استخدام قشور بذور المشمش وبعض المخثرات اللاعضوية ودراسة فعاليتها في تخفيض عكارة المياه

اعداد : بنان الحسو اشراف : د. محمد أسعد

الملخص:

تعتبر عمليات التخثير والتلبيد من أكثر العمليات شيوعاً في معالجة المياه لغرض الحصول على مياه نقية وصالحة للشرب، وتوجه العديد من الباحثين لاستخدام بدائل للشبة وهي عبارة عن مواد طبيعية. أُستخدم في هذه الدراسة قشور بذور المشمش كمادة مخترة طبيعية. أجريت العديد من الاختبارات باستخدام أحواض الجار المخبرية وطُبقت التجارب على عينات مياه معكرة صنعياً باستخدام الطين بعكارات مختلفة NTU (25,50,100,150,200,250,300,500)، وباستخدام جرعات مختلفة من المخثرات مسحوق قشور بذور المشمش و كبريتات الألمنيوم و مزيج من كلا المخثرين بنسب مختلفة، وتم قياس العكارة النهائية لبيان تأثير درجة الحموضة والحرارة بعد الترسيب.

أظهرت النتائج أن أعلى كفاءة للتخثير تحققت عند معالجة العينة ذات العكارة 500 NTU باستخدام مزيج من كبريتات الألمنيوم وقشور بذور المشمش بجرعة 80 mg\L ونسبة مزيج 25% من قشور بذور المشمش إلى كبريتات الألمنيوم. كانت % 99 بدرجة حموضة pH=7.58 ودرجة حرارة T=25□، كما تمت دراسة العوامل المؤثرة على عملية التخثير باستخدام قشور بذور المشمش و أجريت التجارب على عينة 25NTU وكانت أفضل درجة حموضة، تحققت عندها أعلى كفاءة تخثير هي PH=12 وأن زمن بقاء الذي أعطى أعلى فعالية 87.96% هو 120 min ودرجة الحرارة التي حققت أعلى كفاءة هي T=60□ بنسبة.88.30%.

كلمات مفتاحية: عكارة، تخثير، تلبيد، كبريتات الألمنيوم، قشور بذور المشمش، مخثرات، ترسيب.

Abstract:
Coagulation and flocculation are among the most widely used processes in water treatment for the processes of obtaining clean and potable water, Many researchers have focused on using alternatives to alum, represented by natural materials.
in this study, apricot seed shells were used as a natural coagulant.
Several experiments were conducted using laboratory jar test apparatus, and the tests were applied to artificially turbid water samples prepared using clay(Household soil), with turbidity levels of (25, 50, 100, 150, 200, 250, and 300) NTU. Different dosages of coagulants were used, including powdered apricot seed shells, aluminum sulfate, and mixtures of both coagulants in various proportions. The final turbidity, pH, and temperature were measured after sedimentation to evaluate their effect.
The results showed that the highest coagulation efficiency was achieved when treating a water sample with a turbidity of 500 NTU using a mixture of aluminum sulfate and apricot seed shells at a total dose of 80 mg/L and a mixing ratio of 25% apricot seed shells. The removal efficiency reached 99% at a pH of 7.58 and a temperature of T = 25 °C. In addition, the factors affecting the coagulation process using apricot seed shells were studied. The experiments were conducted on a sample with an initial turbidity of 25 NTU. The optimum pH that achieved the highest coagulation efficiency was pH = 12, the retention time that gave the highest efficiency of 87.96% was 120 minutes, and the temperature that achieved the highest efficiency was
T = 60 °C with a removal efficiency of 88.3%.

Keywords: Turbidity, coagulation, flocculation, aluminum sulfate, apricot seed shells, coagulants, sedimentation

مقدمة:

تستخدم عمليات التخثير والتلبيد لسرعة التخلص من المواد العالقة في أحواض الترسيب الأولية ، كما تعمل على تحسين أداء أحواض الترسيب الثانوية ، حيث تتم إضافة مواد كيميائية تدعى بالمخثرات حيث تعمل هذه المخثرات على تجميع الجسيمات الميكروية التي لا يمكن أن تترسب بفعل الجاذبية، تحمل الجسيمات الميكروية شحنة كهربائية سالبة مما يجعلها تتنافر بشدة وتتوزع في الوسط، تبرز فعالية المخثرات من خلال قدرتها على تعديل الشحنة السطحية للدقائق الميكروية سالبة الشحنة مما يؤدي إلى تجميعها مع بعضها في كتل أكبر حجماً وبالتالي يزيد قطرها ويزداد سرعة ترسبها حسب قانون ستوكس.

تستخدم عدة مواد كيميائية كمواد مخثرة مثل كلوريد الحديد والشبة وهي مواد رخيصة ومتوفرة وذات كفاءة عالية في ترسيب المواد العالقة، إلا أن لها بعض المساوئ والتأثيرات السامة على الانسان والبيئة، حيث تؤدي التراكيز العالية في الألمنيوم إلى مرض الزهايمر المبكر إذ أنه يتراكم في الدماغ ومع الوقت يسبب الخرف المبكر[1]، لذا سارع العديد من الباحثين إلى تطوير مواد مخثرة طبيعية تضاف إلى مخثرات الألمنيوم والحديد. تهدف الدراسة الحالية إلى استخدام مخثرات طبيعية مثل قشور بذور المشمش كبديل عن الشبة، وإيجاد الكفاءة ومقارنتها مع كفاءة المخثرات الكيميائية، وتحديد النسب المثلى لمزيج من المخثرات الطبيعية والكيميائية، ودراسة تأثير كل من درجة الحرارة ودرجة الحموضة وزمن البقاء على فعالية عملية التخثير.

هناك العديد من الأبحاث التي درست استخدام المواد الطبيعية كمواد مخثرة حيث قام A.Ali والباحثون بمجموعة من الاختبارات لمقارنة فعالية مسحوق قشور الجوز وصمغ المشمش مع كبريتات الألمنيوم تبين أن استخدامهما كمواد مساعدة للتخثير مع كبريتات الألمنيوم أفضل من استخدام كبريتات الألمنيوم وحدها[1]. ودرس M.Priyatharishini وفريقه 2019 فاعلية قشور الموز ووجدوا انه أعطى أعلى

نسبة إزالة للعكارة والتي بلغت 89% [2]، كما درس Q.Hashim وآخرون عام 2021 دور قشور البرتقال في إزالة عكارة الماء مع كبريتات الألمنيوم حيث بلغت نسبة الإزالة 83.9% [3] ، وشغلت قشور البطاطا اهتمام الباحثين ففي دراسة أجراها F.Choumane وفريقه عام 2017 استُخدمت قشور البطاطا كمادة طبيعية مخثرة مع مخثر كلوريد الألمنيوم وفي دراسة لهم عام 2020 تم استخدام قشور البطاطا مع كبريتات الألمنيوم وكانت كفاءة إزالة 98% [4,5]. كما أجرى Muhammad Bahrodan وفريقه عام 2022 [6] العديد من الاختبارات لبيان فاعلية قصب السكر في إزالة عكارة الماء ووجدوا أن أعلى نسبة إزالة كانت90%، وفي دراسة أخرى أجراها S.Niesha ومجموعة من الباحثين عام 2022 قارنوا فيها أداء وفاعلية العديد من المواد الطبيعية كمواد تخثير ووجدوا أن جميعها ذات فاعلية بنسب إزالة مختلفة تتراوح بين%(99-85) منها مستخلص بذور الكركديه و الألوفيرا وهلام تين الصبار الهندي وبذور البطيخ ونبات الريحان وبذور الشمام وبذور البامية، وكذلك العدس[7]، واستخدم M.Otalora [2]عام 2022 هلام نبات تين الصبار وقارنوا كفاءته في إزالة العكارة مع مخثر كلوريد الحديد ووجدوا أن نسبة الإزالة كانت أعلى ما يمكن عند جرعة 13 mg\l من الهلام حيث وصلت إلى 82.70% مقارنة ب 94.70% عند استخدام كلوريد الحديد[8].

مواد وطرائق العمل:

الأدوات المستخدمة:

1-أحواض الجار، 2- جهاز قياس العكارة، 3-جهاز قياس درجة الحرارة

4-جهاز قياس PH وجهاز قياس TDS.

المواد المستخدمة:

1-الماء العكر المخلوط بالطين (التراب المنزلي).

2-المخثرات المستخدمة: المخثر اللاعضوي (كبريتات الألمنيوم $Al_2SO_4.18H_2O$) والمخثر الطبيعي (مسحوق قشور بذور المشمش) والملبد (بولي أكريلاميد).

3-حمض كلور الماء HCl و NaOH لتعديل الحموضة

تحضير المياه العكرة:

تم في هذه الدراسة استخدام عينات مياه ذات عكارة اصطناعية عن طريق إضافة الطين إلى المياه النقية، حيث تم تحضير عينة بعكارة 680 NTU وذلك بإضافة 100 mg\L من الطين إلى 1 L من ماء الصنبور. حركت العينة باستخدام الخلاط الكهربائي لمدة 10 min حتى تتوزع الحبيبات بشكل متجانس، وتركت العينة حتى تترسب لمدة 30 min ثم رشحت باستخدام قطعة قماش قطنية، قيست قيمة العكارة بعد الترشيح وكانت 680 NTU.

تم تحضير العينات بالعكارات المطلوبة عن طريق إضافة أو تخفيف العينة المحضرة بالماء النقي النظيف، وبتلك الطريقة تم تحضير العكارات NTU(25,50,100,150,200,250,300,500)، وينبغي الإشارة إلى أن التجارب الحالية أُجريت على مياه معكرة اصطناعياً بالطين لتأمين ظروف مخبرية مضبوطة تسمح بدراسة تأثير المتغيرات المختلفة بصورة مستقلة. أما في التطبيقات العملية فقد تحتوي المياه الطبيعية على مواد عضوية مذابة وأملاح وأيونات متنوعة قد تؤثر في آلية التخثير وكفاءته، لذلك فإن تعميم النتائج على جميع أنواع المياه يتطلب إجراء تجارب إضافية باستخدام عينات حقيقية من مصادر مختلفة للتحقق من ثبات الأداء تحت الظروف التشغيلية الواقعية.

تحضير المخثر الطبيعي (قشور بذور المشمش):

جمعت قشور بذور المشمش ونقعت بالمياه الدافئة لمدة 2h فقط، ثم جففت طبيعيا تحت أشعة الشمس لمدة 2day، فصلت القشور عن البذور ثم أعيد تجفيفها بأشعة الشمس ليوم إضافي، بعد ذلك طحنت باستخدام المطحنة الكهربائية المنزلية إلى مسحوق ناعم جداً ثم نخلت لضمان تجانس حجم الحبيبات وخزنت في عبوات جافة تماماً ومحكمة الإغلاق لحين الاستخدام.



الشكل (1): مسحوق قشور بدور المشمش المستخدم

اعتمدت هذه الدراسة على استخدام قشور بذور المشمش بعد التجفيف والطحن فقط دون إخضاعها لأي عمليات تنشيط حراري أو كيميائي، بهدف تقييم فعاليتها الأولية كمادة طبيعية منخفضة التكلفة ومتوافرة محلياً. ومن المتوقع أن يؤدي التنشيط الحراري أو الكيميائي للقشور إلى زيادة المساحة السطحية الفعالة وعدد المجموعات الوظيفية المشاركة في عملية التخثير، الأمر الذي قد يحسن كفاءة إزالة العكارة ويستحق الدراسة مستقبلاً.

خطوات إجراء التجارب العملية:

أخذت العينة ذات العكارة 500 NTU وتم قياس البارامترات الآتية (Tur,pH,TDS,T) .

أجريت التجارب باستخدام أحواض الجار المخبرية حيث تم ملء كل وعاء ب 200 mL من العينة، ثم أذيب 2 mg من كبريتات الألمنيوم في سليندر يحوي 10 mL ما مقطر وكذلك أذيب 4mg\L و 16 mg\L من الكبريتات في سليندات أخرى أضيف إلى كل وعاء من أوعية الجار محتوى سيلندر من السليندرات بحيث يصبح تركيز الكبريتات في الوعاء الأول 10 mg\L وفي الوعاء الثاني 20 mg\L وفي الوعاء التالث 40 mg\L وفي الوعاء الرابع 80mgL.

استخدم في التجارب عملية المزج السريع بسرعة 100rpm لمدة 2min بعد إضافة الكبريتات، ثم خفضت السرعة إلى 50 rpm لمدة 10 min قبل البدء بعملية التلبيد تم إضافة البولي أكريل أميد بتركيز 2 mg\L ثم يتابع المزج على سرعة 20 rpm لمدة 20 min، بعد ذلك تترك العينات للترسب لمدة 30 min.

بعد انتهاء زمن الترسيب يزال الزبد المتشكل في أعلى الوعاء وتفرغ محتوى الوعاء بحذر شديد إلى بيشر ليتم قياس كل من العكارة ودرجة الحموضة والحرارة ونسبة المواد الصلبة المعلقة، وتحسب كفاءة التخثير بالعلاقة $E_{tut\%}=(C_0-C)\backslash C_0$ ،[9]

حيث C_0: العكارة الأولية.

C: العكارة المتبقية بعد التخثير.

تكرر جميع الخطوات السابقة مع استبدال قشور بذور المشمش بكبريتات الألمنيوم.

ثم تكرر مرة أخرى باستخدام مزيج من كلا المخثرين حيث تم تحضير المزائج بالنسب الآتية:

الجدول (1): نسبة المزيج المختبر في التجارب

كمية المخثر الطبيعي (mg\L)	4	6.4	9.6	12
كمية المخثر اللاعضوي(mg\L)	12	9.6	6.4	4
النسبة (مخثر طبيعي)%	25	40	60	75

تعاد جميع الخطوات والتجارب السابقة على عينات مياه جديدة بعكارات مختلفة.

تم اختبار تأثير درجة الحموضة على عملية التخثير وخفضت درجة الحموضة باستخدام حمض كلور الماء ورفعت باستخدام هيدروكسيد الصوديوم.

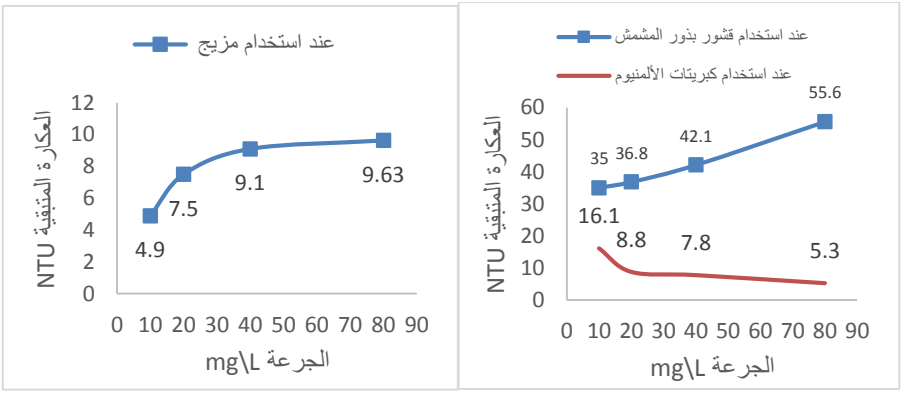
وكذلك تم اختبار تأثير زمن البقاء ودرجة الحرارة.

النتائج والمناقشة:

توضح الجداول والأشكال من (9–2) النتائج المخبرية للعكارة النهائية عند استخدام قشور بذور المشمش وحده وكبريتات الألمنيوم وحدها بجرعات مختلفة وعند استخدام مزيج من كليهما بنسب مزائج مختلفة ولمختلف العكارت.

الجدول(2): معالجة العينة ذات العكارة 500 NTU.

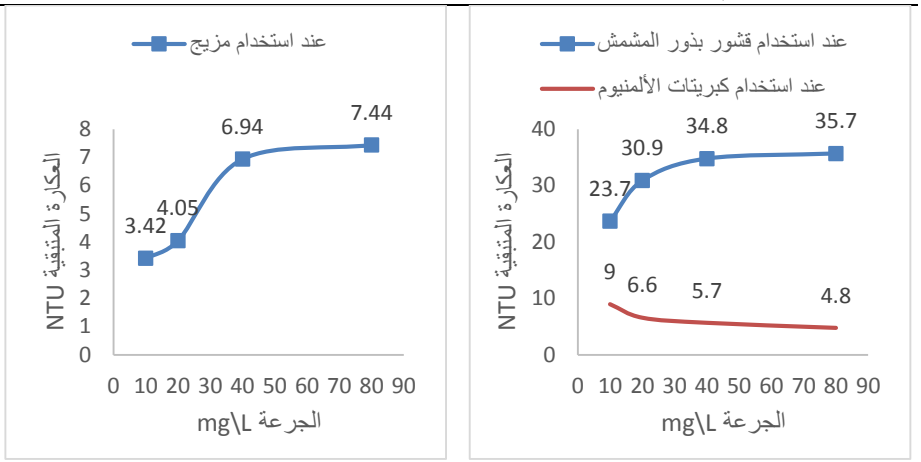
كبريتات الألمنيوم		قشور بذور المشمش		مزيج من كلا المخثرين	
الجرعة (mg\L)	العكارة المتبقية NTU	الجرعة (mg\L)	العكارة المتبقية NTU	نسبة المزيج%	العكارة المتبقية NTU
10	16.1	10	35	25	4.9
20	8.8	20	36.8	40	7.5
40	7.8	40	42.1	60	9.1
80	5.3	80	55.6	75	9.6



الشكل(2): معالجة العينة ذات العكارة 500 NTU

الجدول(3): معالجة العينة ذات العكارة 300 NTU

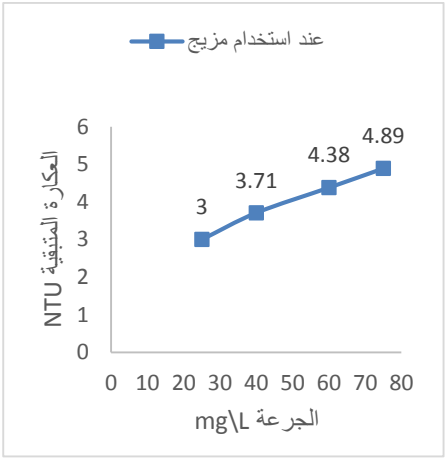
كبريتات الألمنيوم		قشور بذور المشمش		مزيج من كلا المخثرين	
الجرعة (mg\L)	العكارة المتبقية NTU	الجرعة (mg\L)	العكارة المتبقية NTU	نسبة المزيج%	العكارة المتبقية NTU
10	9	10	23.7	25	3.4
20	6.6	20	30.9	40	5
40	5.7	40	34.8	60	6.9
80	4.8	80	35.7	75	7.4

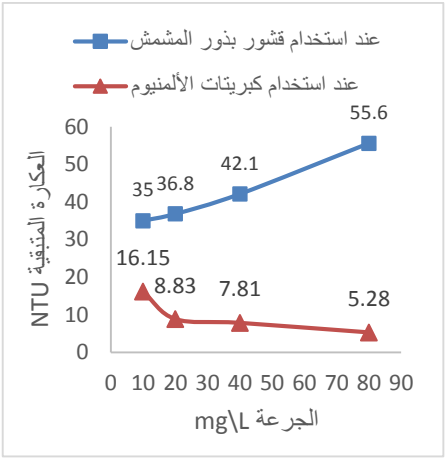


الشكل(3) : معالجة العينة ذات العكارة 300 NTU

الجدول(4): معالجة العينة ذات العكارة 250 NTU

كبريتات الألمنيوم		قشور بذور المشمش		مزيج من كلا المخثرين	
الجرعة (mg\L)	العكارة المتبقية NTU	الجرعة (mg\L)	العكارة المتبقية NTU	نسبة المزيج%	العكارة المتبقية NTU
10	7.2	10	19.7	25	3
20	6.9	20	20.7	40	3.71
40	3.9	40	35.8	60	4.4
80	3.6	80	32.2	75	4.90

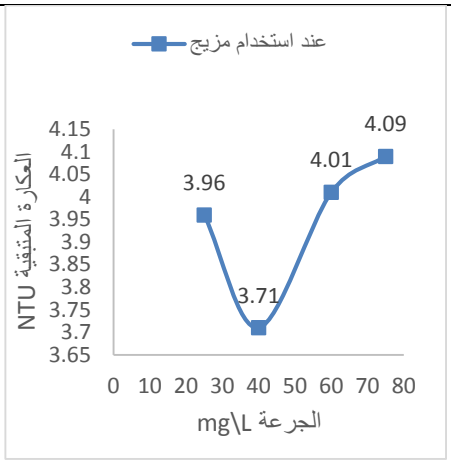


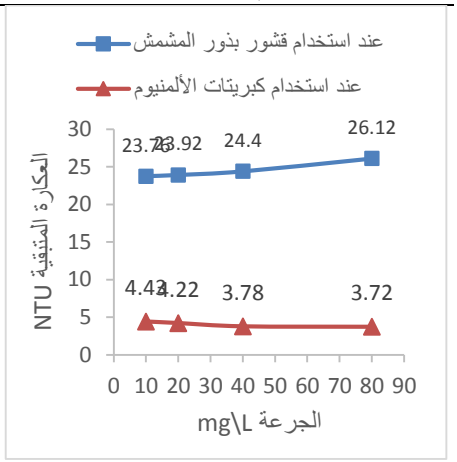


الشكل(4): معالجة العينة ذات العكارة 250 NTU

الجدول(5): معالجة العينة ذات العكارة 200 NTU

كبريتات الألمنيوم		قشور بذور المشمش		مزيج من كلا المخثرين	
الجرعة (mg\L)	العكارة المتبقية NTU	الجرعة (mg\L)	العكارة المتبقية NTU	نسبة المزيج%	العكارة المتبقية NTU
10	4.4	10	23.8	25	3.9
20	4.2	20	23.9	40	3.7
40	3.8	40	24.4	60	4
80	3.7	80	26.1	75	4.1

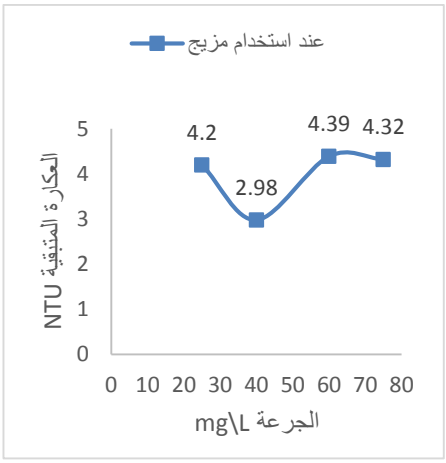


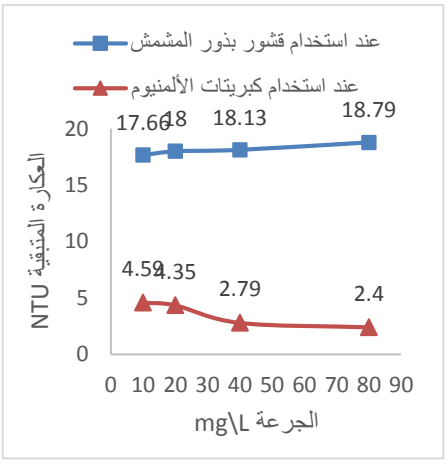


الشكل(5): معالجة العينة ذات العكارة 200 NTU

الجدول(6): معالجة العينة ذات العكارة 150 NTU

كبريتات الألمنيوم		قشور بذور المشمش		مزيج من كلا المخثرين	
الجرعة (mg\L)	العكارة المتبقية NTU	الجرعة (mg\L)	العكارة المتبقية NTU	نسبة المزيج%	العكارة المتبقية NTU
10	4.6	10	17.6	25	2.4
20	4.3	20	18	40	3
40	2.8	40	18.1	60	4.4
80	2.4	80	18.8	75	4.3

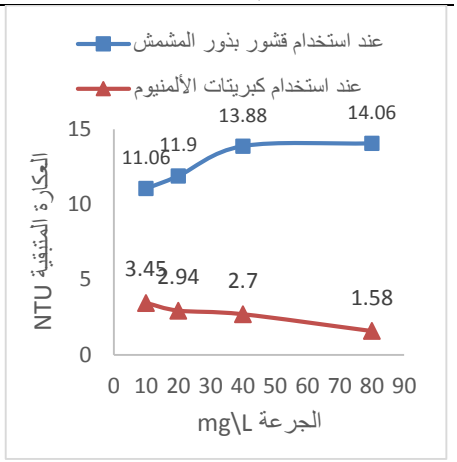


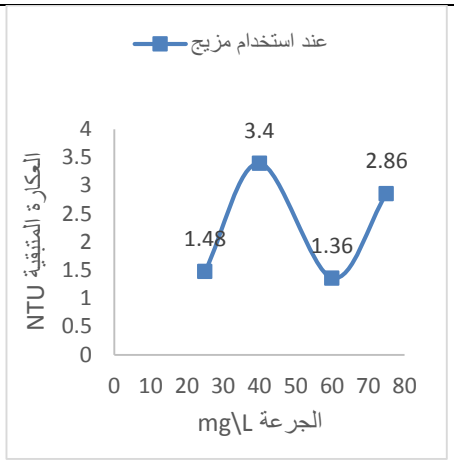


الشكل(6): معالجة العينة ذات العكارة 150 NTU

الجدول(7): معالجة العينة ذات العكارة 100 NTU

كبريتات الألمنيوم		قشور بذور المشمش		مزيج من كلا المخثرين	
الجرعة (mg\L)	العكارة المتبقية NTU	الجرعة (mg\L)	العكارة المتبقية NTU	نسبة المزيج%	العكارة المتبقية NTU
10	3.4	10	11	25	1.5
20	2.9	20	11.9	40	3.4
40	2.7	40	13.9	60	1.4
80	1. 6	80	14	75	2.9

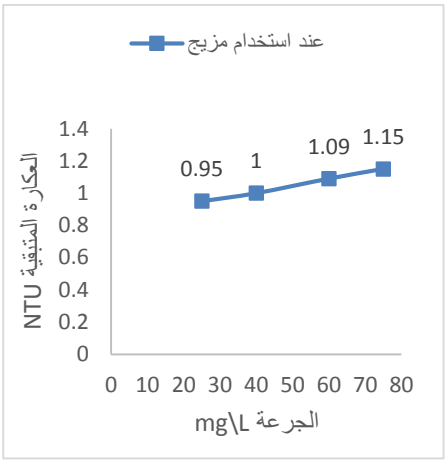


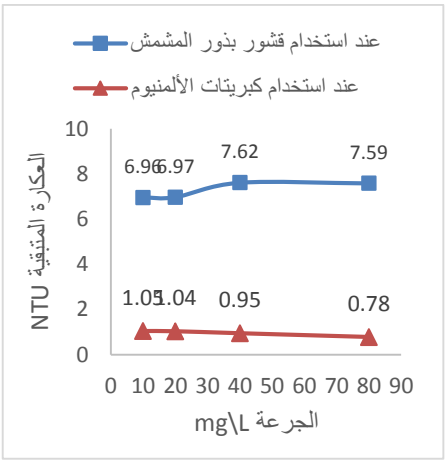


الشكل(7): معالجة العينة ذات العكارة 100 NTU

الجدول(8): معالجة العينة ذات العكارة 50 NTU.

كبريتات الألمنيوم		قشور بذور المشمش		مزيج من كلا المخثرين	
الجرعة (mg\L)	العكارة المتبقية NTU	الجرعة (mg\L)	العكارة المتبقية NTU	نسبة المزيج%	العكارة المتبقية NTU
10	1	10	6.9	25	0.9
20	1	20	6.9	40	1
40	0.9	40	7.6	60	1.1
80	0.8	80	7.6	75	1.1

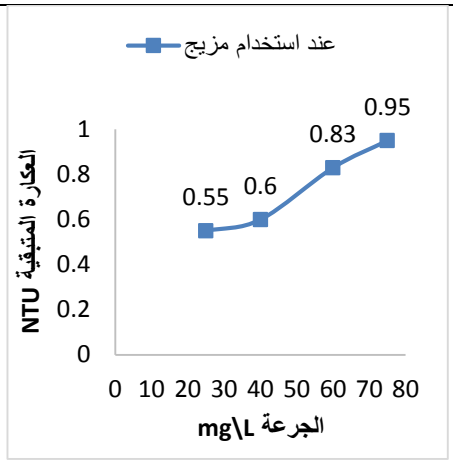


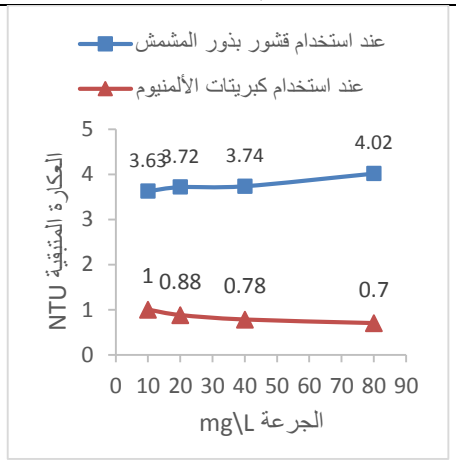


الشكل(8): معالجة العينة ذات العكارة 50 NTU

الجدول(9): معالجة العينة ذات العكارة 25 NTU

كبريتات الألمنيوم		قشور بذور المشمش		مزيج من كلا المخثرين	
الجرعة (mg\L)	العكارة المتبقية NTU	الجرعة (mg\L)	العكارة المتبقية NTU	نسبة المزيج%	العكارة المتبقية NTU
10	1	10	3.6	25	0.5
20	0.9	20	3.7	40	0.6
40	0.8	40	3.7	60	0.8
80	0.7	80	4	75	0.9





الشكل(9): معالجة العينة ذات العكارة 25 NTU

يلاحظ أنه من خلال النتائج المخبرية الموضحة في الجداول والأشكال أن قيمة العكارة المتبقية تنخفض كلما زادت الجرعة المستخدمة من كبريتات الألمنيوم، أما عند استخدام قشور بذور المشمش فالعكارة المتبقية تكون منخفضة عند استخدام جرعات منخفضة ويعود ذلك إلى أن مسحوق قشور بذور المشمش قد تترك رواسب وبقايا دقيقة من القشور مما يؤدي إلى زيادة المواد العضوية في المياه المعالجة وبالتالي زيادة العكارة.

بينت النتائج أن كبريتات الألمنيوم أعطت فعالية إزالة ثابتة مع تغير قيمة العكارة الإبتدائية، أما قشور بذور المشمش كانت أكثر فعالية عند استخدامها في معالجة المياه ذات العكارة المرتفعة.حيث خفضت قشور بذور المشمش العكارة بمعدل يتراوح بين %(93- 83.91)، وعند دمجها مع المخثر الكيميائي اللاعضوي تحسنت فعالية الإزالة لتصبح بمعدل %(99-96.2)

لدراسة تأثير درجة الحموضة على عينة بعكارة أولية 25 NTU تم استخدام محلول مائي لحمض كلور الماء لتحضير عينات بدرجات حموضة pH=3-5 ومحلول مائي لهيدروكسيد الصوديوم لرفع درجة الحموضة إلى pH=9-12،

توضح النتائج في الجدول التالي.

الجدول (10): تأثير درجة الحموضة على عملية التخثير باستخدام قشور بذور المشمش عند معالجة عينة بعكارة ابتدائية 25 NTU

pH	3	5	9	12
Tur(NTU)	19	13	3.32	2.68
$E_{tur\%}$ (%)	24	48	86.71	89.28

أظهرت النتائج أنه كلما ارتفعت درجة الحموضة وزادت قلوية الماء كانت فعالية إزالة العكارة بقشور بذور المشمش أعلى.

وعند اختبار تأثير زمن البقاء تم الحصول على النتائج التالية.

الجدول (11): تأثير زمن البقاء على عملية التخثير باستخدام قشور بذور المشمش عند معالجة عينة بعكارة ابتدائية 25 NTU

زمن البقاء(min)	52	70	90	120
Tur(NTU)	3.62	3.54	3.32	3.01
$E_{tur\%}$ (%)	85.49	85.84	86.72	87.96

وتم أيضا دراسة تاثير درجة الحرارة ويوضح الجدول التالي تأثيرها على فعالية عملية التخثير.

الجدول (12): تأثير درجة الحرارة على عملية التخثير باستخدام قشور بذور المشمش عند معالجة عينة بعكارة ابتدائية 25 NTU

درجة الحرارة □	25	30	40	60
Tur(NTU)	3.63	3.51	2.34	2.3
$E_{tur\%}$ (%)	85.48	85.96	86.64	88.3

عند مقارنة نتائج الدراسة الحالية بنتائج الدراسات السابقة يتبين أن قشور بذور المشمش أظهرت فعالية جيدة في إزالة العكارة، حيث تراوحت كفاءة الإزالة بين 83.91% و93% عند استخدامها منفردة، وارتفعت إلى نحو 99% عند استخدامها مع كبريتات الألمنيوم. وتعد هذه النتائج مقاربة لما حققته قشور الموز التي بلغت كفاءة الإزالة لديها نحو 89%، وكذلك مخلفات قصب السكر التي سجلت فعالية تقارب 90%، كما أنها تقترب من النتائج المسجلة لقشور البطاطا المستخدمة كمساعد تخثير. ويعود الاختلاف بين الدراسات إلى طبيعة المادة المستخدمة وخصائصها السطحية والجرعات المطبقة وظروف التشغيل المختلفة، إلا أن النتائج تؤكد أن قشور بذور المشمش تمثل مادة واعدة يمكن استخدامها كمساعد تخثير طبيعي منخفض التكلفة ومتوافر محلياً.

الاستنتاجات والتوصيات:

- من خلال النتائج الموضحة تبين أن فعالية الإزالة بواسطة قشور بذور المشمش تزداد كلما ارتفعت قيمة العكارة الأبتدائية، وانخفضت الجرعة المستخدمة وأعلى فعالية تحققت بنسبة 93% عند معالجة عينة بعكارة 500 NTU بجرعة 10 mg\L.
- تزداد فعالية الإزالة باستخدام مزيج من قشور بذور المشمش مع كبريتات الألمنيوم بمقدار 1% عن فعالية الإزالة باستخدام كبريتات الألمنيوم وحدها مما يبرز دورها كمادة داعمة للمخثرات الكيميائية.
- تزداد فعالية الإزالة بالتسخين وتنخفض كلما انخفضت درجة حرارة العينة ودرجة الحرارة الأفضل 40°C حيث حققت كفاءة إزالة 86.64% وبعدها تصبح الزيادة غير ملحوظة مقارنة بازدياد استهلاك الطاقة للتسخين.
- تتاثر قيمة العكارة المتبقية بالرقم الهيدروجيني حيث تنخفض كلما ارتفعت درجة الحموضة وتعتبر القيمة الأفضل للحموضة هي درجة الحموضة الطبيعية للمياه pH=7.6 حيث حققت كفاءة 85.49% والقيم الأعلى من ذلك غير مرغوبة في المياه بالإضافة لذلك تصبح زيادة الكفاءة غير ملحوظة عند رفع درجة الحموضة وغير مجدية اقتصاديا.
- تنخفض قيمة العكارة المتبقية في العينة المعالجة بالتخثير والتلبيد كلما زاد زمن البقاء و أفضل زمن بقاء 120 min تحققت عنده نسبة إزالة 87.96% وبعده تصبح الزيادة غير ملحوضة مقارنة بالزيادة الكبيرة في الزمن.
- تعتبر مادة قشور بذور المشمش مادة فعالة في إزالة العكارة، ويمكن استخدامها منفردة أو معززة للمخثرات اللاعضوية.
- دراسة التأثير التراكمي والمستمر لاستخدام قشور بذور المشمش على جودة المياه المعالجة في حال تطبيقها لفترات طويلة، وذلك لتقييم استقرار أدائها وغياب أي تأثيرات جانبية.
- اقتراح تطوير طرق كيميائية أو فيزيائية بسيطة لتحسين فعالية القشور كالكربنة أو التنشيط الكيميائي بهدف زيادة المساحة السطحية وتحسين الامتزاز

المصادر والمراجع:

1-A.H.Ali,Y.S.Tlaiaa and Z.A.Nasir-Sustainable used of natural coagulant aid for enhancing the performance of alum to treat turbidity water-IOP Conference series : Materials science and engineering-2019.

2-M.priyatharishini,N.M.Mokhtar and R.A.Kristani-Study on effectiveness of banana peel coagulant in turbidity reduction of synthetic wastewater-International journal ofengineering technology and sciences-2019.

3-F.Z.Choumane,F.Zaoui,F.Kandouci,B.Maachou and B.Benguella- Use of the potato peels and the bentonite as additives of flocculation in the wastewater treatment of the STEP of saida-2018.

4-F.Z.Choumane,F.Zaoui,F.Kandouci,B.Maachou and B.Benguella-Valorization of potato peel residues to produce a bioflocculant to be used in the treatment of liquid effluents-IOP Conference series : Materials science and engineering,volume 1204-2020.

5-L.Q.Hashim, A.A.Hasson,G.H.Fadheal and S.A.Naeem-Increment of water turbidity removal efficiency using plant assistant mucilage for alumn-Iraq journal of science and technology-2021.

6-M.B.Bahrodin, N.S.Zaidi, A.Kadier,N.Hussein,A.Syafiuddin and R.Boopathy-A Novel Nature Active coagulant agent extracted from the sugarcane bagasse for wastewater treatment-Journal of applied sciences-2022.

7-S.Niesha,C.Howawasam,D.J.Jayasnaka,Y.Murakmi,N.Arake and N.Maharjan-Effectiveness of natural coagulant in water and wastewater treatment-Global journal of environment science and management (GJESM)-2022

8-M.Carolina Otalora, A.Torres, C.R.Lara, J.A.G.Castano and G.R.Cifuentes-Evaluation of turbidity and color removal in water treatment: A Comparative study between opuntia ficus-indica Fruit peel mucilage and FeCl3-Journal of polymers-2022

10-APHA-Standard methods of water and wastewater Examination 18th Edition -American public Health Association Washining-1985