

## تقييم نوعين من مساعدات التخثير العضوية البوليمرية مع الشب لإزالة عكورة ماء نهر دجلة لاستخدامه للأغراض الصناعية

حبايب عبد الحسين الطائي  
مدرس  
معهد التكنولوجيا / بغداد

أحلام عبد الرحيم فرحان  
أستاذ مساعد  
معهد التكنولوجيا / بغداد

احلام سعيد معروف

الجامعة التكنولوجية/ قسم الهندسة الكيميائية

### المستخلص :

تم دراسة نوعين من المخثرات المساعدة العضوية مع الشب ومن نوع البوليمرية هما البولي أكريل أمايد السالب الشحنة والبولي أثيلين كلابكول لإزالة كدرة الماء الخام من نهر دجلة لغرض استخدامه في المشاريع الصناعية المختلفة وكانت الجرعة ( 0.05 – 0.5 mg/l ) للبولي أكريل أمايد (PAM) و ( 1 – 15 mg/l ) للبولي أثيلين كلابكول ( PEG ) ، تضاف الى جرعة مختلفة من الشب بحدود ( 4 – 36 mg/l ) ولعكارات ابتدائية للماء الخام ( 100, 220, 400 ) وحدة عكورة (NTU) . كان مزيج PAM والشب أفضل في إزالة العكارة في جميع مستويات العكورة الابتدائية للماء الخام من الشب لوحده ، ومن مزيج PEG والشب ، ماعدا عند مستوى العكارة 220 NTU كان PEG أفضل قليلا من مزيج PAM والشب . أن مزيج PEG والشب كان أفضل في إزالة العكارة عند العكورة NTU (100, 220) ولكنه أقل عند مستوى العكورة العالية NTU (400) من الشب لوحده . أن مزيج PAM مع الشب المستخدم في هذا البحث أدى إلى ظهور لبادات متكثله يمكن ملاحظتها بسهولة بالعين المجرة مقارنة بمزيج PEG والشب أو الشب بمفرده . وبذلك فإن أمكانية التخلص من هذه التكتلات تكون أسهل وأسرع. كانت الحدود المثالية لـ PAM ( 0.05 – 0.275 mg/l ) ولـ PEG ( 1-8 mg/l ) عند إضافتهما إلى الشب عند أفضل جرعة له ( 20 mg/l ) . وقد تبين أن زيادة الشب عن الحدود المثالية هذه لا تعطي خفض في العكارة المتبقية ولجميع العكارة الابتدائية للماء الخام والنسب المختلفة المضافة لمساعدتي التخثير كلاهما .

**An assessment of two kinds of organic polymers  
coagulant aids with Alum to remove turbidity from Tigris  
river water for industrial use**

*Asst. Prof Ahlam A. Farhan*

*Lecturer Habayib A.AL- Ta'ai*

*Institute of Technology / Baghdad*

*Asst. Lecturer Ahlam S. Ma'arouf*

*Engineering Department.*

### **Abstract :**

*This study deals with two kinds of organic polymers coagulant aids with Alum . They are polyacrylamide negative charge and Polyethylene glycol to remove water turbidity of water from the Tigris river to use it in various industrial project .*

*The doses were ( 0.05 – 0.5 mg / l ) for polyacrylamide ( PAM ) , and ( 1 – 15 mg / l ) for Polyethylene glycol ( PEG), to be added to different doses of alum about ( 4 – 36 mg / l ) .*

*As for the initial turbidities of raw water ( 100, 220, 400 ) NTU . The mixture of PAM and Alum was better in removing turbidity in all the levels of initial turbidity of raw water than Alum alone and the mixture of PEG and Alum , except in the turbidity level 220 NTU , PEG was a little better than the mixture of PAM and Alum . The mixture of PEG and Alum was better removal turbidity than Alum alone at (100,220) NTU and less at (400) NTU. The mixture of PAM and Alum has formed clear big flocks which can be removed easily, while using a mixture of PEG and Alum or using Alum alone will not form such flocks. The optimum amounts of PAM ( 0.05 - 0.275 mg/l ) and for PEG ( 1- 8 mg / l ) when they are added to Alum at the best amount of ( 20 mg / l ) . The study shows that exceeding the optimum amounts of Alum does not decrease the remaining turbidity for all the initial turbidity of raw water for the various amounts added to both coagulant aids .*

## المقدمة :

تحتاج أغلب المشاريع الصناعية إلى المياه وبمواصفات معينة منها أن تكون خالية من الأطيان والأجسام العالقة , وعليه تتطلب معالجة مسبقة لمياه النهر وهو المصدر الرئيسي للماء ، منعا للمشاكل التي قد تصادف الوحدات الصناعية من ترسبات وانسداد في الأنابيب والمضخات .

تعتبر كبريتات الألمنيوم والمعروفة بمادة الشب المادة المخثرة الأكثر استخداما في محطات التنقية وأول من استخدم الشب هم الصينيون في بيوتهم لتنقية مياه الشرب وكان أول استخدام له في محطات التنقية في مدينة نيوجرسي عام 1885<sup>[1]</sup> ، تزداد عكارة ماء النهر بالأخص خلال موسم هطول الأمطار وجرف الأطيان إلى مجرى النهر وتصل إلى مستويات عالية فيؤدي إلى تقليل ضخ المياه الصالحة للشرب من محطات التنقية لبطئ المعالجة باستخدام الشب بمفرده وصعوبة تشغيل المرشحات في تلك الظروف وينطبق ذلك أيضا على محطات المعالجة للمياه للإغراض الصناعية.

وهناك بعض المؤشرات والمحاذير من استعمال مادة الشب حيث تتطلب العكارة العالية للماء إضافة كميات كبيرة من الشب والتي تعطي تأثيرا عكسيا في زيادة العكارة للماء بدلا من خفضها ، إضافة إلى طبيعة الشب الحامضية بعد إذابته بالماء تؤدي زيادته إلى زيادة حامضية الماء فيتطلب زيادة كميات الكالسيوم ( Lime ) المضافة لغرض السيطرة على الـ pH الرقم الهيدروجيني . ويتفاعل هيدروكسيد الكالسيوم منتجا كبريتات الكالسيوم التي يؤثر وجودها مع ايونات الألمنيوم ( المتمثلة بالشب ) الزائدة تأثيرا على نوعية الماء المنقى<sup>[2]</sup> وبالتالي إلى زيادة الكلفة الاقتصادية .

تساهم مساعدات التخثير بشكل فعال في خفض العكارة العالية وتقليل نسبة الشب المستخدمة , وهناك أنواع منها العضوية مثل المواد البولي الكتروليتية العضوية ومنها اللاعضوية .

أن المواد البولي الكتروليت العضوية أو ما يسمى متعددة الشحنات ذات الأوزان الجزيئية العالية متوفرة كمواد سالبة anionic أو موجبة cationic أو متعادلة (لا شحنة ) nonionic , تعمل هذه المواد على معادلة الشحنات السالبة للمواد الغروية العالقة<sup>[3]</sup> . بينت البحوث نتائج جيدة عند استعمال المواد البولي الكتروليت لوحده أو كعامل مساعد مع الأملاح غير العضوية مثل الشب في تنقية المياه وإزالة العكورة ولها تأثير أكبر من الشب وأملاح الحديد في معادلة شحنات العوالق الغروية وأزالتها من الماء العكر بإنتاج لبادات بأحجام كبيرة وزيادة سرعة ترسيبها ، مع تقليل كميات الشب المضافة<sup>[4,5,6]</sup> وهناك دراسة استخدم فيها خليطا ثنائيا (مزدوجا) من البولي الكتروليت الموجب الشحنة في تنقية المياه العادمة ومياه الصرف الصحي وبكفاءة أعلى مما لو استخدم كل بوليمر لوحده مع خفض جرعة البوليمر إلى أقل من النصف<sup>[7]</sup> .

يعتبر البولي أكريل أميد PAM من المواد المتعددة الشحنات العضوية ذات الأوزان الجزيئية العالية , وهناك دراسات وبحوث تناولت استخدامه ومشتقاته الموجبة والسالبة في معالجة الماء الخام ومياه الصرف الصحي وقد أظهرت نجاحا في إزالة المواد العضوية واللاعضوية في حالة استخدامه لوحده أو مع المخثرات اللاعضوية مثل الشب<sup>[8,9]</sup> ، واستخدم مع الشب في إزالة الفسفور الذائب في مياه البزل الزراعي حيث أزيل 93% وكانت نسبة الشب ( 4 ppm ) و PAM ( 2ppm )<sup>[10]</sup> . استخدم مسحوق قشور الجوز كمخثر طبيعي لوحده وكمساعدة للتخثير مع الشب ومقارنته مع البولي الكتروليت الصناعي ومع الشب لوحده ضمن مدى من العكورة الابتدائية ( 5 - 100 ) NTU وأعطت

قشور الجوز والبولي الكتروليت أزالة جيدة للعاكارة مقارنة مع الشب ضمن مستويات معينة للعاكارة الابتدائية [11]. وهناك دراسات حول العوامل التي تؤثر على عملية التخثير والترسيب وتأثير pH وجرعات المخثرات ومساعدات التخثير العضوية واللاعضوية ضمن مستويات من العكورة الابتدائية الواطنة والعالية [12, 13].

أما البولي أثيلين كلايكول PEG هو من المواد البوليمرية العضوية له استخدامات عديدة في مجال الصناعات المتنوعة ومنها الصناعات الدوائية [14]. لقد استخدم كمخثر لوحده ومع إضافة  $CaCl_2$  كمادة مساعدة له في تقليل عكارة الماء من مخلفات التعدين [15]. تمتاز مساعدات التخثير البوليمرية بكفاءة جيدة في إزالة العكارة من الماء وبإضافة جرعات قليلة منها وأنها تعمل ضمن مدى واسع للرقم الهيدروجيني للماء (pH) [16]، ولا تحتاج الى إضافة مواد قاعدية لموازنة (pH)، ان طبيعة الرواسب المتكونة تكون بحجم اقل وكثافة عالية بالأخص في حالة استخدام البولي اكريل امايد مقارنة مع الرواسب الناتجة من بقية المخثرات ومساعدات التخثير الأخرى [16, 9].

هناك تحفظ من بعض البلدان لاستخدام البوليمرات العضوية في عمليات تصفية مياه الشرب و يعتبر البولي اكريل امايد احدها، ان البولي اكريل امايد ليس له تأثير على الصحة ولكن تأثيره يأتي من احتوائه اثناء تصنيعه على وحدات غير متبلرة من الاكريل امايد التي تدعى المونيمر (monomer) اذا زادت نسبتها في الماء تؤثر على صحة الإنسان ومن البلدان التي تمنعها هي اليابان وسويسرا، أما فرنسا وألمانيا وأمريكا وضعت قوانين صارمة لتقييد استعمال البوليمرات العضوية ونسبتها في مياه الشرب لا يمكن تجاوزها [16].

تم في هذا البحث أخذ مستويات العكورة تتراوح بين ( 400 - 100 ) وحدة عكورة وهي من مستويات العكورة العالية للماء التي غالبا ما تصل إليها خلال موسم هطول الامطار وعلى ضوء فحوصات الماء في تقارير محطات التصفية في تلك المنطقة من نهر دجلة . استخدمت مساعدات التخثير البوليميرية العضوية وهي البولي أكريل أمايد (PAM) وبتراكيز مختلفة تراوحت بين ( 0.05 – 0.5mg/l ) وبولي أثيلين كلايكول (PEG) بحدود (1 – 15 mg/l) حيث تضاف وتمزج كلا منها إلى جرعة مختلفة من الشب بحدود ( 4 – 36 mg/l ) لغرض إزالة العكارة من الماء ولتقليل نسب الشب العالية التي تضاف عند مستويات العكورة العالية .

## المواد وطرائق العمل :

### 1 - نماذج الماء :

أخذت نماذج الماء من مياه نهر دجلة قرب معمل الزيوت النباتية في بغداد ، وتم تعديل العكورة للمستويات المطلوبة بإضافة نسب من الطين المأخوذ من المناطق القريبة من النهر .

### 2 - تحضير المخثر :

أخذ الشب ( كبريتات الالمنيوم  $Al_2(SO_4)_3$  ) المستخدم في مشاريع مياه الشرب والمجهز من رومانيا وبنسبة نقاوة ٩٠% وحضر تركيز 1% منه ، بإذابة 1غم منه في 100 مللتر ماء مقطر ، يستخدم للعكورة العالية للماء . و

بإذابة 1 غم من الشب في لتر من الماء المقطر لاستخدامه للعودة للواطنة للماء . حدود نسب الشب المضافة (4 – 35 mg/l) وهي التراكيز المحسوبة في 1 لتر من الماء الخام في جهاز فحص الجرة .

### 3 – تحضير مساعدات التخثير :

أستخدم مساعد التخثير PAM ذو الوزن الجزيئي 10000 من نوع سالب الشحنة anion من شركة Kemira SUPERFLOC أخذ 0.05 غم منه وأذيب في 100 مللتر ماء مقطر ومع التحريك المستمر لحين أذابته وحضر منه التركيز بحدود (0.05 – 0.5 mg/l) عند أضافتها إلى 1 لتر من الماء الخام في جهاز فحص الجرة .

أما مساعد التخثير PEG ذو الوزن الجزيئي 4000 ومن شركة Kemira أيضا , أخذ 0.5 غم منه وأذيب في لتر من الماء المقطر وحضرت التراكيز (1 – 15 mg/l) عند أضافتها إلى 1 لتر من الماء الخام في جهاز فحص الجرة .

### 4 – جهاز فحص الجرة : [17]

يتكون من ستة أوعية سعة 1 لتر يوضع في كل منها 1 لتر من نماذج الماء الخام ويحتوي على ستة مازجات (Paddle) وللجهاز منظم للسرعة ضمن المدى (0 – 200) دورة بالدقيقة وتضبط سرعة المزج على السرعة العالية (200 دورة / بالدقيقة) ولمدة 1 دقيقة بعد إضافة المخثر ( الشب ) ومساعدات التخثير PEG , PAM عند النسب والكمية المحددة وحسب التجارب المصممة. وهذه تمثل مرحلة الخلط السريع (مرحلة التخثير أو التكتيل Coagulation) وثم تأتي مرحلة الخلط البطئ (Flocculation) مرحلة التلييد حيث تضبط السرعة على (40 دورة / بالدقيقة) , ولمدة 20 دقيقة . وبعد هذه المرحلة تترك الأوعية بدون مزج وهي مرحلة الترسيب ولمدة 20 دقيقة . تؤخذ العينات من الأوعية بواسطة ماصة تغمر في الماء لمسافة 5 cm وتسحب العينة مع مراعاة عدم تهيج الماء .

### 5 - الفحوصات :

أجريت الفحوصات حسب الطرق القياسية لفحوصات الماء [18] . تم قياس العكارة الابتدائية للماء الخام بعد عملية التكتيل والتلييد في جهاز النفيلوميتر Nephelometric Model 2100A وحداتها NTU وهي مختصر (Nephelometric Turbidity Unit) بعد اجراء المعايرة باستخدام المحاليل القياسية . تم قياس الرقم الهيدروجيني (pH) بجهاز pH – meter من شركة HANNA HI 98107 والتوصيلية الكهربائية بوحدة (µS / cm) بجهاز من شركة HANNA HI 98303 ، والمواد الصلبة الذائبة الكلية TDS بجهاز من شركة HANNA HI 98301 بوحدة (ppm)

### تصميم التجارب :

استخدمت طريقة Box – Wilson composite rotatable design في تصميم التجارب [19] . وتم الاعتماد على جدول تصميم التجارب لمتغيرين ولكل متغير خمسة مستويات ( خمسة قيم ) ولكل من مساعدي التخثير مع الشب وكما يلي : نسبة الشب المضافة ( 4 – 36 mg/l ) وحدود نسبة PAM ( 0.05 – 0.5 mg/l ) أما PEG بحدود ( 1-15 mg/l ) صممت التجارب باعتبار الشب X<sub>1</sub> رمز للمتغير الأول و X<sub>2</sub> رمز للمتغير الثاني وهو مساعد

التخثير PAM وتكون عدد التجارب 13 تجربة مصممة لخمسة مستويات للمتغيرات هذه . ونفس الشيء في تصميم التجارب مع مساعد التخثير PEG والشب . يوضح الجدولين (1) ، (2) طريقة ترتيب المتغيرات لكل تجربة والمستويات خمسة من أعلى قيمة إلى أوطأ قيمة لكل متغير محسوب بدلالة (code number)

هي 1.414 , 1 , 0 , -1 , -1.414 - أن طريقة تصميم التجارب هذه تفيد بإعطاء معلومات أكثر وبتجارب أقل من خلال ترابط المتغيرات مع بعضها والحصول على معادلة رياضية تفسر ذلك . ولتحديد النسب الحقيقية وما يقابلها من Code نتبع المعادلات التالية:<sup>[19]</sup>

$$X_{\text{center}} = \frac{X_{\text{max}} + X_{\text{min}}}{2}$$

$$X_{\text{code}} = \frac{X_{\text{act}} - X_{\text{center}}}{X_{\text{center}} - X_{\text{min}} \sqrt{k}}$$

$X_{\text{max}}$  : أعلى قيمة للمتغيرين  $X_1$  و  $X_2$

$X_{\text{min}}$  : أقل قيمة للمتغيرين

$X_{\text{center}}$  : منتصف القيمة

$X_{\text{act}}$  : القيمة الحقيقية للمتغيرين  $X_1$  و  $X_2$

$K = 2$  عدد المتغيرات

وكانت النتيجة كما يلي :

$$X_{\text{code}} = \frac{X_{\text{act}} - 20}{11.315} \quad 1 - \text{للشب}$$

$$X_{\text{code}} = \frac{X_{\text{act}} - 0.275}{0.1591} \quad 2 - \text{للبولي اكريل امايد (PAM)}$$

$$X_{\text{code}} = \frac{X_{\text{act}} - 8}{4.95} \quad 3 - \text{للبولي اثيلين كلايكول (PEG)}$$

جدول ( 1 ) العكارة المتبقية لنسب مختلفة من الشب ومساعد التخثير PAM عند العكارة الابتدائية للماء الخام

100 NTU

رقم التجربة	قيم Code للمتغيرات		القيم الحقيقية للمتغيرات		العكارة المتبقية NTU Y	pH الرقم الهيدروجيني
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	الشب ( mg/l )	البوليمر PAM ( mg/l )		
1	-1	-1	8.685	0.116	3.5	8.8
2	1	-1	31.315	0.116	2.1	8.5
3	-1	1	8.685	0.434	5	8.7
4	1	1	31.315	0.434	2	8.5
5	-1.414	0	4	0.275	6	8.7
6	1.414	0	36	0.275	4	8.3
7	0	-1.414	20	0.05	1	8.5
8	0	1.414	20	0.5	1.6	8.4
9	0	0	20	0.275	1.2	8.4
0	0	0	20	0.275	1.2	8.4
11	0	0	20	0.275	1.5	8.5
12	0	0	20	0.275	2	8.4
13	0	0	20	0.275	1.5	8.4

جدول ( 2 ) القيم الحقيقية للمتغيرين الشب والبولي اكريل امايد وما يقابلها من رقم الـ Code

بوليمر اكريل امايد (mg /l) X <sub>2</sub>	شب X <sub>1</sub> (mg /l)	code
0.05	4	-1.414
0.116	8.685	-1
0.275	20	0
0.434	31.315	1
0.5	36	1.414

جدول ( 3 ) العكارة المتبقية لنسب مختلفة من الشب ومساعد التخثير PAM عند العكارة الابتدائية للماء الخام

## 220 NTU

رقم التجربة	قيم Code للمتغيرات		القيم الحقيقية للمتغيرات		العكارة المتبقية NTU	pH الرقم الهيدروجيني
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	الشب ( mg/l )	البوليمر PAM ( mg/l )		
1	-1	-1	8.685	0.116	9	8
2	1	-1	31.315	0.116	9.5	8.7
3	-1	1	8.685	0.434	6.7	8
4	1	1	31.315	0.434	5.5	7.6
5	-1.414	0	4	0.275	4.5	7.6
6	1.414	0	36	0.275	6.8	8.1
7	0	-1.414	20	0.05	19	8.1
8	0	1.414	20	0.5	6.5	8
9	0	0	20	0.275	4	8.1
0	0	0	20	0.275	4.3	8
11	0	0	20	0.275	4	8
12	0	0	20	0.275	4.1	7.9
13	0	0	20	0.275	4.1	7.9

جدول ( 4 ) العكارة المتبقية لنسب مختلفة من الشب ومساعد التخثير PAM عند العكارة الابتدائية للماء الخام

## 400 NTU

رقم التجربة	قيم Code للمتغيرات		القيم الحقيقية للمتغيرات		العكارة المتبقية NTU	pH الرقم الهيدروجيني
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	الشب ( mg/l )	البوليمر PAM ( mg/l )		
1	-1	-1	8.685	0.116	17	8
2	1	-1	31.315	0.116	30	8.1
3	-1	1	8.685	0.434	9	8
4	1	1	31.315	0.434	22	7.9
5	-1.414	0	4	0.275	15	7.7
6	1.414	0	36	0.275	22	7.7
7	0	-1.414	20	0.05	14	8.4
8	0	1.414	20	0.5	8	8
9	0	0	20	0.275	8.5	8.1
0	0	0	20	0.275	7.5	8.1
11	0	0	20	0.275	7.5	8.3
12	0	0	20	0.275	7	8.1
13	0	0	20	0.275	7.5	8.1

جدول ( 5 ) العكارة المتبقية لنسب مختلفة من الشب ومساعد التخثير PEG عند العكارة الابتدائية للماء الخام

رقم التجربة	قيم Code للمتغيرات		القيم الحقيقية للمتغيرات		العكارة المتبقية NTU	pH الرقم الهيدروجيني
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	الشب ( mg/l )	البوليمر PEG ( mg/l )		
1	-1	-1	8.685	3.05	5.3	8.6
2	1	-1	31.315	3.05	2.5	8.3
3	-1	1	8.685	12.95	6.8	8.6
4	1	1	31.315	12.95	2	8.2
5	-1.414	0	4	8	12	8.6
6	1.414	0	36	8	2.7	8.2
7	0	-1.414	20	1	2.3	8.4
8	0	1.414	20	15	2.2	8.4
9	0	0	20	8	2	8.3
0	0	0	20	8	2.1	8.4
11	0	0	20	8	2	8.3
12	0	0	20	8	2	8.4
13	0	0	20	8	2	8.4

جدول ( 6 ) العكارة المتبقية لنسب مختلفة من الشب ومساعد التخثير PEG عند العكارة الابتدائية للماء الخام

220 NTU

رقم التجربة	قيم Code للمتغيرات		القيم الحقيقية للمتغيرات		العكارة المتبقية NTU	pH الرقم الهيدروجيني
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	الشب ( mg/l )	البوليمر PEG ( mg/l )		
1	-1	-1	8.685	3.05	5	7.9
2	1	-1	31.315	3.05	4	8.2
3	-1	1	8.685	12.95	5.5	7.8
4	1	1	31.315	12.95	4.8	7.8
5	-1.414	0	4	8	5	7.9
6	1.414	0	36	8	2.8	7.8
7	0	-1.414	20	1	4.2	8.2
8	0	1.414	20	15	3.8	8.2
9	0	0	20	8	3.3	8
0	0	0	20	8	3.2	8.1
11	0	0	20	8	3.2	8.2
12	0	0	20	8	3.3	8.3
13	0	0	20	8	3.3	8.3

جدول ( 7 ) العكارة المتبقية لنسب مختلفة من الشب ومساعد التخثير PEG عند العكارة الابتدائية للماء الخام

#### 400 NTU

رقم التجربة	Code فيم للمتغيرات		القيم الحقيقية للمتغيرات		العكارة المتبقية NTU	pH الرقم الهيدروجيني
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	الشب ( mg/l )	البوليمر PEG ( mg/l )		
1	-1	-1	8.685	3.05	42	8.2
2	1	-1	31.315	3.05	27.5	8.1
3	-1	1	8.685	12.95	46.5	8.1
4	1	1	31.315	12.95	25	7.9
5	-1.414	0	4	8	82	8.2
6	1.414	0	36	8	35	8.2
7	0	-1.414	20	1	20	8.2
8	0	1.414	20	15	22	8.2
9	0	0	20	8	21	8.1
10	0	0	20	8	20	8.1
11	0	0	20	8	23	8.2
12	0	0	20	8	22	8
13	0	0	20	8	22	8

جدول ( 8 ) القيم الحقيقية للمتغيرين الشب والبولي اثيلين كلايكل وما يقابلها من رقم ال- Code

code	شب X <sub>1</sub> mg /l	بوليمر اثيلين كلايكل X <sub>2</sub> mg/l
-1.414	4	1
-1	8.685	3.05
0	20	8
1	31.315	12.95
1.414	36	15

جدول ( 9 ) المعادلات لتي تربط الشب والمخثرات المساعدة كمتغيرين  $X_1$  و  $X_2$  للحصول على نسبة العكورة المتبقية  $Y$  لكل نسبة عكارة ابتدائية للماء الخام

نوع البوليمر	العكارة الابتدائية	المعادلة	معدل نسبة الخطأ %	معامل الارتباط Correlation coefficient
PAM	100	$Y = 1.48 - 0.9036 X_1 + 0.2811 X_2 - 0.4 X_1 X_2 + 1.7604 X_1^2 - 0.09015 X_2^2$	9.9	0.97
	220	$Y = 4.1 + 0.3191 X_1 - 2.9973 X_2 - 0.425 X_1 X_2 + 0.3934 X_1^2 + 3.9445 X_2^2$	10.2	0.89
	400	$Y = 7.5994 + 4.4879 X_1 - 3.061 X_2 + 6.6393 X_1^2 + 2.8881 X_2^2$	10.5	0.87
PEG	100	$Y = 2.02 - 2.5942 X_1 + 0.1073 X_2 - 0.5 X_1 X_2 + 2.503 X_1^2 - 0.0478 X_2^2$	10.7	0.95
	220	$Y = 3.2599 - 0.6014 X_1 + 0.0918 X_2 + 0.075 X_1 X_2 + 0.5389 X_1^2 + 0.5889 X_2^2$	7.2	0.76
	400	$Y = 21.6 - 12.8092 X_1 + 0.6036 X_2 - 1.75 X_1 X_2 + 17.3286 X_1^2 - 1.4271 X_2^2$	7.6	0.96

جدول (10) التحاليل الكيماوية للماء بعد عملية التخثير والتلبيد عند النسب المثالية لكلا مساعدي التخثير PAM و PEG مع الشب ومقارنتها مع الماء الخام عند العكورة المختلفة للماء الخام

العكارة الابتدائية	نوع المادة	نسبة مساعدة التخثير mg/l	نسبة الشب mg/l	العكارة المتبقية NTU	الرقم الهيدروجيني pH	التوصيلية $\mu\text{S} / \text{cm}$	TDS ppm
100NTU	PAM	0.05	20	0.9	8.5	867	468
	PEG	1	20	1.77	8.4	863	463
	الشب فقط	-	20	3.5	8.3	800	457
الماء الخام ذو العكارة 100NTU		-	-	-	8.5	874	466
220NTU	PAM	0.275	20	4.1	8	853	432
	PEG	8	20	3.26	8.2	1241	576
	الشب فقط	-	20	10	8.6	835	474
الماء الخام ذو العكارة 220NTU		-	-	-	8.5	1082	519
400NTU	PAM	0.275	20	7.6	8.2	901	425
	PEG	1	20	17.89	8.2	1363	657
	الشب فقط	-	20	16	8.6	832	475
الماء الخام ذو العكارة 400NTU		-	-	-	8.7	1367	661

### النتائج والمناقشة :

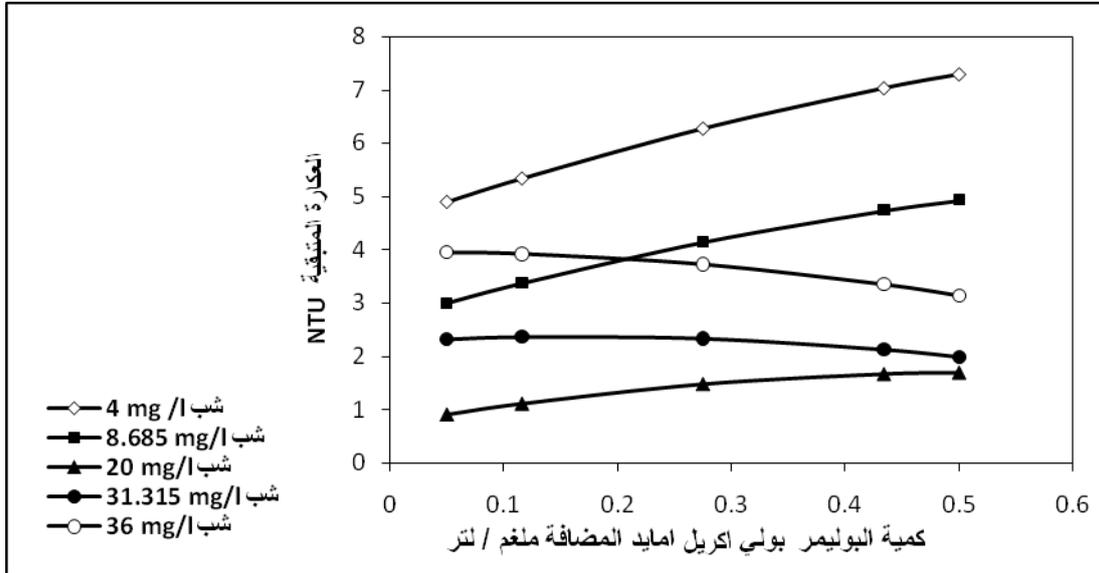
يوضح الجدولين (1) ، (2) طريقة ترتيب المتغيرات لكل تجربة ولمستويات خمسة وبالطريقة نفسها تم عمل جداول لتصميم التجارب كما في الجدولين 1 و 2 لبقية العكارات الابتدائية 220 و 400 ولكلا مساعدي التخثير مع الاخذ بنظر الاعتبار الاختلاف بتركيزيهما .

1 - تبين الجداول (1 - 8) نتائج تصميم التجارب للمتغيرين المتمثلين بنسبة الشب  $X_1$  ومساعدي التخثير  $X_2$  لكل من ( PAM , PEG ) لحساب العكارة المتبقية Y وعند مختلف مستويات العكارة الابتدائية لماء النهر

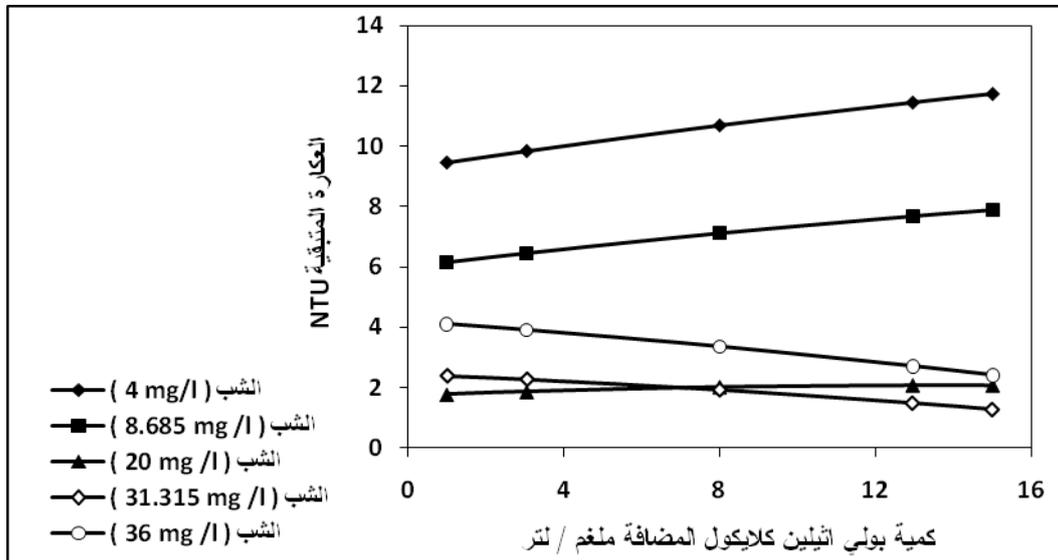
(100, 220, 400) وحدة عكورة . ولغرض ربط هذه المتغيرات مع بعضها ومع العكارة المتبقية تم الحصول على معادلة من الدرجة الثانية من نوع polynomial وبنسبة معدل الخطأ أقصاها % 10.7 موضحة بالجدول (9) تم قياس الرقم الهيدروجيني ( pH ) للماء بعد عملية التخثير والتلبيد ولجميع التجارب وتراوح بين 7.6 - 8.8 .

2 - توضح الأشكال (1, 2) عند العكارة الابتدائية 100 NTU كانت نسبة الشب (20 mg/l) ولمساعد التخثير PAM (0.05 mg/l) أعطت أقل عكارة متبقية 0.9 NTU. ولمساعد التخثير PEG أعطى التركيزين (3.05, 1 mg/l)

عكارة متبقية NTU (1.77, 1.86) على التوالي و نسبة الشب ايضا (20 mg/l) .

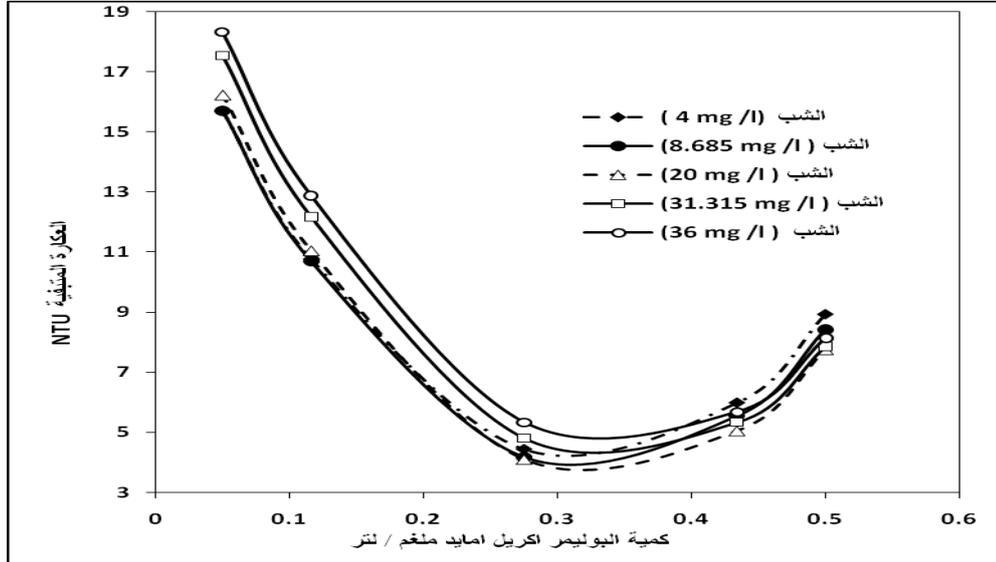


شكل ( 1 ) العكارة المتبقية لكميات مختلفة من البوليمر اكريل اميد عند تثبيت نسب مختلفة للشب للعكارة الابتدائية 100 NTU

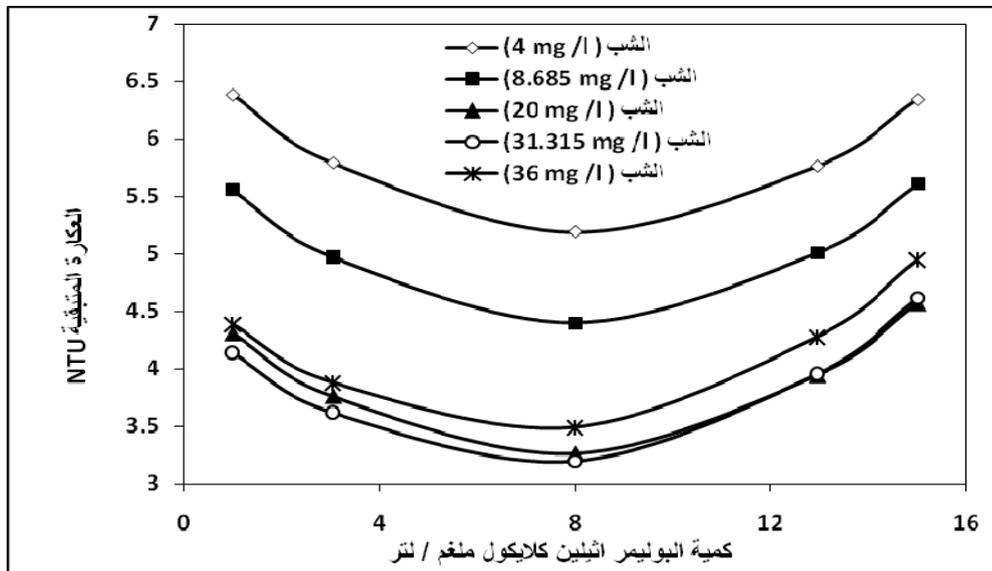


شكل ( 2 ) العكارة المتبقية لكميات مختلفة من البوليمر (بولي اثيلين كلايكول) عند تثبيت نسب مختلفة للشب للعكارة الابتدائية للماء 100 NTU

3 - عند العكارة الابتدائية 220 NTU كانت العكارة المتبقية 4 NTU عند نسبة الشب ( 20 mg/l ) مع نسبة البوليمر PAM ( 0.275 mg/l ) . أما نسبة البوليمر PEG كانت ( 8 mg/l ) ونسبة الشب ( 20 mg/l ) أعطت عكارة متبقية 3.26 NTU . كما موضحة بالشكلين ( 3 , 4 ) .

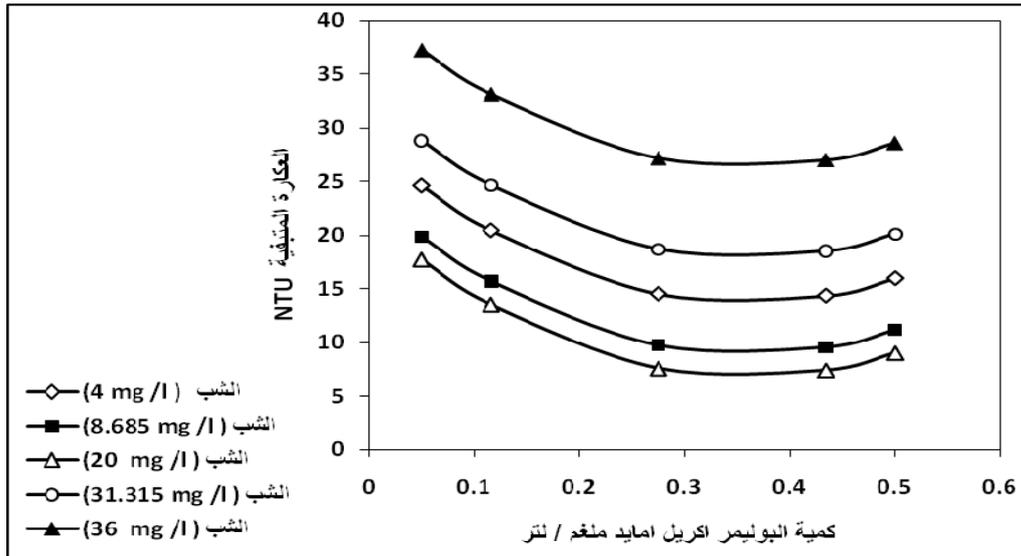


شكل ( 3 ) العكارة المتبقية لكميات مختلفة من البولي اكريل اميد عند تثبيت نسب مختلفة للشب للعكارة الابتدائية 220 NTU

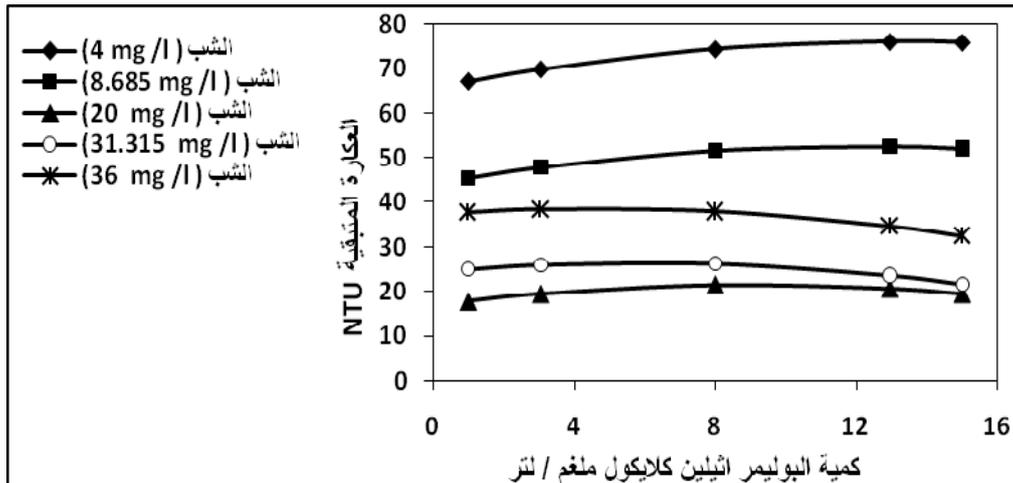


شكل ( 4 ) العكارة المتبقية لكميات مختلفة من البوليمر بولي اثيلين كلايكول عند تثبيت نسب مختلفة للشب لعكارة أبتدائية للماء 220 NTU

4 - عند العكارة الابتدائية 400 NTU أعطت نسبة (0.275 mg/l) من البوليمر PAM مع نسب الشب (20 mg/l , 8.68) عكارة متبقية بحدود (7.6 , 9.75) على التوالي بينما لم يعطي البوليمر PEG خفض جيد بالعكارة حيث سجل أقل عكارة متبقية بحدود 17.8 NTU عند نسبة (1 mg/l) للبوليمر مع (20 mg/l) للشب كما موضحة بالشكلين (5, 6) . وعليه أن نسبة (20 mg/l) للشب هي أفضل نسبة في خفض العكارة عند مزجها مع كلا مساعدي التخثير ولجميع مستويات العكارة الابتدائية.

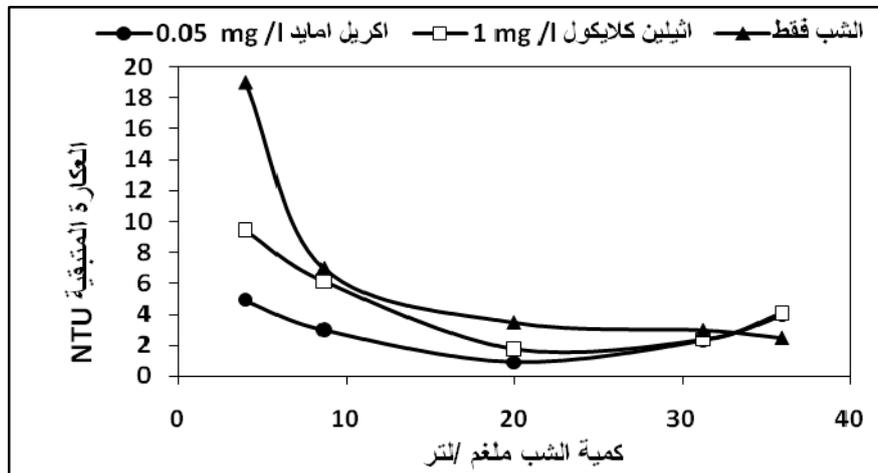


شكل ( 5 ) العكارة المتبقية لكميات مختلفة من البوليمر بولي اكريل امايد عند تثبيت نسب مختلفة للشب للعكارة الابتدائية 400 NTU

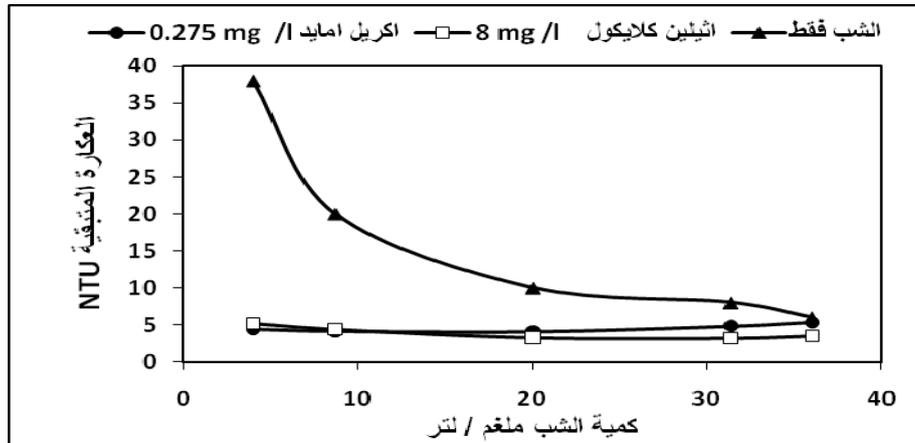


شكل ( 6 ) العكارة المتبقية لكميات مختلفة من البوليمر بولي اثيلين كلايكول عند تثبيت نسب مختلفة للشب لعكارة ابتدائية للماء 400 NTU

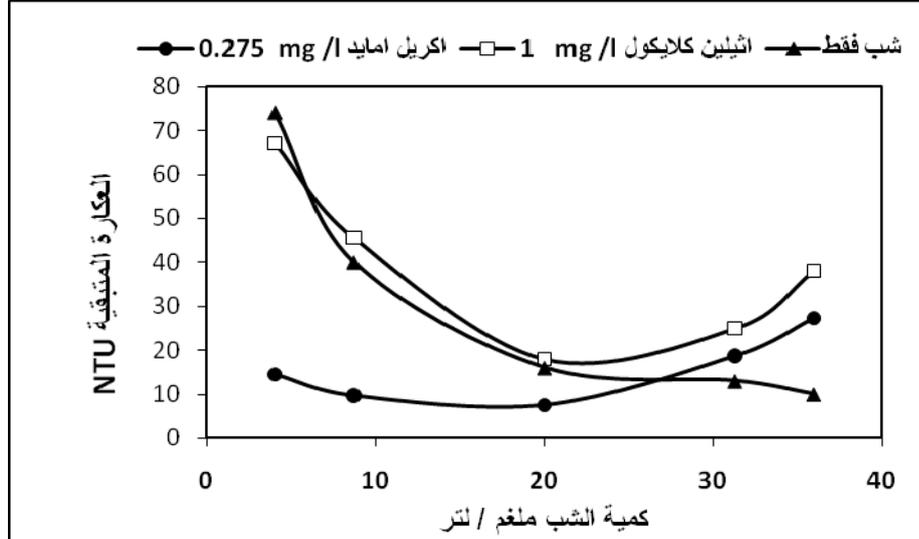
5 - للمقارنة بين استخدام الشب لوحدته ومزجه مع النسب المثالية لكلا مساعدي التخثير، توضح الأشكال (7, 8, 9) أن استخدام مساعدات التخثير مع الشب تساهم بشكل أفضل فاعلية في خفض العكارة المتبقية عنه في حالة الشب لوحدته , ان العكارة تنخفض في البداية لتصل الى حد معين ثم تبدأ تزداد بزيادة نسبة الشب وكلا مساعدي تخثير في حالة الشب لوحدته يزداد خفض العكارة في البداية و ثم تقل نسبة الانخفاض مع زيادة نسبة الشب أي ان هناك نسبة مثالية عند تجاوزها تسبب زيادة العكورة وكانت النسبة هنا هي ( 20 mg/l ) , السبب أنه من الممكن الحصول على أحسن إزالة للعوالق الغروية عندما تتساوى الشحنات السالبة للعوالق مع الشحنات الموجبة  $Al^{+3}$  أما بقية أيونات الألمنيوم الزائدة تبقى بشكل هيدروكسيد معقد وبدون الاتصال مع الشحنات السالبة الموجودة على العوالق الغروية مما يؤدي إلى زيادة الكدرة وانخفاض الرقم الهيدروجيني [12]. أن مزيج PEG مع الشب أقل كفاءة في خفض العكارة من مزيج PAM مع الشب ومن الشب لوحدته عند مستوى العكارة الابتدائية 100- 220 NTU .



شكل (7) العكارة المتبقية عند النسب المثالية لمساعدات التخثير مع الشب ومقارنته مع الشب لوحدته عند العكارة الابتدائية للماء 100 NTU



شكل (8) العكارة المتبقية عند النسب المثالية لمساعدات التخثير مع الشب ومقارنته مع الشب لوحدته عند العكارة الابتدائية للماء 220 NTU



شكل (9) العكارة المتبقية عند النسب المثالية لمساعدات التخثير مع الشب ومقارنته مع الشب لوحده عند العكارة الابتدائية للماء 400 NTU

أما مزيج PAM مع الشب كان جيدا في خفض العكارة وعلى جميع مستويات العكارة الابتدائية , وقد لوحظ أن طبيعة الرواسب المتكونة أقل حجما ومكتنلة وذات كثافة أكثر فيسهل تجفيفها والتخلص منها في احواض الترسيب وتختلف عما يكونه مزيج PEG مع الشب وما يكونه الشب لوحده . أن سبب كفاءة PAM مقارنة مع PEG قد يعود السبب إلى الوزن الجزيئي لـ PAM أعلى من PEG وهذا يعني عدد كبير من المواقع الأيونية حيث يجري التخثير بمعادلة شحنات العوالق ( الغرويات ) بهذه المواقع المتأينة . أي أن درجة ارتباط البوليمر PAM وأحاطته بالعوالق لتكوين لبادات كبيرة تكون أكثر وخاصة عند العكارة العالية للماء [20] .

٦ - يوضح الجدول (10) التحاليل التي اجريت للماء الخام وللماء بعد اضافة المخثر (الشب) له ومساعدتي التخثير البولي اكريل اميد والبولي اثيلين كلايكول وإضافة الشب لوحده عند النسب المثالية لهم , ويلاحظ انه لا يوجد تغير كبير بالرقم الهيدروجيني وان قيم التوصيلية والمواد الصلبة الذائبة TDS تقع ضمن المحددات القياسية العالمية WHO للمياه الصالحة للشرب .

جدول (10) التحاليل الكيماوية للماء بعد عملية التخثير والتليبد عند النسب المثالية لكلا مساعدي التخثير PAM و PEG مع الشب ومقارنتها مع الماء الخام عند العكورة المختلفة للماء الخام

العكارة الابتدائية	نوع المادة	نسبة مساعدة التخثير mg/l	نسبة الشب mg/l	العكارة المتبقية NTU	الرقم الهيدروجيني pH	التوصيلية μS / cm	TDS ppm
100NTU	PAM	0.05	20	0.9	8.5	867	468
	PEG	1	20	1.77	8.4	863	463
	الشب فقط	-	20	3.5	8.3	800	457
الماء الخام ذو العكارة 100NTU		-	-	-	8.5	874	466
220NTU	PAM	0.275	20	4.1	8	853	432
	PEG	8	20	3.26	8.2	1241	576
	الشب فقط	-	20	10	8.6	835	474
الماء الخام ذو العكارة 220NTU		-	-	-	8.5	1082	519
400NTU	PAM	0.275	20	7.6	8.2	901	425
	PEG	1	20	17.89	8.2	1363	657
	الشب فقط	-	20	16	8.6	832	475
الماء الخام ذو العكارة 400NTU		-	-	-	8.7	1367	661

### الاستنتاجات :

- 1- أن مزيج مساعد التخثير PAM مع الشب أعطى كفاءة جيدة في إزالة العكارة عند المستويات المختلفة للعكارة الابتدائية للماء الخام أفضل من الشب لوحده أما مزيج PEG والشب كان جيد في إزالة العكارة عند مستويات العكارة الابتدائية (100-220) NTU ولكن كان الأقل عند العكارة 400 NTU .
- 2 - أن زيادة نسبة الشب عن الحدود معينة تؤدي الى زيادة العكارة المتبقية بدلا من خفضها وينطبق ذلك عن الشب لوحده أو مزجه مع مساعدي التخثير البوليمرية .
- 3- للحصول على مستوى معين للعكارة المتبقية للماء الخام فان استخدام مساعدات التخثير البوليمرية تعمل على تقليل من نسب الشب المستخدمة عادة في حالة استخدامه لوحده .
- 4 - أعطى مزيج مساعدات التخثير البوليمرية وبالأخص بولي اكريل امايد والشب راسب (حمأة) متكتل وبحجم قليل فتزاد بذلك كثافته مما يسهل تحفيفه والتخلص منه مقارنة مع الشب لوحده

## التوصيات :

- 1 – دراسة جدوى اقتصادية .
- 2 – البحث عن بدائل طبيعية لمساعدات التخثير لغرض استخدامها في تصفية مياه الشرب لتلافي الأخطار الصحية التي قد تتواجد عند استخدام مساعدات تخثير صناعية .
- 3 – الاستفادة من مساعدي التخثير في معالجة مياه الصرف الصحي او المياه الناتجة من المصانع المختلفة لإزالة العوالق العضوية واللاعضوية قبل طرحها إلى النهر لتقليل التلوث الذي تحدثه بعض المصانع .

## المصادر

- 1 - Packham , R . F . , "The Coagulation Process Areview of Some Recent Investigation" Proc . Soc .Wat . Treat . Exam. Vol .12 . No . 1 ( 1963) .
- 2 - Robinson , C .N. , "Polyelectrolytes as Primary Coagulants for Potable – Water System" J . AWWA. Vol . 66, No .4 , (1974 )
- 3 - الردايده ، جمال احمد " كيمياء المياه ومعالجتها " دار الامل للنشر والتوزيع ، اربد – الاردن 2001
- 4 – Johnson , C.E. " Polyelectrolytes as Coagulation and Coagulation Aids " Ind. Eng .Chem. Vol. 48 , No .6 ( 1956 ) .
- 5 - Black , A.P. Birkner , F.B. & Morgan , J.J. , " Destabilization of Dilute Clay Suspension With Labelled Polymer " . J . AWWA . Vol . 57 , No . 12 (1965) .
- 6 - Kleber , J . P . , "Municipal Water Treatment With Polyelectrolytes" Publ . , Work . Vol . 104 , No . 10 , (1973 ) .
- 7 - محرم رياض عبد الله ، " دراسة الية تنقية المياه باستخدام الخليط المزدوج من البوليمر الكاتأيوني بولي الكتروليت " رسالة دكتوراه ، قسم الهندسة الميكانيكية ، جامعة جراد فولجو ، روسيا ( 2007 ) .
- 8 - V . F . Kurenkov , H. G . Hartan , F. I.Lobanov " Application of Polyacrylamide Flocculants for Water Treatment ".http://chem. kstu . ru , Chemistry and Computational Simulation. Butlerov Communications. Vol. 3 . No . 11 . 31. 2002.
- 9 – Amuda, os, Amoo, Ia , Ipinmoroti , Ko , Ajayi , oo " Coagulation / Flocculation Process in the Removal of Trace Metals Present in industrial Wastewater "J .Appl . Sci. Environ . Mgt . Vol. 10 (3) 159-162 , September, ( 2006 ) .
- 10 - L. B. Mason, C . Amrhein , C. C . Goodson , M. R , Matsumoto & M . A . Anderson "Reducing Sediment and Phosphorus in Tributary Water with Alum and Polyacrylamide" Published in J . Environ . Qual 34 : 1998 – 2004 ( 2005 ) .

- 11 - أمين ، أحلام زكي " استخدام مسحوق قشور الجوز كمساعد مخثر طبيعي مع الشب بالمقارنة مع الشب لوحدده أو الشب مع البولي الكتروليت الصناعي LT22 في ازالة عكورة الماء " مجلة الرافدين. مجلد 17 عدد 3 ( 2009 )
- 12- المشهداني ، ثامر جاسم " ازالة المواد العالقة في الماء الخام المستعمل في المشاريع الصناعية " . رسالة ماجستير ، قسم الهندسة الكيماوية . الجامعة التكنولوجية ، بغداد- العراق ( 1983 ) .
- 13 - حسن ، محمد سلمان ، مصعب عبد الجبار التمر " استخدام طين البنتونايت كمخثر أو كمساعد للتخثير مع كبريتات الحديدوز في ازالة العكورة المصطنعة من الماء " مجلة الرافدين الهندسية مجلد 14 عدد 4 ( 2006 ) .
- 14 - [http://www.Kfupm.edu.Sa/library/lib-downloads,polyethylene glycol](http://www.Kfupm.edu.Sa/library/lib-downloads,polyethylene%20glycol) .
- 15 - Ray . Her Fan " Using Polyethylene as a Coagulant for Reducing Turbidity From Placer Mining Discharge" M. Sc. Thesis , University of Alaska, September (1987) .
- 16- Bae,Y.H, Kim,H.J., Lee,E.J. " Potable water Treatment By Polyacrylamide Base Flocculants, Coupled With an Inorganic Coagulant " Environ. Eng. Res. Vol 12, No.1 , PP 21-29 Korean Society of Environmental Engineers (2007)
- 17 - زين العابدين , ايمان حسين " معالجة المياه الملوثة بالفضلات النفطية لشركة نفط الشمال " , رسالة ماجستير, قسم الهندسة الكيماوية ، الجامعة التكنولوجية , بغداد – العراق ( 2003 ) .
- 18 - APHA – AWWA - WPCF, "Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater ", 18 ed American Public Health Association Washington , D. C , U.S.A. (1995)
- 19 - Cochran , W. G. , and Cox , G. M . " Experimental Design " . John Wiley and Sons , New York . ( 1957)
- 20 - د. محمد أنيس اللبلة ، د. شميم أحمد ، د. أي جو . مدليروكس " تصاميم هندسة أساله الماء" ، وزارة العالي والبحث العلمي / جامعة الموصل ( ١٩٧٨ ) .