https://jsras.rcc.edu.ly/
Vol.3 No.0 (2026), 207-212
Article history:
Received:
Accepted:
Published:18Nov.2026

Journal of Sustainable Research in Applied Sciences

Improving Water Treatment Efficiency Using Chemical Coagulants: Effects of Coagulant Type and Operating Conditions on Turbidity Removal and Environmental Sustainability

Safaa Mahmoud Aldeeb [1] Nebras Ahmed Hamdan[2]
[1] Department of Water Resources, Faculty of Civil Engineering, Al-Wataniya Private University, Hama, Syria.
[2] Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, University of Homs, Syria.
safaa-m-aldeebwpu.edu.sy , nebrashamdan78@gmail.com
Safaa Mahmoud Aldeeb*

Index Terms
Turbidity; Aluminum Sulfate; Ferrous Sulfate; Calcium Hydroxide; Coagulation; Jar Test

Abstract
This study aims to evaluate the effectiveness of aluminum sulfate and ferrous sulfate in removing turbidity from drinking water using the jar test method at initial turbidity levels of 10, 50, and 100 NTU. The experiments were conducted using different coagulant dosages ranging from 5 to 50 mg/L at different pH values of 6, 7, and 8.
The results showed that the optimum dosage of aluminum sulfate was 10, 20, and 40 mg/L at initial turbidity levels of 10, 50, and 100 NTU, respectively, with an optimum pH of 7. Meanwhile, the optimum dosage of ferrous sulfate was 10, 20, and 30 mg/L for the same turbidity levels, with an optimum pH of 6.
Further refinement of the optimum dosage ranges demonstrated that the precise optimum values were slightly lower than the initial optimum dosages, reaching 9 mg/L for aluminum sulfate and 8 mg/L for ferrous sulfate at an initial turbidity of 10 NTU. At 50 NTU, the refined optimum dosages were 17 mg/L and 15 mg/L for aluminum sulfate and ferrous sulfate, respectively. At 100 NTU, the optimum dosages were 36 mg/L and 28 mg/L, respectively. This refinement enables a reduction in chemical consumption while maintaining high removal efficiency.
The addition of calcium hydroxide [$Ca(OH)_2$] as a coagulant aid also improved the coagulation performance and resulted in a noticeable enhancement in turbidity removal, particularly at high initial turbidity levels. The results further demonstrated that a rapid-mixing period of 15 minutes was sufficient to achieve effective coagulation, as no significant improvement in removal efficiency was observed with longer mixing times.
Overall, the findings confirm that optimizing coagulant dosage, pH, and mixing conditions can significantly enhance coagulation efficiency while reducing chemical consumption and the associated treatment residues. These results contribute to supporting sustainable water treatment practices through more efficient use of chemical coagulants, improved treatment performance, and reduced waste generation.

تحسين كفاءة معالجة المياه باستخدام المخثرات الكيميائية: تأثير نوع المخثر وظروف التشغيل على إزالة العكارة ودعم الاستدامة البيئية

د. صفاء محمود الديب[1]* ، د. نبراس احمد حمدان[2]
[1] الجامعة الوطنية الخاصة- كلية الهندسة المدنية -قسم الموارد المائية- حماة- سوريا .
[2] جامعة حمص- كلية الهندسة المدنية– قسم الهندسة البيئية – حمص- سوريا

Abstract

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم فعالية كبريتات الألمنيوم (الشبه) وكبريتات الحديدي في إزالة العكارة من مياه شرب محضرة باستخدام طين الكاؤولين بعكارات ابتدائية (10-50-100) NTU. أجريت التجارب باستخدام جهاز jar test بجرعات مخثر تراوحت بين mg/L (5-15) عند قيم pH مختلفة(6-7-8).
أظهرت النتائج أن الجرعة المثلى للشبه بلغت mg/L (10-20-40) عند (10-50-100)NTU (pH الأمثل=7)، بينما بلغت الجرعة المثلى لكبريتات الحديدي mg/L (10-20-30) لنفس العكارات(Ph الأمثل=6).
أظهر تضييق نطاق الجرعة أن القيم الدقيقة أقل قليلاً من القيم الأولية(مثال: 36 mg/L للشبه و 28 mg/L للكبريتات عند NTU100)، مما يسمح بتقليل استهلاك المواد الكيميائية. كما حسنت ماءات الكالسيوم كمساعد تخثير من كفاءة الإزالة بشكل ملحوظ، خصوصاً عند العكارات العالية.
أثبتت النتائج أيضاً أن زمن التحريك البطئ الأمثل يقارب 15 دقيقة، حيث لم تظهر الزيادة بعده فروقاً ملحوظة. تؤكد هذه الدراسة أن ضبط الجرعة و pH وزمن التحريك بدقة يساهم في تحسين كفاءة التخثير وتقليل التكاليف التشغيلية. تساهم النتائج في دعم ممارسات المعالجة المستدامة من خلال تقليل استهلاك المواد الكيميائية وتحسين كفاءة عمليات معالجة المياه والحد من المخلفات الناتجة عنها

Index Terms

العكارة، الشبه، كبريتات الحديدي، ماء الشرب، ماءات الكالسيوم

1. المقدمة

تعتبر المياه العذبة من أهم الموارد الطبيعية التي لاغنى عنها للحياة البشرية، إذ يعتمد عليها الإنسان بشكل مباشر في الشرب والطهي والغسيل وبشكل غير مباشر في الزراعة والصناعة وإنتاج الطاقة. ومع تزايد النمو السكاني والتوسع العمراني والصناعي، يزداد الضغط على مصادر المياه العذبة وتزداد معها مشاكل تلوث المياه وارتفاع مستويات المواد العالقة والملوثات المختلفة.

ومن هنا تبرز الحاجة إلى تطوير وتحسين تقنيات معالجة مياه الشرب لضمان توفير مياه آمنة وصحية وبتكلفة اقتصادية مقبولة.

تعد عملية التخثير-تلبيد(Coagulation-Flocculation) إحدى المراحل الأساسية في معالجة المياه السطحية، وتهدف إلى إزالة الجسيمات الدقيقة المعلقة والمواد الغروية التي لايمكن إزالتها بالترسيب البسيط بسبب صغر حجمها وشحنتها الكهربائية السالبة التي تمنع تكتلها. تعتمد هذه العملية على إضافة مواد كيميائية مخثرة (coagulants) تعمل على معادلة الشحنات الكهربائية للجسيمات الدقيقة، مما يسمح لها بالاقتراب من بعضها والتجمع في ندف أكبر يمكن ترسيبها بسهولة(Water, 2020).

نجاح عملية التخثير يتأثر بمجموعة من العوامل الرئيسية أهمها: نوع المخثر، الجرعة المضافة، قيمة الأس الهيدروجيني(pH)، زمن وسرعة التحريك، وخصائص المياه المعالجة مثل العكارة والقلوية(AL-Husseiny & Al-Saedi, 2023)، Shahazadi, F., et al,2024)) إن اختيار المخثر المناسب والجرعة وظروف التشغيل الملائمة يعتبر خطوة حاسمة لتحقيق كفاءة عالية في إزالة العكارة مع خفض كلفة المواد الكيميائية (Ahmad et al. 2020) من بين المواد المخثرة الأكثر استخداماً كبريتات الألمنيوم AL2(SO4)3.18H2O وأملاح الحديد مثل كبريتات الحديدي FeSO4.7H2O.

في ضوء هذه المعطيات تبرز أهمية القيام بدراسة مقارنة منهجية بين كبريتات الألمنيوم وكبريتات الحديدي عند مستويات مختلفة من العكارة وظروف تشغيل مختلفة وذلك لتحديد أفضل الشروط التشغيلية (جرعة pH، زمن التحريك) التي تحقق كفاءة عالية في إزالة العكارة وتساهم في تقليل كلفة معالجة مياه الشرب(Ma, Z., et al,2012).

2. هدف البحث

يهدف هذا البحث إلى

تقييم كفاءة كبريتات الألمنيوم (الشبه) وكبريتات الحديدي في إزالة العكارة من مياه تركيبية محضرة بمستويات مختلفة من العكارة (10-50-100) NTU

تحديد الجرعة المثالية وقيمة الـ pH الأمثل لكل مخثر عند العكارات المدروسة.

تقييم أثر زمن التحريك البطئ على كفاءة إزالة العكارة

3. المواد وطرق العمل:

تم إجراء الدراسة على ثلاث مستويات مختلفة من العكارة الابتدائية للمياه(10-50-100) NTU عند كل مستوى من هذه العكارات، تمت إضافة المخثر بجرعات متزايدة قدرها (0-5-10-20-30-40-50) mg/l وذلك بهدف تحديد الجرعة المثلى لتحقيق أعلى كفاءة إزالة وقد أجري اختبار التخثير لكل جرعة عند ثلاث قيم مختلفة للأس الهيدروجيني (6-7-8)pH من أجل دراسة تأثير الوسط التفاعلي على كفاءة الإزالة .

بعد الانتهاء من الاختبارات عند العكارة الأولى (NTU10)، تكرر الإجراء ذاته عند العكارة الثانية (NTU50)، ثم عند العكارة الثالثة (NTU100)، بحيث أمكن مقارنة أداء المخثرات تحت ظروف تشغيلية مختلفة من حيث العكارة ودرجة الحموضة.

المياه المستخدمة مياه تركيبية محضرة مخبرياً باستخدام طين الكاؤولين للوصول إلى عكارات (10-50-100)NTU

وسيتم تحضير محاليل من كبريتات الألمنيوم وكبريتات الحديدي بتركيز 4g/l . وتحضير العينات المختبرة النهائية بعد إضافة المخثر باستخدام جهاز jartest وهو جهاز يتكون من ستة محركات تحمل كؤوس سعتها 1 لتر تقريباً مزودة بمجاديف للتحريك. يسمح الجهاز بالتحكم بسرعة ومدة التحريك السريع والبطئ بشكل متزامن، مما يتيح محاكاة ظروف التخثير والتلبيد في محطات المعالجة على نطاق صغير.

حيث يتم التحريك على مرحلتين : التحريك السريع بسرعة 150 rpm لمدة دقيقة واحدة، والتحريك البطئ بسرعة 30 rpm لمدة 15 دقيقة.

ثم ترك العينات للترسيب 45 دقيقة ، وثم أخذ عينات من عمق 25mm من سطح الماء وقياس العكارة المتبقية حيث تم قياسها باستخدام جهاز قياس العكارة النيفلومتري للعكارة (Turbidimeter)، وهو جهاز يعتمد على مبدأ قياس شدة الضوء المتناثر بزاوية 90° عند مرور شعاع ضوئي عبر العينة المائية. ومن بعد قياس العكارة المتبقية تم حساب كفاءة الإزالة و أجريت جميع القياسات وفقاً لمعايير الجمعية الأمريكية للصحة العامة (APHA, 2017).

3. النتائج والمناقشة:

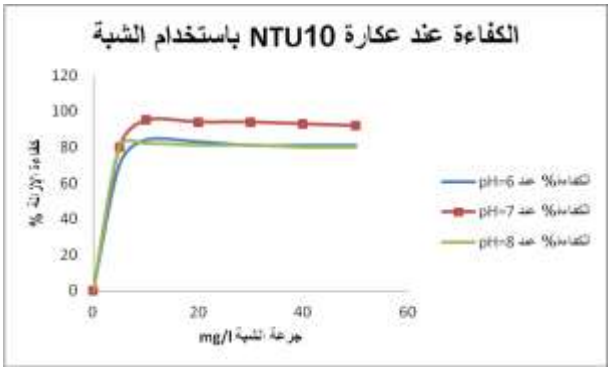
1.4 أداء كبريتات الألمنيوم في إزالة العكارة:

1.1.4 عند العكارة الأولية 10*NTU*

لعينة مياه تم إضافة مخثر بجرعات متزايدة(0-NTUعند عكارة أولية10 واختبار التخثير أجري في كل عينة لثلاث 5mg/l-10-20-30-40-50) مستويات

(6-7-8) فكانت النتائج ممثلة بالشكل (1): pH

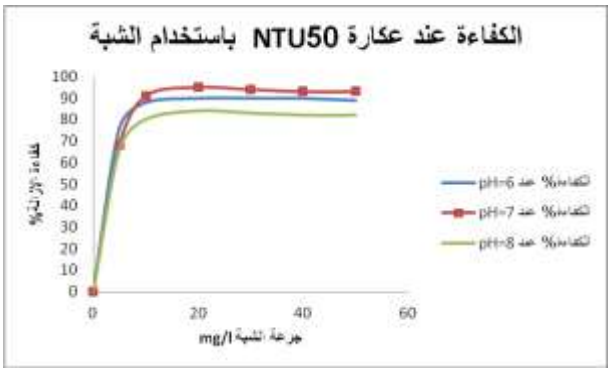
ا لشكل1 NTU االكفاءة عند عكارة أولية



4.1 عند العكارة الأولية NTU50

لعينة مياه تم إضافة مخثر بجرعات متزايدة(0-NTUعند عكارة أولية 50 واختبار التخثير أجري في كل عينة لثلاث (50-40-30-20-10-5mg/l (8-7-6) فكانت النتائج ممثلة بالشكل (2): pHمستويات

الشكل2. الكفاءة عند عكارة اوليةNTU50

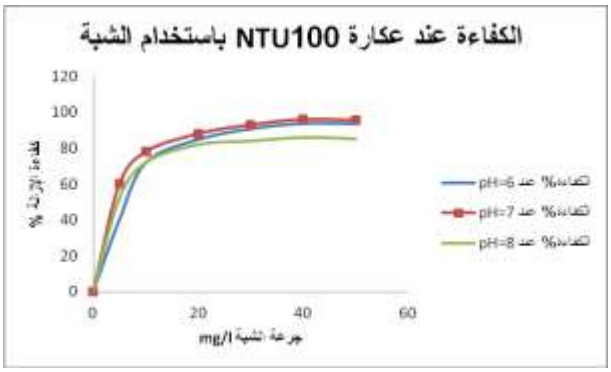


من معاينة نتائج الاختبار إن عينة المياه ذات العكارة الأولية NTU50 أعطت أعلى كفاءة إزالة للعكارة عند جرعة للمخثر 20 mg/l وعند مستوى pH=7.

3.1.4 عند العكارة الأولية NTU100

لعينة مياه تم إضافة مخثر بجرعات NTUعند عكارة أولية 100 واختبار التخثير أجري في كل mg/lمتزايدة(0-5-10-20-30-40-50) (8-7-6) فكانت النتائج ممثلة بالشكل (3): pHعينة لثلاث مستويات

الشكل3. الكفاءة عند عكارة أوليةNTU100



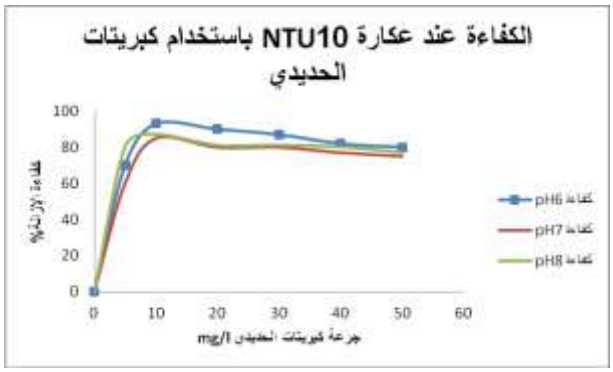
من معاينة نتائج الاختبار إن عينة المياه ذات العكارة الأولية NTU100 أعطت أعلى كفاءة إزالة للعكارة عند جرعة للمخثر 40 mg/l وعند مستوى pH=7.

2.4 أداء كبريتات الحديدي في إزالة العكارة:

1.2.4 عند العكارة الاولية NTU10

عند عكارة أولية NTU 10 لعينة مياه تم إضافة مخثر بجرعات متزايدة(0-5-10-20-30-40-50)mg/l واختبار التخثير أجري في كل عينة لثلاث مستويات pH(6-7-8) فكانت النتائج ممثلة بالشكل(4)

الشكل4. الكفاءة عند عكارة أوليةNTU10



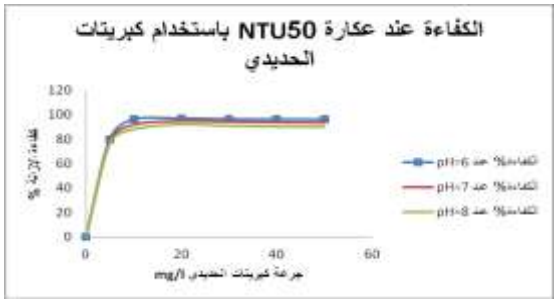
من معاينة نتائج الاختبار إن عينة المياه ذات العكارة الأولية NTU10 أعطت أعلى كفاءة إزالة للعكارة عند جرعة للمخثر 10 mg/l وعند مستوى pH=6

2.2.4 عند العكارة الأولية NTU50

عند عكارة أولية NTU50 لعينة مياه تم إضافة مخثر بجرعات متزايدة(0-5-10-20-30-40-50) mg/l

واختبار التخثير أجري في كل عينة لثلاث مستويات pH(6-7-8) فكانت النتائج ممثلة بالشكل (5):

الشكل5. الكفاءة عند عكارة اولية **50NTU**



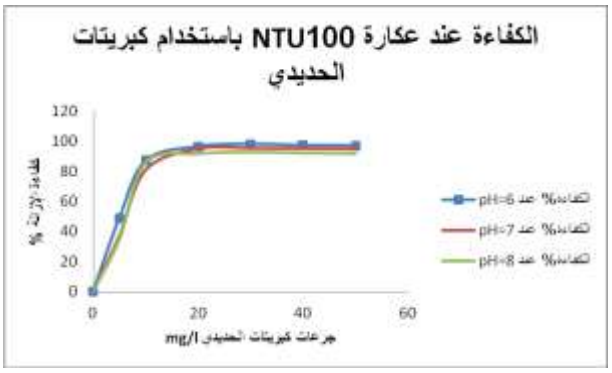
من معاينة نتائج الاختبار إن عينة المياه ذات العكارة الأولية NTU50 أعطت أعلى كفاءة إزالة للعكارة عند جرعة للمخثر 20 mg/l وعند مستوى pH=6

3.2.4 عند العكارة الأولية NTU100

عند عكارة أولية NTU100 لعينة مياه تم إضافة مخثر بجرعات متزايدة(0-5-10-20-30-40-50)mg/l

واختبار التخثير أجري في كل عينة لثلاث مستويات pH(6-7-8) فكانت النتائج ممثلة بالشكل (6):

الشكل6. الكفاءة عند عكارة أولية100NTU



من معاينة نتائج الاختبار إن عينة المياه ذات العكارة الأولية NTU100 أعطت أعلى كفاءة إزالة للعكارة عند جرعة للمخثر 30 mg/l وعند مستوى pH=6.

3.4 النطاق الدقيق للجرعة المثالية p الأمثل

تحديد الجرعة المثالية للمخثر لمعالجة مياه الشرب هو عملية حساسة ودقيقة تهدف إلى تحقيق أعلى كفاءة ممكنة في إزالة العكارة بأقل كمية ممكنة من المواد الكيميائية وذلك للتحكم بالتكاليف التشغيلية لعملية المعالجة في محطات المعالجة (Li, w.2022)

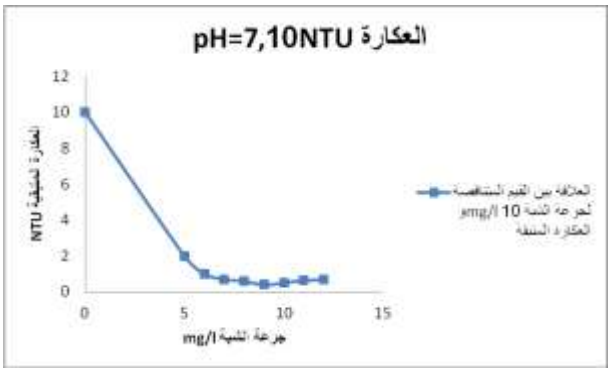
للحصول على جرعة أدق من القيم الأولية تم في هذه المرحلة تضييق المجال للجرعة للوصول للجرعة الأفضل باعتبار أن توفير كمية من المخثر في عملية المعالجة ينعكس بشكل مفيد على التكلفة لذلك تم إعادة العمل ولكن فقط عند pH=7 للشبه باعتباره الوسط الأنسب.

وكذلك بالنسبة لكبريتات الحديدي فإن الدراسة تمت عند pH=6 لأنه الوسط الأنسب له حسب ماسبق.

1.3.4 كبريتات الألمنيوم :

عند العكارة NTU10

الجرعة الامثل من الشبة لهذه العكارة كانت10 mg/l، تم حساب العكارة المتبقية NTU لقيم متناقصة للمخثر تتراوح من mg/l(0→10) لعينة مياه عكارتها الاولية NTU10 وتم التمثيل البياني بالشكل(7):



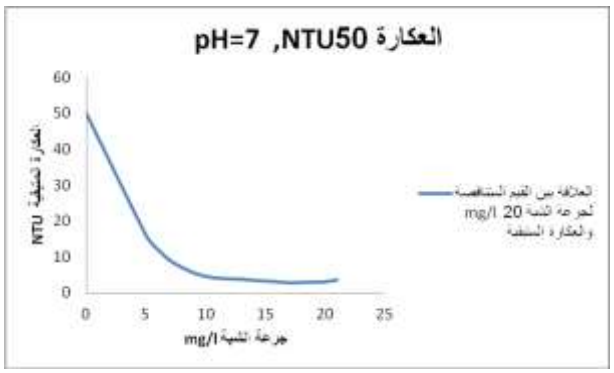
الشكل 7. العلاقة بين العكارة المتبقية NTU وجرعات متناقصة للمخثرتتراوح من mg/l (10→0)

من المعطيات أعلاه وبعد تضييق المجال حصلنا على قيمة دنيا لتخفيض العكارة NTU0.4 وذلك بجرعة شبه 9NTU. لعكارة خامية mg/l10

عند العكارة NTU50

الجرعة الامثل من الشبة لهذه العكارة كانت 20 mg/l، تم حساب العكارة المتبقية NTU لقيم متناقصة للمخثر تتراوح من mg/l (0→20) لعينة مياه عكارتها الاولية NTU50 وتم التمثيل البياني بالشكل (8) :

الشكل8. العلاقة بين mg/l وجرعات متناقصة للمخثر تتراوح من (0→20) NTUالمتبقية العكارة

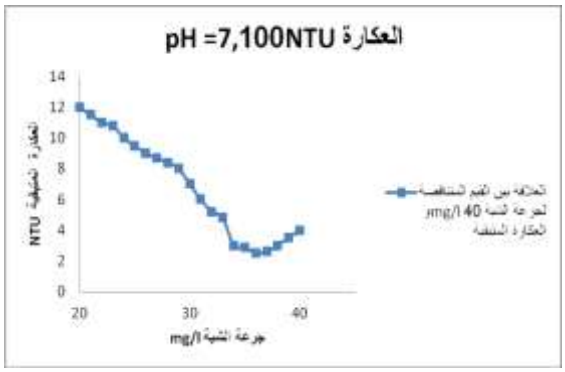


NTUمن المعطيات أعلاه حصلنا على قيمة دنيا لتخفيض العكارة=7.2 NTU 17 لعكارة خامية mg/l50وذلك بجرعة شبه

عند العكارة NTU100

الجرعة الامثل من الشبة لهذه العكارة كانت mg/l 40، تم حساب العكارة المتبقية NTU لقيم متناقصة للمخثر تتراوح من mg/l (20→40) لعينة مياه عكارتها الاولية NTU100 ، وتم التمثيل البياني بالشكل(9):

الشكل9. العلاقة بين العكارة المتبقية NTU وجرعات متناقصة للمخثر تتراوح من mg/l (20→40)

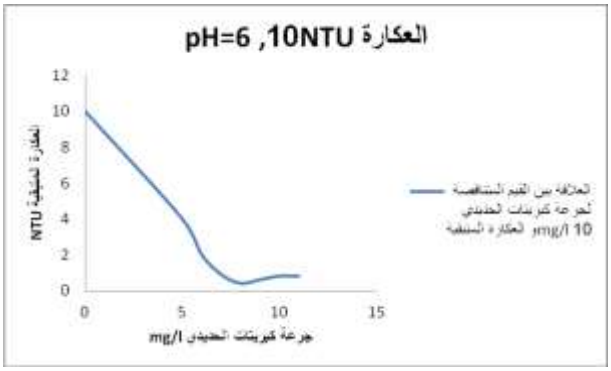


من المعطيات أعلاه حصلنا على قيمة دنيا لتخفيض العكارة NTU2.5 وذلك بجرعة من الشبة 36 mg/l لعكارة خامية NTU100

2.3.4 كبريتات الحديدي:

عند العكارة NTU 10

الجرعة الامثل من كبريتات الحديدي لهذه العكارة كانت 10 mg/l، تم حساب العكارة المتبقية NTU لقيم متناقصة للمخثر تتراوح من mg/l (0→10) لعينة مياه عكارتها الاولية NTU10 وتم التمثيل البياني بالشكل(10):



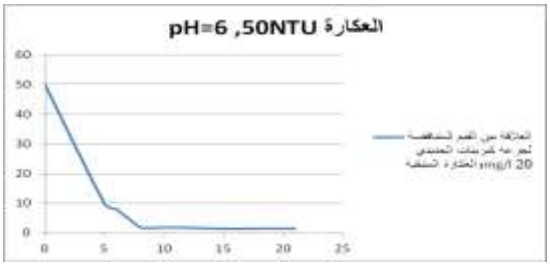
الشكل 10.العلاقة بين العكارة المتبقية NTU وجرعات متناقصة للمخثر تتراوح من mg/l (10→0)

من المعطيات أعلاه حصلنا على قيمة دنيا لتخفيض العكارة=NTU0.4 وذلك بجرعة كبريتات الحديدي 8mg/l لعكارة خامية NTU10

عند العكارة 50NTU

الجرعة الامثل من كبريتات الحديدي لهذه العكارة كانت 20 mg/l، تم حساب العكارة المتبقية NTU لقيم متناقصة للمخثر تتراوح من mg/l (20→0) لعينة مياه عكارتها الاولية 50NTU وتم التمثيل البياني بالشكل(11):

الشكل11العلاقة بين العكارة المتبقية NTU وجرعات متناقصة للمخثر تتراوح من (20→0)mg/



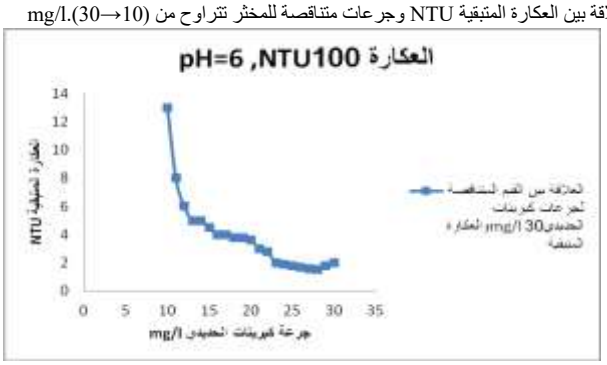
من المعطيات أعلاه حصلنا على قيمة دنيا لتخفيض العكارة=NTU1.5 وذلك بجرعة كبريتات الحديدي 15 mg/l لعكارة خامية NTU50

عند العكارة 100NTU

الجرعة الامثل من كبريتات الحديدي لهذه العكارة كانت 30 mg/l، تم حساب العكارة المتبقية NTU لقيم متناقصة للمخثر تتراوح من mg/l (30→10) لعينة مياه عكارتها الاولية 100 NTU وتم التمثيل البياني بالشكل(12):

الشكل12

العلاقة بين العكارة المتبقية NTU وجرعات متناقصة للمخثر تتراوح من (30→10)mg/l.



من المعطيات أعلاه حصلنا على قيمة دنيا لتخفيض العكارة=NTU1.5 وذلك بجرعة كبريتات الحديدي 28 mg/l لعكارة خامية NTU100

4.4 إضافة مساعد مخثر (ماءات الكالسيوم $Ca(OH)_2$)

باعتبار أن ماءات الكالسيوم مهمة لتحسين كفاءة عملية التخثير (Teh,C.Y., et al.2016)تم إعادة العمل نفسه على عينات أضيف لها الجرعة المثلى لكلا المخثرين وعدل الـ pH إلى القيمة الأمثل ولكن بإضافة (ماءات الكالسيوم) بتركيز 5 mg/l وتم اعتماد هذه القيمة وفقاً لنتائج دراسات سابقة أظهرت فعاليته كجرعة منخفضة مع املاح الالمنيوم /الحديد في تحسين التخثير دون آثار جانبية ملحوظة (Van der linde,J.C. et al. 2020) وحساب العكارة المتبقية ومن ثم تحديد الكفاءة وترتيب النتائج بالجدول(1)

عند إضافة كلس والمخثر المناسب NTUالكفاءة الإزالة لعكارات أولية(10-50-100)

جدول(1)

العكارة الأولية NTU	10	50	100
جرعة الكلس mg/l	5	5	5
العكارة المتبقية بعد إضافة الجرعة المثالية من كبريتات الألمنيوم وعند pH=7	0.2	1.5	1
كفاءة إزالة العكارة%	98	97	99
العكارة المتبقية بعد إضافة الجرعة المثالية من كبريتات الحديدي وعند pH=6	0.1	0.9	0.9
كفاءة إزالة العكارة%	99	98.2	99

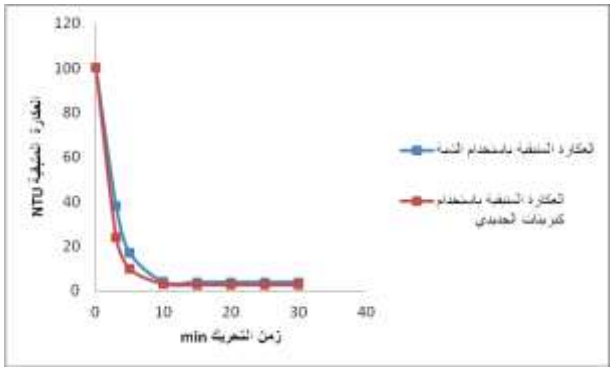
مما سبق نجد ازدياد كبير بالمردود عند إضافة ماءات الكالسيوم عند الجرعة المثالية والـ pH الأمثل لكل مخثر على حدى.

4.5.4 دراسة تأثير زمن التحريك على تخفيض العكارة لعينة مياه عكارتها الأولية NTU100:

باعتبار أن زمن التحريك البطئ هو أحد العمليات الهامة في التخثير وتسهل تشكيل الجزيئات الدقيقة وتحسين الترسيب(Moussas, p. A.,et al, 2009) سيتم دراسة تأثير زمن التحريك مرتين مرة عندما يكون المخثر كبريتات الألمنيوم ومرة عندما يكون المخثر كبريتات الحديدي.

تم أخذ عدة بياشر تحوي كل منها 1 ليتر من المياه المحضرة بعكارة NTU100 وأضيف لها جرعة المثالية لكلا المخثرين بالـ pH الأمثل المناسب وتم التحريك عند الأزمنة المختلفة وهي (3-5-10-15-20-25-30)دقيقة وتم ترسيب العينات لمدة 90 دقيقة ثم قياس العكارة المتبقية وتم التمثيل البياني بين العكارة المتبقية بنهاية زمن الترسيب وزمن التحريك المقترح وذلك بالشكل(13):

الشكل 13. العلاقة بين العكارة المتبقية وزمن التحريك وذلك بحالتين عند الشبة وعند كبريتات الألمنيوم



من الواضح بكلتا الحالتين عند إضافة الشبة أو عند إضافة كبريتات الحديدي أن تخفيض العكارة لايتأثر كثيراً بزمن التحريك البطئ بعد min15 وبالتالي لاداعي للتحريك بعد تلك الفترة.

4. الاستنتاجات والتوصيات:

أظهرت نتائج الدراسة أن كفاءة إزالة العكارة من المياه ذات العكارات مختلفة باستخدام كبريتات الألمنيوم (الشبه) وكبريتات الحديدي تعتمد بشكل مباشر على العكارة الابتدائية للمياه، الجرعة المضافة، وقيمة الـ pH .
فقد تبين أن الجرعة المثالية للشبه تراوحت بين mg/l(40-20) عند قيمة مثلى للـ pH بلغت 7 عندما العكارة الأولية للمياه تراوحت بين (10-100 NTU)
في حين تراوحت الجرعة المثالية لكبريتات الحديدي بين mg/l (30-10) عند قيمة مثلى للـ pH بلغت 6 عند العكارة الأولية للمياه تراوحت (10-100 NTU)
كما ظهر تضييق نطاق الجرعات أن القيم الدقيقة أقل قليلاً من القيم الأولية المثلى (mg/l 36 للشبة و mg/l 28 لكبريتات الحديدي عند عكارة أولية للمياه NTU100)
ممايشير إلى إمكانية تخفيض كمية المواد الكيميائية دون التأثير على الكفاءة.
أوضحت الدراسة أيضاً أن إضافة ماءات الكالسيوم كمساعد مخثر حسنت من مردود الإزالة بشكل ملحوظ عند كلا المخثرين مما يعزز أهمية استخدام المساعدات خاصة في المياه ذات العكارة العالية.
أما فيما يتعلق بزمن التحريك فقد أظهرت النتائج أن 15دقيقة للتحريك البطئ تعد زمناً مثالياً، إذ أن الزيادة بعد هذا الزمن لم تظهر فروقاً ملحوظة في الكفاءة، الامر الذي يساهم في تقليل استهلاك الطاقة وزمن التشغيل.
وانطلاقاً من هذه النتائج يمكن اقتراح مجموعة من التوصيات العملية و العلمية:

1. ضبط الجرعة المثالية لكل حالة تشغيلية حسب العكارة الابتدائية لتقليل التكاليف والأثر البيئي.
2. الحفاظ على الـ pH≈ 7 عند استخدام الشبة و الـ pH≈ 6 عند استخدام كبريتات الحديدي لتحقيق أفضل كفاءة
3. استخدام مساعدات التخثير (مثل ماءات الكالسيوم) لرفع الكفاءة عند الحاجة، خصوصاً في الظروف التشغيلية الصعبة.
4. إجراء دراسات مستقبلية حول استخدام أنواع أخرى من المساعدات الكيميائية أو الطبيعية مثل (البنتونيت، البوليمرات الحيوية) بهدف تحسين الكفاءة وتقليل الكلفة.

5. المراجع:

Ahmad, T., Ahmad, K., &Alam, M.(2020). Sustainable management of water treatment sludge through 3R concept. Journal of cleaner production, 267, 122129.

APHA(2017). Standard Methods for the Examination of water and wastewater, 23rd Edition. American public Health Association, Washington, DC.

Al-Husseiny, R. A., &Al-Saedi,A. H.(2023).An investigation into the factors influencing the effectiveness of a biodegradable natural coagulant derived from phaseolus vulagaris seeds and coagulation mechanism. Sustainability, 17,(4):1372

Li, W.(2022). Determination of cost-effective optimum coagulant dosage in drinking Water treatment. Science of the Total Environment, 852, 158477.

Moussas, P. A., & Zouboulis, A. I.(2009). Anew inorganic-organic composite coagulant, consisting of polyferric sulphate(PFS) and polyacrylamide (PAA). Water Research, 43(14), 3511-3524.

Ma, Z., & Zhang, X.(2012). Effects of coagulation pH and mixing conditions on coagulation performance. Proceedings of the 12th international conference on Applications of Advanced Materials and Technologies, 3,1-6

Shahzadi, F., Haydar, S.,& Tabraiz, S.(2024). Optimization of coagulation to Remove Turbidity from Surface Water Using Novel Nature-Based plant Coagulant and Response Surface Methodology. Sustainability, 16(7), 2941

Teh, C. Y.,et al. (2016). Sustainable coffee waste extract for a novel coagulant in drinking water treatment: optimization through response surface methodology.Process safety and Environmental protection,102, 741-750.

Van der Lind, J. C., Fosso-Kankeu, E.,Waanders, F., & Gericke, G. (2020). Investigation of effective chemical flocculation conditions for the treatment of reverse osmosis reject water from a coal power plant: Acase study. Desalination and Water Treatment, 193, 251-262.

Water.(2020). Charge Neutralization Mechanism Efficiency in Water with High Color turbidity Ratio Using Aluminium Sulfate and Flocculation index. MDPI, 12(2), 572".

السيرة الذاتية

صفاء محمود الديب حصلت على درجة البكالوريوس في هندسة الري والصرف من جامعة حمص، سوريا. ونالت درجة الماجستير في هندسة وإدارة الموارد المائية من جامعة حمص، سوريا. ثم أكملت دراسة الدكتوراه في هندسة وإدارة الموارد المائية في جامعة حمص، سوريا. وهي حاليًا دكتورة متفرغة في كلية الهندسة المدنية بالجامعة الوطنية الخاصة، حماة، سوريا. تشمل اهتماماتها البحثية هندسة وإدارة الموارد المائية؛ الاستدامة البيئية والتغيرات المناخية؛ الإدارة المستدامة والحفاظ على الموارد المائية؛ جودة المياه الجوفية وحمايتها؛ تلوث المياه والمخاطر البيئية؛ تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية والذكاء الاصطناعي في الموارد المائية؛ واستدامة وإعادة تأهيل المنشآت المائية.

نبراس حمدان حصلت على درجة البكالوريوس في الهندسة المدنية من جامعة حلب ، سوريا. ونالت الماجستير في مجال الصرف الصحي جامعة حمص، ثم أكملت الدكتوراه في مجال معالجة الصرف الصحي جامعة دمشق، تشمل اهتماماتها البحثية مجال تلوث وحماية البيئة ، واستدامة المصادر البيئية والحفاظ عليها، وهي حالياً مشرف أعمال في جامعة حمص