي للأوكسجين (COD) المسؤول الأول عن استنزاف الأوكسجين من المسطحات المائية، وبالتالي التأثير على الحياة المائية وقيمة المصدر المائي الجمالية والوظيفية من هنا ظهرت الحاجة إلى دراسة تأثير تقنية التخثير الكهربائي على إزالة هذا النوع من الشوائب من مياه الفضلات من خلال أنموذج مختبري ذو جريان مستمر متضمناً فضلاً عن عملية التخثير الكهربائي عمليتي التليد والترسيب وهو ما يمثل هوة في الدراسات السابقة .

الغازين ينتجان من تحلل الماء كهربائياً بالقرب من كلا اللوحين [8، 10].
يوضح الشكل (1) مفاعل خلية التخثير الكهربائي مع التفاعلات الحاصلة داخله.



شكل (1): يوضح التفاعلات التي تتم خلال عملية التخثير الكهربائي [12]

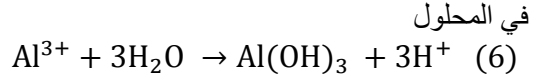
أهداف البحث:

- 1) تقييم تأثير تغير زمن التخثير الكهربائي على كفاءة إزالة المتطلب الكيميائي للأوكسجين (COD).
- 2) تقييم تأثير تغير شدة التيار الكهربائي على كفاءة إزالة المتطلب الكيميائي للأوكسجين (COD).
- 3) تقييم تأثير تغير مستوى التركيز الابتدائي للمتطلب الكيميائي للأوكسجين (COD) على كفاءة الإزالة.

الشواهد والمتغيرات:

نظراً لكثرة العوامل وتداخلها أثناء عملية التخثير الكهربائي التي تؤثر بالتالي على عملية إزالة الملوثات المتناولة بالبحث فقد تم تثبيت المتغيرات الآتية:

فضلاً عن حدوث تفاعلات ثانوية عند القطب الموجب أهمها انبعاث غاز الأوكسجين (معادلة (2))



أيونات الألمنيوم المتولدة سوف تمر برود أفعال تلقائية أخرى لانتاج العديد من أنواع (monomeric) مثل $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ أو أنواع $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ و $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ (polymeric) مثل $\text{Al}_2(\text{OH})_{14}^{4+}$ ، $\text{Al}_6(\text{OH})_{15}^{3+}$ ، $\text{Al}_7(\text{OH})_{17}^{4+}$ ، $\text{Al}_{13}\text{O}_4(\text{OH})_{24}^{7+}$ ، $\text{Al}_8(\text{OH})_{20}^{4+}$ ، $\text{Al}_{13}(\text{OH})_{34}^{5+}$ ، معدل تشكيل هذه الأنواع المختلفة يعتمد على pH للوسط المائي وأنواع الأيونات الموجودة عند قيم pH تتراوح بين (5-6)

منتجان التميئ السائدة $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ و $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ وعند pH تتراوح بين (5.2 - 8.8) يتكون $\text{Al}(\text{OH})_3$ الصلب المسؤول عن تكون اللبادات خلال عملية التخثير الكهربائي وفوق pH تساوي (9) يتشكل $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ القابل للذوبان الذي لا يؤثر على إزالة الملوثات [8، 9، 11].

هيدروكسيد المعدن $\text{Al}(\text{OH})_3$ المتكون خلال عملية التخثير الكهربائي يملك مساحة سطحية كبيرة أو بمعنى آخر له خصائص امتزاز عالية، إذ يعمل على امتزاز المركبات العضوية الذائبة وأنواع مختلفة من الشوائب إضافة إلى أن له القدرة على زعزعة الغرويات الموجودة في المياه ومياه الفضلات مكونة أخيراً اللبادات، هذه اللبادات تزال بسهولة من المحلول المعالج عن طريق الترسيب الذي يعتبر الخيار الشائع في عملية التخثير الكهربائي إضافة إلى إزالتها بالتعويم إلى سطح المحلول من قبل غازي الهيدروجين المتحرر عند القطب السالب والأوكسجين المتحرر عند القطب الموجب (معادلة (2) و(4))، علماً أن

وتم تقييم كفاءة الإزالة من خلال استخدام المعادلة الآتية:

كفاءة الإزالة = (التركيز الابتدائي للشائبة - تركيز الشائبة بعد المعالجة / التركيز الابتدائي للشائبة) × 100.

مياه التغذية المصنعة مختبرياً:

لإمكانية السيطرة على خصائص المياه الخام الداخلة إلى المنظومة تم تهيئة مياه فضلات مصنعة مختبرياً للحصول على التراكيز الابتدائية من الشوائب قيد الدراسة وفي هذا السياق

تم تبني استخدام مسحوق الحليب الجاف كمصدر فضلات للمادة العضوية الداخلة للمنظومة [7]، [14].

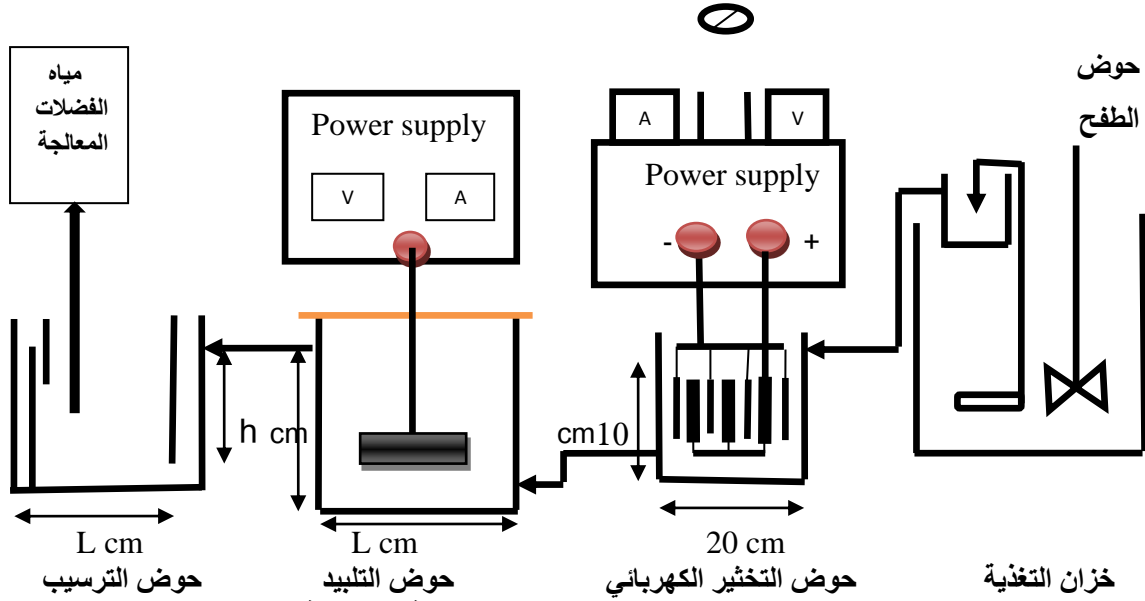
تفاصيل النموذج المختبري:

تم تصميم أربع منظومات تتضمن كل منها حوض التخثير الكهربائي بحجم ثابت (2) لتر وحوض التليد وحوض الترسيب التي تكون بأبعاد مختلفة مصممة وفقاً لزمان التخثير الكهربائي، ولأجل مقارنة عمل الأحواض الاختبارية لواقع الحال فقد تم خلال البحث اعتماد أسلوب الجريان المستمر في تشغيل المفاعلات الاختبارية، وللسيطرة على تصريف مياه الفضلات الداخلة إلى هذه الأحواض تم الحفاظ على شحنة ثابتة لمياه الفضلات ضمن حوض التجهيز الرئيس ويوضح الشكل (2) المخطط الانسيابي للمحطة المختبرية.

تثبيت درجة حرارة مياه الفضلات الداخلة لحوض التخثير الكهربائي بمقدار (20) درجة مئوية، نوع النظام المستخدم هو الجريان المستمر (Continuous reactor)، حوض التخثير الكهربائي ذي سعة (2) لتر وبأبعاد (20 × 10 × 10) سم، سبعة أقطاب كهربائية تتكون من صفائح من الألمنيوم بنقاوة (98%) تقريباً (أربعة أقطاب كهربائية للقطب السالب وثلاثة أقطاب كهربائية للقطب الموجب)، المساحة الفعالة للأقطاب الموجبة مقدارها (816) سم² بأبعاد (17 × 8) سم، وبذلك تكون نسبة المساحة السطحية للأقطاب إلى الحجم (40.8) م³/م² وهي تقع ضمن الحدود (6.9 - 43) م³/م² والتي أشار إليها [13]، تثبيت المسافة بين الأقطاب الكهربائية بمقدار (1) سم، [2، 8] اعتماد أسلوب الربط الكهربائي على التوازي للأقطاب الكهربائية في حوض التخثير، تم اعتماد قيمة الأس الهيدروجيني ضمن الحدود الطبيعية للفضلات المصنعة بعد إضافة المواد لتصنيع الفضلات بحدود (7.5 - 7.8).

أما بالنسبة للمتغيرات التي تم دراسة تأثيرها خلال البحث هي:

استخدام أربعة أزمنة للتخثير الكهربائي (1.5، 5، 10، 20) دقيقة، استخدام خمس قيم للتيار الكهربائي في عملية التخثير الكهربائي (0.25، 0.5، 1، 2، 4) أمبير بكثافة تيار (3.06، 6.13، 12.25، 24.51، 49.02) أمبير/م²، استخدام أربع مستويات من تركيز الشائبة الابتدائية للمتطلب الكيميائي للأوكسجين مقدارها (125، 250، 500، 1000) ملغم التر.



شكل (2): يوضح المخطط الانسيابي للمنظومة المختبرية.

الحمل السطحي (SOR = 30 م³ أم² يوم) طبقاً للمعايير التصميمية (30-50) م³ أم² يوم [15]، كما تم حساب رقم رنولد ($Re < 20000$) [17] ورقم فرودب ($Fr > 10^{-5}$) [17]. ويوضح جدول (1) وجدول (2) أبعاد أحواض التليد والترسيب لأزمنة التخثير الكهربائي المعتمدة على الترتيب.

تم تصميم حوض التليد اعتماداً على زمن تليد (30) دقيقة والذي يقع ضمن المدى (30-60) دقيقة [15] وتدرج سرعي ($G = 50$ ثا⁻¹) الذي يقع ضمن المدى (50-100) ثا⁻¹ [15] أو ضمن المدى (25-65) ثا⁻¹ [16] ثابتين، وأما حوض الترسيب فتم تصميمه اعتماداً على معدل جدول (1): يوضح أبعاد وتفاصيل أحواض التليد.

أبعاد المازجة (cm)	عدد الدورات N (rpm)	Power P (W)	الإرتفاع h (cm)	العرض w (cm)	الطول L (cm)	زمن التليد t (min)	التصريف Q (cm ³ /s)	زمن التخثير الكهربائي (min)
3×18	32	0.1074	35	35	35	32	22.222	1.5
2×12	42	0.0305	23	23	23	30	6.667	5
1.7×10	47	0.0172	19	19	19	34	3.333	10
1.3×8	54	0.0085	15	15	15	34	1.667	20

جدول (٢): يوضح أبعاد وتفاصيل أحواض الترسيب.

رقم فرويد Fr	رقم رينولد Re	الارتفاع h (cm)	العرض w (cm)	الطول L (cm)	زمن الترسيب (min)	التصريف Q (cm ³ /s)	زمن التخثير الكهربائي (min)
3.78×10^{-4}	34.291	25	15	45	13	22.222	1.5
5.08×10^{-4}	18.449	14	8	24	7	6.667	5
5.61×10^{-4}	12.749	10	6	18	0	3.333	10
7.18×10^{-4}	9.254	7	4	12	3	1.667	20

المراحل التشغيلية للمفاعلات الاختبارية:

الترسيب + زمن استقرار المعالجة) يتم أخذ النماذج المعالجة لقياس ال(COD)، وبعد كل تجربة يتم إزالة الترسبات عن سطوح الأقطاب بوضع الأقطاب في محلول حامض الهيدروكلوريك (HCL) المخفف بنسبة حجمية (5%) لمدة لا تقل عن (15) دقيقة ثم تغسل بالماء قبل البدء بالتجربة التالية [18].

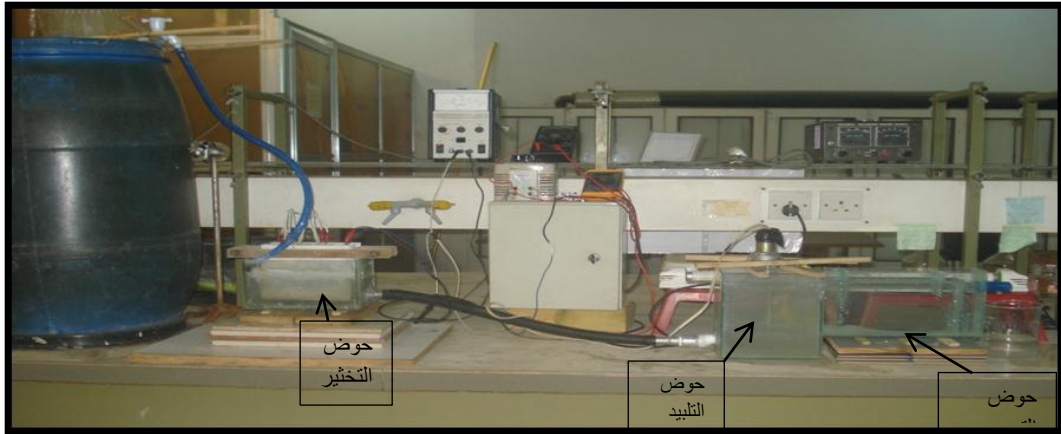
(5) تعاد الخطوات على قيمة أخرى للتيار الكهربائي وهكذا في بقية التجارب.
(6) عند الانتهاء من جميع قيم التيار المثبتة لمستوى التركيز المعينة من (COD) يتم تغيير مستوى التراكيز إلى مستوى آخر وتعاد الخطوات ذاتها.
تم إعادة كل فحص ثلاث مرات وأخذ المعدل.

(1) يتم ضبط التصريف عند كل زمن تخثير كهربائي، كما يتم ضبط عدد دورات المزج في حوض التلييد و درجة الحرارة عند (20) م. بعد ذلك يتم إتباع الخطوات الآتية عند كل تجربة:

(2) يتم إضافة مسحوق الحليب الى حوض التغذية للوصول إلى المتطلب الكيميائي المطلوب مع المحافظة على عملية المزج داخل هذا الحوض طيلة مدة التجربة لمنع الترسب داخل الحوض.

(3) تربط صفائح الألمنيوم على التوازي إلى جهاز (DC Power Supply) (A10، 100 V) كما هو موضح بالشكل (2) ضمن حوض التخثير الكهربائي ويتم امرار التيار الكهربائي وحسب القيم المثبتة وتؤخذ قيم الفولتية من الجهاز عند كل تيار.

(4) بعد انتهاء زمن المعالجة الذي يشمل (زمن التخثير الكهربائي + زمن التلييد + زمن

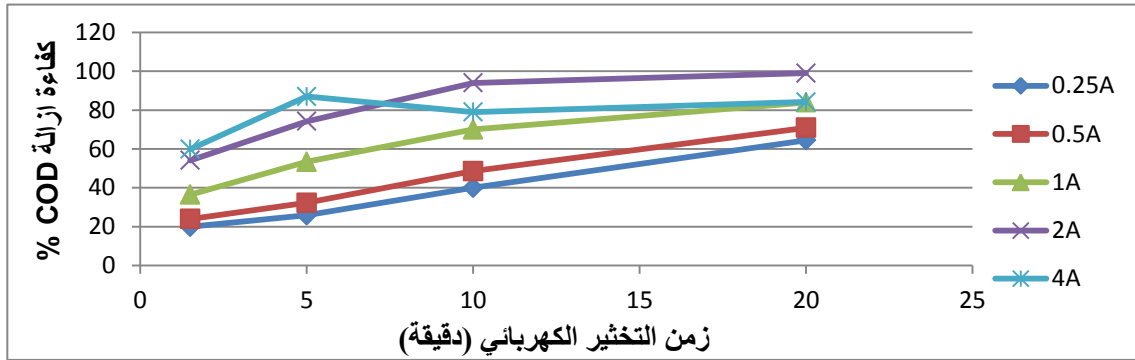


شكل (3): صورة توضح احدى منضومات العمل

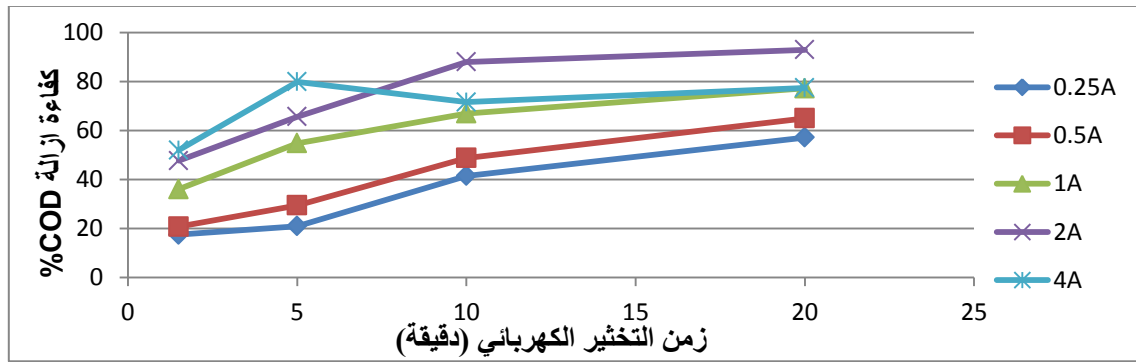
النتائج والمناقشة:

على كفاءة إزالة (COD) لمستويات تراكيز (COD) الابتدائية المشمولة بالدراسة (125، 250، 500، 1000) ملغم/لتر على التوالي.

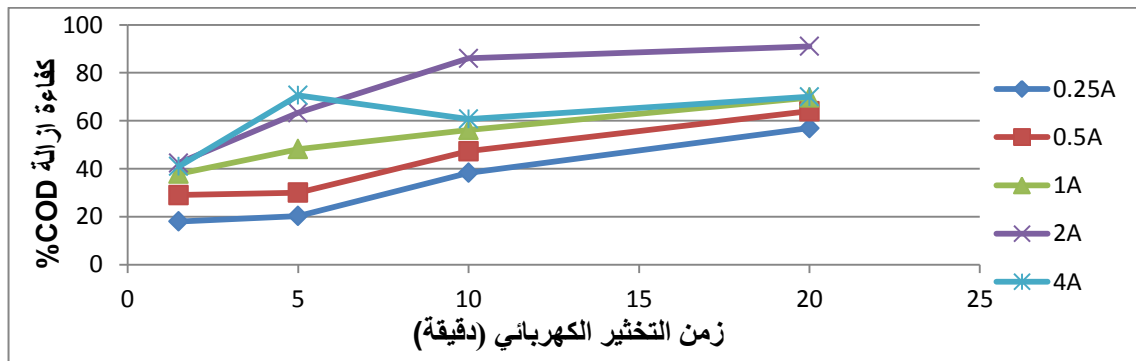
(1) تأثير زمن التخثير والتيار الكهربائي على كفاءة إزالة المتطلب الكيميائي للأوكسجين (COD)
تبين الأشكال من (4) إلى (7) تأثير تغاير زمن التخثير الكهربائي و التيار الكهربائي المسلط



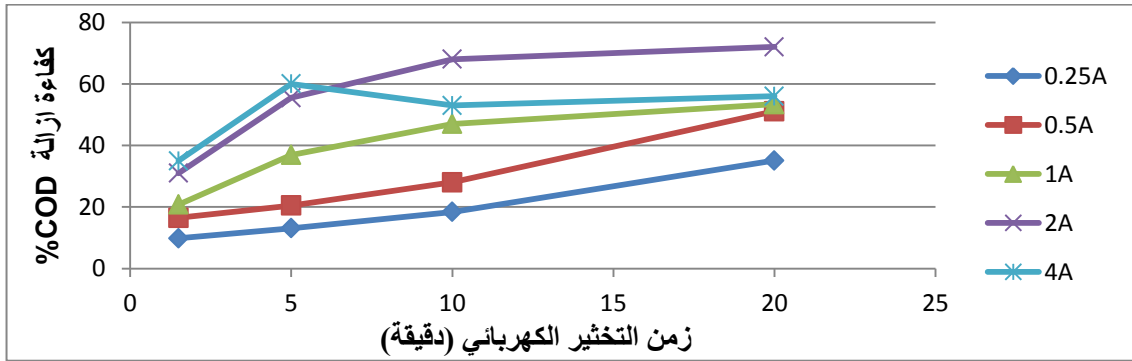
شكل (4): تأثير تغير زمن التخثير والتيار الكهربائي على كفاءة إزالة COD لمستوى تركيز ابتدائي من 125 COD (ملغم/لتر).



شكل (5): تأثير تغير زمن التخثير والتيار الكهربائي على كفاءة إزالة COD لمستوى تركيز ابتدائي من 250 COD (ملغم/لتر).



شكل (6): تأثير تغير زمن التخثير والتيار الكهربائي على كفاءة إزالة COD لمستوى تركيز ابتدائي من 500 COD (ملغم/لتر).



شكل (7): تأثير تغير زمن التخثير والتيار الكهربائي على كفاءة إزالة COD لمستوى تركيز ابتدائي من 1000 COD (ملغم/لتر).

للألومنيوم وأهمها راسب هيدروكسيد الألومنيوم $Al(OH)_3$ (ويساعد في تكون هذا الراسب تحرر ايون الهيدروكسيد من القطب السالب) (معادلة (4) و(5) و(6)) إذ يعتبر هذا الراسب المسؤول الأول عن إمتزاز المواد العضوية الذائبة فضلاً عن دوره في إزالة الغرويات العضوية غير الذائبة من خلال آلية الكسح (Sweep) [10,8].

إن كثافة الأيونات المتحررة تعتمد على الوقت والتيار، وتتناسب طردياً معهما حسب قانون فراداي [19] فضلاً عن عامل زيادة كثافة أيون الألومنيوم تولد فقاعات غازي الهيدروجين والأوكسجين المنبعثة من الأقطاب السالبة والموجبة (معادلة (2) و(4)) مما يؤدي إلى إزالة الملوثات بتأثير التعويم في حوض التخثير الكهربائي، وهي ميزة خاصة بعملية التخثير الكهربائي تندمج فيها الإزالة الكيميائية مع الإزالة بالتعويم [19,10] وهذا ماتم ملاحظته عملياً في حوض التخثير الكهربائي.

ونلاحظ عبر الأشكال السابقة أن كفاءة الإزالة تبدأ بالاضطراب بين الزيادة والنقصان عند التيارات العالية الأكثر من (2) أمبير يمكن تعليل السبب في ذلك إلى أن التيارات العالية تؤدي إلى زيادة معدل تحرر فقاعات غازي الهيدروجين والأوكسجين عند القطبين السالب والموجب على

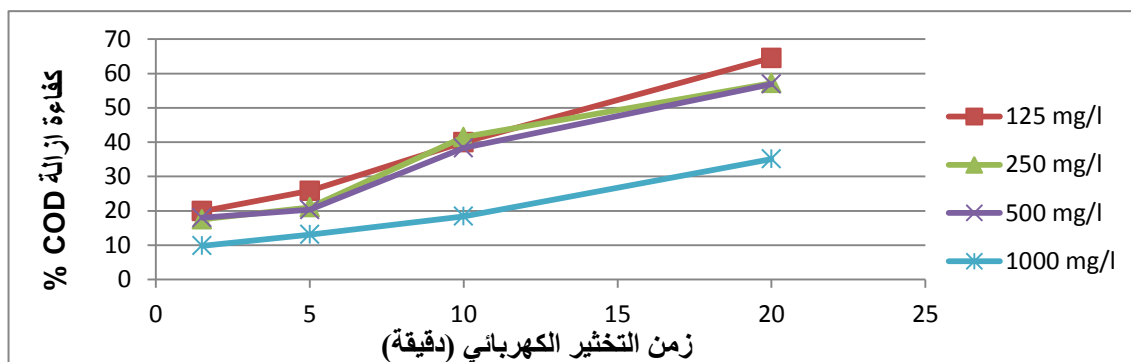
نلاحظ من هذه الأشكال أن كفاءة الإزالة تزداد مع زيادة زمن التخثير الكهربائي لجميع المستويات الابتدائية من COD وعند قيم للتيار الكهربائي (0.25، 0.5، 1، 2) أمبير. فمثلاً عند مستوى COD ابتدائي (125) ملغم/لتر ولزمن تخثير كهربائي مقداره (1.5) دقيقة وتيار مقداره (2) أمبير كانت كفاءة الإزالة (54.1) % كما هو موضح في شكل (4) وعند زيادة زمن التخثير الكهربائي إلى (20) دقيقة فإن كفاءة الإزالة زادت إلى (99) % عند قيمة التيار نفسه.

وتبين الأشكال السابقة أنه مع زيادة التيار الكهربائي من (0.25 إلى 2) أمبير وثبات زمن التخثير الكهربائي تزداد كفاءة إزالة COD للمستويات الابتدائية كافة من COD وللأزمنة جميعها، على سبيل المثال عند زمن تخثير مقداره (20) دقيقة زادت نسب الإزالة من (64.5، 57.2، 56.9، 35.1) % إلى (99، 93، 91، 72) % عند زيادة التيار من (0.25 إلى 2) أمبير لتراكم COD ابتدائية (125، 250، 500، 1000) ملغم/لتر على التوالي.

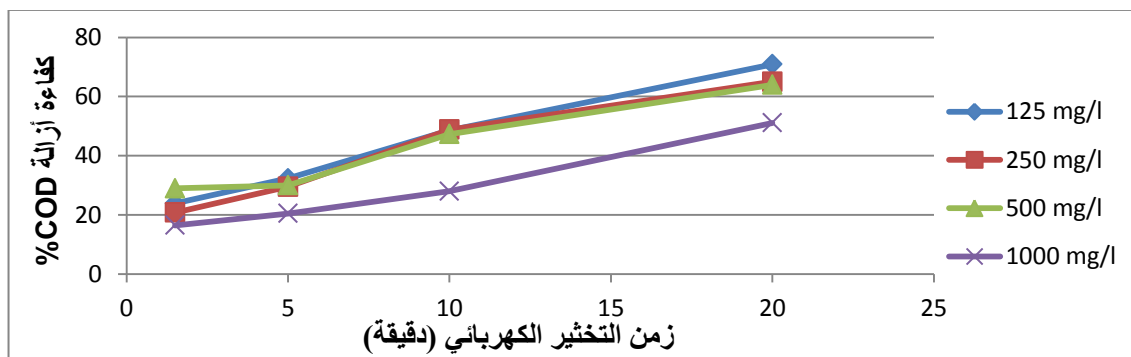
ويمكن تعليل زيادة كفاءة الإزالة مع زيادة كل من زمن التخثير الكهربائي و/أو التيار الكهربائي إلى زيادة تحرر أيون الألومنيوم من القطب الموجب وبالتالي زيادة تركيز نواتج التحلل

(2) تأثير التركيز الابتدائي للمتطلب الكيميائي للأوكسجين على كفاءة الإزالة توضح الأشكال (8) و(9) و(10) و(11) و(12) تأثير التركيز الابتدائي للمتطلب الكيميائي للأوكسجين (COD) على كفاءة الإزالة لمستويات التراكيز الابتدائية المشمولة بالدراسة (125، 250، 500، 1000) ملغم/لتر على التوالي.

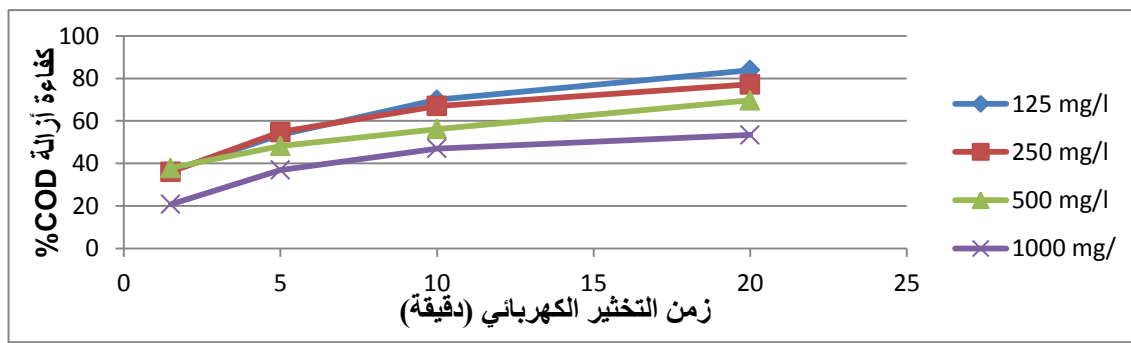
التوالي التي تعمل بدورها على إزالة سريعة لهيدروكسيد الألمنيوم من المحلول بتأثير التعويم [4، 19] وهذا ما يؤدي إلى تقليل كفاءة عملية التليد اللاحقة وأيضاً من خلال الملاحظة العملية فإن كثافة الرغوة المتكونة أدت إلى التقليل من حجم حوض التخثير الكهربائي. أضف إلى ذلك ارتفاع درجة الحرارة في المفاعل [19].



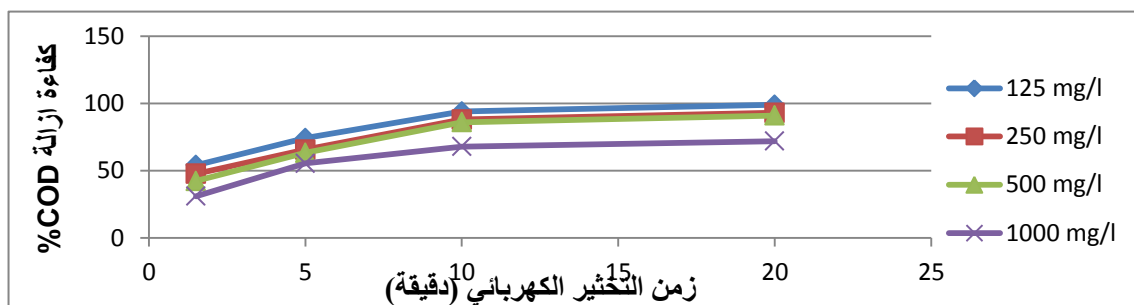
شكل (8): تأثير تغير التركيز الابتدائي من COD على كفاءة الإزالة لتيار مقداره (0.25 أمبير).



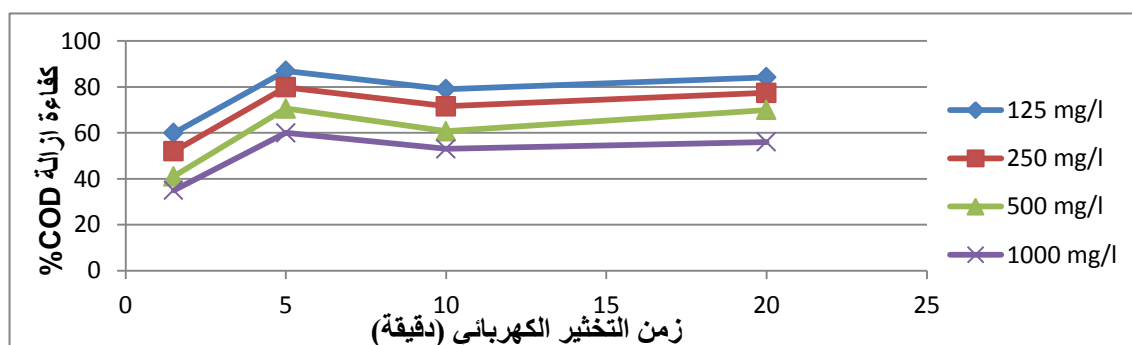
شكل (9): تأثير تغير التركيز الابتدائي من COD على كفاءة الإزالة لتيار مقداره (0.5 أمبير).



شكل (10): تأثير تغير التركيز الابتدائي من COD على كفاءة الإزالة لتيار مقداره (1 أمبير).



شكل (11): تأثير تغير التركيز الابتدائي من COD على كفاءة الإزالة لتيار مقداره (2 أمبير).



شكل (12): تأثير تغير التركيز الابتدائي من COD على كفاءة الإزالة لتيار مقداره (4 أمبير).

تيار كهربائي من (0.25 إلى 2) أمبير وعند المستويات الابتدائية كافة من COD.

2. لوحظ أن نسبة إزالة المتطلب الكيميائي للأوكسجين COD تنخفض مع زيادة التركيز الابتدائي.

3. أعلى كفاءة إزالة تم الحصول عليها لتراكيز ابتدائية من COD (125، 250، 500، 1000) ملغم/لتر كانت (99، 93، 91، 72) % على التوالي، إذ تحققت هذه النسب عند تيار كهربائي (2) أمبير وزمن تخثير كهربائي (20 دقيقة).

4. عملية التخثير الكهربائي غير كفوءة عند التيارات العالية أكثر من (2) أمبير في إزالة المتطلب الكيميائي للأوكسجين (COD).

التوصيات:

1. دراسة تأثير عملية التخثير الكهربائي على إزالة ملوثات أخرى وباستخدام متغيرات أخرى.
2. استخدام أقطاب كهربائية من مواد أخرى كالحديد وغيره وعمل مقارنة بينها.

نلاحظ عبر الأشكال السابقة أن الزيادة في

التركيز الابتدائي للمتطلب الكيميائي للأوكسجين من (125 إلى 1000) ملغم/لتر عند زمن تخثير و تيار كهربائي ثابت ينتج عنه تقليل في كفاءة الإزالة عند جميع أزمنة التخثير الكهربائي ولكل قيم التيار المار، على سبيل المثال، عند زمن تخثير (1.5) دقيقة و تيار (2) أمبير كانت كفاءة الإزالة (54.1) % لتراكيز داخلية (125) ملغم/لتر وانخفضت إلى (31) % لتركيز داخلية (1000) ملغم/لتر كما موضح في شكل (11)، والسبب في ذلك يعود إلى نفاذ سعة هيدروكسيد الألمنيوم في امتزاز المادة العضوية الذائبة مع عدم كفاية نواتج التحلل الأخرى في تخثير الكمية الزائدة من الغرويات العالقة.

الاستنتاجات:

1. زيادة كفاءة إزالة المتطلب الكيميائي للأوكسجين COD مع زيادة زمن التخثير الكهربائي و/أو مع زيادة التيار الكهربائي عند قيم

8) Akyol A. (2012), "Treatment of Paint Manufacturing Wastewater by Electrocoagulation", *Desalination* 285, 91-99.

9) Al-Annaz L.A-A.(2014), "Removal of Sulfate Ion Pollutant From Simulated Ground Water Using Electrocoagulation Technique", PhD Thesis, The College Of Engineering, University Of Baghdad

10) Wei F. J., Bing S. Y., Zheng Z., Biao Z. J., Shu L. and Chun T. Y. (2007), "Treatment of Tannery Wastewater by Electrocoagulation", *Journal of Environmental Sciences* 19, 1409-1415.

11) Un U. T., Koparal A. S. And Ogutveren U. B. (2009), "Electrocoagulation of Vegetable Oil Refinery Wastewater Using Aluminum Electrodes", *Journal of Environmental Management* 90, 428 - 433

12) Rincon G. (2011), "Kinetics of the electrocoagulation of oil and grease", University of New Orleans Theses and Dissertation, paper 131.

13) Holt P. (2002), "Electrocoagulation: Unravelling and Synthesising the Mechanisms Behind a Water Treatment Process", PhD thesis, University of Sydney.

14) Ni'am M. F., Othman F., Sohaili J. and Fauzia Z. (2007), "Electrocoagulation Technique in Enhancing COD and Suspended Solids Removal to Improve Wastewater Quality", *Water Science & Technology* Vol 56, No 7, pp 47-53.

15) Metcalf and Eddy, Inc. (2003), "Wastewater Engineering Treatment and Reuse", 4th ed., McGraw-Hill, Inc., New York.

16) Steel E. W. and McGhee T. J. (1979), "Water Supply and Sewerage", FIFTH

المصادر:

1) Al-Bayati S.M. Q. (2007), "An Investigation to Use Electrocoagulation in the Treatment of Municipal Wastewater of Al-Rustimya Treatment Plant", M.Sc. Thesis, University Of Technology, Department Of Building And Construction Engineering, Baghdad-Iraq.

2) Li X., Song J., Guo J., Wang Z. and Feng Q. (2011), "Landfill Leachate Treatment Using Electrocoagulation", *Procedia Environmental Sciences* 10, 1159-1164.

3) Holt P., Barton G. and Mitchell C. (1999), "Electrocoagulation As Wastewater Treatment", The Third Annual Australian Environmental Engineering Research Event. 23-26 November Castlemaine, Victoria.

4) Bayar S., Yildiz Y. Ş., Yilmaz A. E. and Irdemez Ş. (2011), "The Effect of Stirring Speed and Current Density on Removal Efficiency of Poultry Slaughterhouse Wastewater by Electrocoagulation Method", *Desalination* 280, 103-107.

5) Chaturvedi S.I. (2013), "Electrocoagulation: A novel Waste Water Treatment Method", *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*, Vol.3, Issue 1, pp – 93 – 100.

6) Casilla H. A. M., Cocke D. L., Gomes J. A.G., Morkovsky P., Parga J.R. and Peterson E. (2007), "Electrocoagulation Mechanism for COD Removal", *Separation and Purification Technology* 56, 204-211.

7) Tchamango S., Njiki C. P. N., Ngameni E., Hadjiev D. and Darchen A. (2010), "Treatment of Dairy Effluents by Electrocoagulation Using Aluminium Electrodes", *Science of the Total Environment* 408, 947-952.

Electrocoagulation and Coagulation",
Science Asia 36, 142 – 149.

19) Katal R. and Pahlavanzadeh H.
(2011), "Influence of Different Combinations
of Aluminum and Iron Electrode on
Electrocoagulation Efficiency: Application to
the Treatment of Paper Mill Wastewater",
Desalination 265, 199-205.

EDITION, McGRAW-HILL
KOGAKUSHA, LTD.

17) Davis Mackenzie L., Ph.D., P.E., BCEE
(2010), "Water and Wastewater
Engineering: Design Principles and
Practice", The McGraw – Hill Companies.

18) Phalakornkule C., Mangmeemak J.,
Intrachod K. and Nuntakumjorn B. (2010),
"Pretreatment of Palm Oil Mill Effluent by

USE OF ELECTROCOAGULATION TECHNOLOGY IN REMOVAL OF CHEMICAL OXYGEN DEMAND (COD) FROM WASTEWATER EFFLUENT

Musab A-J. Abdal-Baqi¹ Thura A. A. Al-Hamdany²

¹Dep. of Environment, College of Engineering, University of Mosul, Iraq

musabaltamir@yahoo.com

² Dep. of Civil - Environment, College of Engineering, University of Mosul, Iraq

alhamdany.thura95@yahoo.com

ABSTRACT :

In this research, The effect of using electrocoagulation technology in removal the organic material (COD), from wastewater is practiced. Continuous flow of electrocoagulation in experimental system was designed and turned on. It consists of electrocoagulation reactor with constant volume (2L), flocculation basin and sedimentation basin with different volumes, there is a change in the flow rate with the change in detention time of electrocoagulation. Aluminum plates were used for both electrodes. The studied parameters in the research are the primary concentration of the pollutant, detention time of electrocoagulation and current that pass through electrodes. Synthetic wastewater samples were used with concentration of COD (125, 250, 500,1000) mg/l. at current (0.25, 0.5, 1, 2, 4) A and detention time is (1.5, 5, 10, 20) min .Experiment results show that increase the removal efficiency COD with increase of the current from (0.25 to 2) A and/or detention time for all the initial levels, Low concentrations showed more response than high concentrations in the removal process. The maximum removal efficiency reached (99, 93, 91, 72)% with initial concentration (125, 250, 500, 1000) mg/l respectively. The maximum removal occurred at current (2) A, detention time (20) min. and the results found that this technique not efficient at high current (4) A.

Key word: Electrocoagulation- COD removal- Aluminum electrodes- Wastewater treatment