

استعمال خميرة الخبز في المعالجة الحيوية لإزالة المعادن الثقيلة من مياه الصرف الصناعي
Use of *Saccharomyces Cerevisiae* in Biological Treatment for Heavy Metals Uptake from Industrial Wastewater

عدنان نظام، ورغد باذنجانة

Adnan Nizam & Raghad Baznjaneh

قسم علم الحياة النباتية، كلية العلوم، جامعة دمشق، دمشق، سوريا

بريد الكتروني: raghadbaznjaneh@yahoo.com

تاريخ التسليم: (٢٠١١/٨/٨)، تاريخ القبول: (٢٠١٢/٢/١٢)

ملخص

أخذت سلالة خميرة الخبز *Saccharomyces cerevisiae* من معمل خميرة شبعاء في دمشق وتُمتيت على الوسط المناسب بهدف اختبار قدرتها على إزالة المعادن الثقيلة، وأجريت مقارنة قدرة خميرة الخبز على إزالة الكاديوم والكوبلت في شروط تنمية متباينة حيث استعملت ثلاثة تركيزات لكل معدن عند ثلاث قيم pH وثلاث درجات حرارة. تمكنت خميرة الخبز المنمأة من إزالة كلاً من الكوبلت والكاديوم بشكل مفرد ومن إزالتها مختلطتين، فبلغت أعلى إزالة من الكوبلت 1.99 جزءاً في المليون من جزأين في المليون، ومن الكاديوم 0.48 جزءاً في المليون من 0.5 جزء في المليون، ولوحظ ازدياد معدّل الإزالة قليلاً بوجود المعدنين معاً، كما كانت درجات الحرارة ٥ و ٢٨°م وقيم pH ٤ و ٩ ظروفاً فضلى للإزالة. ويمكن تطبيق هذه التقنية الحيوية باستعمال خميرة الخبز في إزالة المعادن الثقيلة من مياه الصرف الصناعي.

الكلمات المفتاح: مياه الصرف الصناعي، التقنية الحيوية، خميرة الخبز، المعادن الثقيلة، معالجة المياه.

Abstract

A strain of *Saccharomyces cerevisiae* was taken from Shabaa yeast manufactory in Damascus and it was grown in a suitable culture in order to test its ability to uptake heavy metals. A comparison was made on the ability of *Saccharomyces cerevisiae* to uptake Cadmium and Cobalt in different growing conditions, where three concentrations were used for each metal at three pH degrees and three temperatures. The grown

Saccharomyces cerevisiae was able to uptake both Cobalt and Cadmium individually and combined; the highest uptake amount of Cobalt reached 1.99 ppm from 2 ppm, and for Cadmium 0.48 ppm from 0.5 ppm. It was noticed that the uptake rate increased when the two metals were in combination, and temperatures were 5 °c and 28 °c, and pH 4 and 9, which are best conditions. This biotechnology can be applied using *Saccharomyces cerevisiae* to uptake heavy metals from industrial wastewater.

Key words: Industrial wastewater, Biotechnology, *Saccharomyces cerevisiae*, Heavy metals, Water treatment.

١. مقدمة الدراسة

تُعد المعادن الثقيلة من الملوثات المهمة الشديدة الخطورة لأن عدداً كبيراً منها يمتلك تأثيرات سامة، حيث تحتوي المخلفات السائلة الصناعية مجموعة من الملوثات المختلفة، ويحتوي بعضها المعادن الثقيلة والملوثات الخطرة التي يمكن أن تتراكم في نسيج الإنسان والحيوانات والنباتات، وكذلك في المياه السطحية والجوفية (درويش ٢٠٠٣).

ولا تزال المعطيات الخاصة بتوزيع المعادن الثقيلة في الوسط المحيط وامتصاص النباتات لها وعلاقتها بالصحة قليلة، وإن كان بعضها ساماً للإنسان حتى بتركيزات ضئيلة، وبعضها الآخر ساماً للنباتات (Oancea et al. 2005). ويُعد التلوث بالمعادن الثقيلة واحداً من المشكلات المقلقة (Kar et al. 1992) لأسباب عديدة، مثل التأثير الضار لبعض هذه العناصر في الأحياء حتى لو وجدت بتركيزات ضئيلة، كما أن لبعضها تأثيرات سامة ومسرطنة. تتراكم المعادن الثقيلة ضمن أجسام الحيوانات التي تعيش في البيئة المائية وقد تؤدي إلى موتها تحت تأثير التركيز المرتفع، إضافة إلى أن المعادن الثقيلة تنتقل إلى الإنسان في السلسلة الغذائية بوساطة الأسماك والطحالب والنباتات، ويمكن أن تصل هذه الملوثات إلى التربة الزراعية مع المياه الملوثة (Kar et al. 1992).

وبذل العلماء جهداً كبيراً من خلال الدراسات التي أجروها اعتماداً على طرائق معالجة المخلفات الصناعية، وتأتي في مقدمتها من حيث الأهمية المعالجة الحيوية Biological treatment، ويقصد بها استعمال الأحياء المختلفة كالجراثيم والفطريات والطحالب والنباتات في معالجة وإزالة الملوثات السامة (المواد العضوية، وغير العضوية، والمعادن الثقيلة) من المياه الملوثة، على أنها أفضل الطرائق الحديثة لمعالجة الملوثات، ولذلك يجب تحسين كفاءة إزالة الملوثات من المخلفات السائلة الصناعية التي تلوث الموارد المائية، وتعتمد في الأساس على الأحياء الدقيقة ولاسيما الجراثيم والخمائر، إذ أمكن إزالة تركيزات مرتفعة من المعادن الثقيلة من المحاليل باستعمال الأحياء الدقيقة.

ويهدف البحث إلى استعمال خلايا خميرة الخبز في المعالجة الحيوية لمياه الصرف الصناعي من المعادن الثقيلة.

٢. مواد البحث وطرائقه **Materials and Methods**

١.٢. المواد والأدوات

- وسط (YEPG) Yeast Extract Peptone Glucose السائل المعدل ويتكوّن من: خلاصة الخميرة Yeast Extract، خلاصة الشعير Malt Extract، ماء البيتون Peptone Water، الغلوكوز، الماء المقطر Distiller Water.
- وسط (YEPG) Yeast Extract Peptone Glucose الصلب المعدل: ويتكوّن من مكوّنات الوسط السابق نفسها مع إضافة الأغار - آغار Agar - Agar لتصليب الوسط.
- محلول عياري لمعدن الكاديوم في هيئة ملح نترات الكاديوم المائية $Cd(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$.
- محلول عياري لمعدن الكوبلت في هيئة ملح نترات الكوبلت المائية $Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$.
- محلول ماءات الصوديوم NaOH ٤% لرفع pH الوسط من 5.5 إلى ٧ أو ٩. وحمض الخل الثلجي Acetic Acid لخفضها إلى ٤.
- حوجلات زجاجية Flasks سعة ٥٠ مل، أنابيب تنفيل بلاستيكية معقمة سعة ١٣ مل، عبوات بلاستيكية معقمة سعة ٦٠ مل، أطباق بتري، ورق بارافيلم Parafilm. وجهاز pH meter، الأوتوكلاف وحُجيرة الاستزراع، الحاضنة الهزازة Shaker Incubator، المثقلة Centrifuge، جهاز الامتصاص الذري GBC932 AA Atomic Absorbtion.

٢.٢. تطبيق تأثير المعادن الثقيلة في خلايا خميرة الخبز

بعد نمو المستعمرات النقية على الوسط الصلب حُضرت أوساط YEPG السائلة المعدلة لتضاف إليها المعادن الثقيلة، وفق الآتي: حُضّر ٦٠٠ مل من الوسط السائل المذكور، ووَزَع على ثلاث حوجلات بمقدار ٢٠٠ مل لكل منها. أُضيف المعدن إلى الحوجلات الثلاث بتركيز ٠.٥، ١، ٢ جزء في المليون. وجرى تحديد كمية المعدن المضاف اعتماداً على القانون: التركيز ١ X الحجم = التركيز ٢ X الحجم 2

$$V \times N = v \times n$$

حيث أن:

N : تركيز المعدن في محلوله العياري، ويساوي 1000 جزء في المليون.

V: حجم محلول المعدن الواجب إضافته إلى الوسط للحصول على التركيز المطلوب.
n: تركيز المعدن المطلوب، ويساوي في هذا البحث ٠.٥ أو 1 أو 2 جزءاً في المليون.
v: حجم الوسط المغذي المضاف إليه المعدن الذي يساوي هنا 200 مل.

وبحسب القانون السابق أُضيف 0.1 مل (100 ميكرون) من محلول المعدن إلى الوسط الذي يكون تركيز المعدن فيه ٠.٥ جزء في المليون، وأُضيف 0.2 مل (200 ميكرون) من المعدن عند التركيز 1 جزء في المليون، و ٠.٤ مل (400 ميكرون) من المعدن عند التركيز 2 جزء في المليون.

حُضِرَ 200 مل من الوسط السائل المذكور من أجل العينات الشاهدة، غير الحاوية المعدن أو المعادن الثقيلة، ووزَّع على ثلاث حوجلات.

ووزَّع محتوى كل حوجلة مما سبق على ثلاث حوجلات ضُبِطت قيمة pH لواحدة منها على القيمة 4 بواسطة حمض الخل الثلجي، والثانية ضُبِطت على القيمة 7 بواسطة ماءات الصوديوم المركز NaOH الذي ضُبِطت بوساطته الثالثة أيضاً على القيمة 9.

ووزَّع محتوى كل حوجلة ذات pH معيّن على ثلاث حوجلات، حضنت إحداها في درجة الحرارة ٥ م°، وحضنت الثانية في درجة الحرارة ٢٨ م°، أما الثالثة فحضنت في درجة الحرارة ٣٧ م°.

عُقِّمَت هذه الحوجلات ثم لُقِّحَت بمقدار ملء عقدة إبرة الزرع من مستعمرات خميرة الخبز النامية على أوساط YEPG الصلبة المعدلة، وحُضِنَت في درجة الحرارة الخاصة بكل عينة في الحاضنة الهزازة مدة 48 ساعة.

واختبر في هذا البحث التأثير الناجم عن المعادن الثقيلة، وفق الآتي: الكوبلت Co، الكادميوم Cd، الكوبلت Co والكادميوم Cd.

٣.٢. اختبار فاعلية الخميرة في إزالة المعدن أو المعادن الثقيلة من الوسط السائل

أُخِذَ 5 مل من كل عينة بعد الحضانة، وأُخِضَ لعملية تنفيل بسرعة 5300 دورة/الدقيقة مدة دقيقتين (Mahore et al. 2008). فصل الراسب وهو خلايا الخميرة ومحتواها وأُخِضَ الطافي، في العينات الحاوية المعادن الثقيلة، بهدف قياس تراكيز المعادن باستعمال جهاز الامتصاص الذري، لملاحظة وجود انخفاض في تركيز المعادن أو عدمه (Paulo 2003). إن انخفاض تركيز المعدن في العينة يُعدُّ دليلاً على فاعلية الخميرة في إزالة هذا المعدن من المحلول المائي ضمن الشروط التي حضنت فيها العينة.

٤.٢. التحليل الإحصائي

استعمل البرنامج الإحصائي SPSS17 لاختبار معامل الارتباط Correlation بين المتغيرات المختلفة في مجمل العينات.

٣. النتائج والمناقشة Results and Discussion

نتائج فاعلية الخميرة في إزالة المعدن أو المعادن الثقيلة من الوسط السائل

بعد حساب مقادير إزالة الكاديوم والكوبلت في العينات الخاضعة لضغط هذه المعادن مفردة (كلاً على حدة)، ودراسة علاقتها مع تركيز المعدن الثقيل ودرجة حرارة الحضانة والرقم الهيدروجيني، كانت النتائج كما توضحها الجداول ١ - ٦.

جدول (١): مقدار إزالة 0.5 ppm من الكاديوم.

مقدار الإزالة (ppm) جزء في المليون			
pH			درجة الحرارة (م°)
٩	٧	٤	
٠.٣٨	٠.٢٩	٠.٤٠	٥
٠.٣٦	٠.٢٤	٠.٣٧	٢٨
٠.٣٥	٠.٢١	٠.٣٨	٣٧

يبين الجدول ١ أن أقل قيمة لمقدار إزالة 0.5 جزء في المليون من الكاديوم بمفرده كانت تساوي ٠.٢١ جزءاً في المليون في درجة الحرارة ٣٧ م° و pH = ٧، أما أعلى قيمة لمقدار الإزالة فبلغت 0.40 جزءاً في المليون في درجة الحرارة ٥ م° و pH = ٤.

جدول (٢): مقدار إزالة ١ ppm من الكاديوم.

مقدار الإزالة (ppm) جزء في المليون			
pH			درجة الحرارة (م°)
٩	٧	٤	
٠.٦٦	٠.٦٧	٠.٦٥	٥
٠.٥٦	٠.٦٤	٠.٦٩	٢٨
٠.٥٧	٠.٦١	٠.٦٨	٣٧

ويبين الجدول ٢ أن أقل قيمة لمقدار إزالة ١ جزء في المليون من الكاديوم بمفرده كانت تساوي 0.56 جزءاً في المليون في درجة الحرارة ٢٨°م و pH = 9، أما أعلى قيمة لمقدار الإزالة فبلغت 0.69 جزءاً في المليون في درجة الحرارة ٢٨°م و pH = ٤.

جدول (٣): مقدار إزالة ٢ ppm من الكاديوم.

مقدار الإزالة (ppm) جزء في المليون			
pH			درجة الحرارة (م°)
٩	٧	٤	
١.٣٨	١.٣٦	١.٤٢	٥
١.٢٧	١.٣٣	١.٣١	٢٨
١.٢٨	١.٣٠	١.٢٧	٣٧

ويبين الجدول ٣ أن أقل قيمة لمقدار إزالة 2 جزء في المليون من الكاديوم بمفرده كانت تساوي 1.27 جزءاً في المليون في عند درجة الحرارة ٢٨°م و pH = 9، أما أعلى قيمة لمقدار الإزالة فبلغت 1.42 جزءاً في المليون في درجة الحرارة ٥°م و pH = ٤.

نلاحظ من الجداول السابقة ازدياد مقدار الإزالة المفردة للكاديوم بوضوح مع ارتفاع تركيزه، وأن أفضل قيمة pH لإزالة المعدن تساوي ٤. ولوحظ أحياناً انخفاض مقدار الإزالة في درجة الحرارة ٣٧°م.

جدول (٤): مقدار إزالة 0.5 ppm من الكوبلت.

مقدار الإزالة (ppm) جزء في المليون			
pH			درجة الحرارة (م°)
٩	٧	٤	
٠.٣٥	٠.١٨	٠.٤٢	٥
٠.١٥	٠.٠٨	٠.٣٥	٢٨
٠.١٢	٠.٣٢	٠.٠٣	٣٧

يبيّن الجدول ٤ أن أقل قيمة لمقدار إزالة 0.5 جزء في المليون من الكوبلت بمفرده كانت تساوي 0.03 جزءاً في المليون في درجة الحرارة ٣٧°م و pH = 4، أما أعلى قيمة لمقدار

الإزالة فبلغت 0.42 جزءاً في المليون في درجة الحرارة 5°C و $\text{pH} = 4$. ويبين الجدول ٥ أن أقل قيمة لمقدار إزالة ١ جزء في المليون من الكوبلت بمفرده كانت تساوي 0.48 جزءاً في المليون في درجة الحرارة 37°C و $\text{pH} = 7$ ، أما أعلى قيمة لمقدار الإزالة فبلغت 0.87 جزءاً في المليون في درجات الحرارة 28°C و 37°C و $\text{pH} = 4$. ويُلاحظ من الجدول ٦ أن أقل قيمة لمقدار إزالة ٢ جزء في المليون من الكوبلت بمفرده كانت تساوي 0.89 جزءاً في المليون في درجة الحرارة 37°C و $\text{pH} = 4$ ، أما أعلى قيمة لمقدار الإزالة فبلغت 1.99 جزءاً في المليون في درجة الحرارة 28°C و $\text{pH} = 4$.

جدول (٥): مقدار إزالة ١ ppm من الكوبلت.

مقدار الإزالة (ppm) جزء في المليون			
pH			درجة الحرارة ($^{\circ}\text{C}$)
٩	٧	٤	
٠.٥٨	٠.٦٦	٠.٨٢	٥
٠.٤٩	٠.٧١	٠.٨٧	٢٨
٠.٧٦	٠.٤٨	٠.٨٧	٣٧

جدول (٦): مقدار إزالة ٢ ppm من الكوبلت.

مقدار الإزالة (ppm) جزء في المليون			
pH			درجة الحرارة ($^{\circ}\text{C}$)
٩	٧	٤	
١.١٤	١.٢٩	١.٦٠	٥
١.٢٨	١.٢٥	١.٩٩	٢٨
١.٥٥	١.٤٥	٠.٨٩	٣٧

نلاحظ من الجداول السابقة ازدياد مقدار الإزالة المفردة للكوبلت بوضوح مع ارتفاع تركيزه. وأفضل قيمة pH للإزالة تساوي ٤. كما لوحظ أيضاً انخفاض مقدار الإزالة أحياناً في درجة الحرارة 37°C .

وبعد حساب مقادير إزالة الكاديوم والكوبلت في العينات الخاضعة لتأثيرهما معاً ودراسة علاقتها مع تركيز المعدن الثقيل ودرجة حرارة الحضانة والرقم الهيدروجيني، كانت النتائج كما توضحها الجداول ٧ - ٩.

جدول (٧): مقدار إزالة 0.5 ppm من الكوبلت + 0.5 ppm من الكاديوم.

مقدار الإزالة (ppm)						درجة الحرارة (م°)
pH						
٩		٧		٤		
Cd	Co	Cd	Co	Cd	Co	
٠.٣٥	٠.٤٤	٠.٤٢	٠.١٦	٠.٢٥	٠.٤٦	٥
٠.٤٧	٠.٤٨	٠.٤٢	٠.٣٣	٠.٤٨	٠.٣٢	٢٨
٠.٢٥	٠.٣٢	٠.٤١	٠.٣١	٠.٢٦	٠.١٥	٣٧

يبين الجدول ٧ أن أقل قيمة لمقدار إزالة 0.5 جزء في المليون من الكاديوم مشتركاً مع الكوبلت كانت تساوي 0.25 جزءاً في المليون في درجة الحرارة ٣٧ م° و pH = 9، أما أعلى قيمة فبلغت 0.48 جزءاً في المليون في درجة الحرارة ٢٨ م° و pH = 4، وبالمقابل كانت أقل قيمة لمقدار إزالة 0.5 جزء في المليون من الكوبلت تساوي 0.15 جزءاً في المليون في درجة الحرارة ٣٧ م° و pH = ٤ وأعلى قيمة تساوي 0.48 جزءاً في المليون في درجة الحرارة ٢٨ م° و pH = 9.

جدول (٨): مقدار إزالة ١ ppm من الكوبلت + ١ ppm من الكاديوم.

مقدار الإزالة (ppm)						درجة الحرارة (م°)
pH						
٩		٧		٤		
Cd	Co	Cd	Co	Cd	Co	
٠.٤٨	٠.٢٢	٠.١٧	٠.٣٢	٠.٨١	٠.٢٥	٥
٠.٥٥	٠.٩٥	٠.٢٩	٠.٩٠	٠.٨٥	٠.٥٦	٢٨
٠.٥٢	٠.١٠	٠.٢٥	٠.١٣	٠.٨٠	٠.٠١	٣٧

ويبين الجدول ٨ أن أقل قيمة لمقدار إزالة ١ جزءاً في المليون من الكاديوم مشتركاً مع الكوبلت كانت تساوي 0.25 جزءاً في المليون في درجة الحرارة ٣٧°م و pH = ٧، أما أعلى قيمة لمقدار الإزالة فبلغت 0.85 جزءاً في المليون في درجة الحرارة ٢٨°م و pH = 4، وبالمقابل كانت أقل قيمة لمقدار إزالة 1 جزء في المليون من الكوبلت تساوي 0.01 جزءاً في المليون في درجة الحرارة ٣٧°م و pH = ٤ وأعلى قيمة تساوي 0.95 جزءاً في المليون في درجة الحرارة ٢٨°م و pH = 9.

ويلاحظ من الجدول ٩ أن أقل قيمة لمقدار إزالة ٢ جزء في المليون من الكاديوم مشتركاً مع الكوبلت كانت تساوي 0.96 جزءاً في المليون في درجة الحرارة ٣٧°م و pH = 9، أما أعلى قيمة لمقدار الإزالة فبلغت 1.44 جزءاً في المليون في درجة الحرارة ٥°م و pH = 4، وبالمقابل كانت أقل قيمة لمقدار إزالة ٢ جزء في المليون من الكوبلت تساوي 0.24 جزءاً في المليون في درجة الحرارة ٥°م و pH = ٤ وأعلى قيمة تساوي 1.37 جزءاً في المليون في درجة الحرارة ٥°م و pH = 9.

جدول (٩): مقدار إزالة ٢ ppm من الكوبلت + 2 ppm من الكاديوم.

مقدار الإزالة (ppm)						درجة الحرارة (م°)
pH						
٩		٧		٤		
Cd	Co	Cd	Co	Cd	Co	
١.٠٣	١.٣٧	١.٢٣	١.١٣	١.٤٤	٠.٢٤	٥
١.٠٠	٠.٨١	١.٢٧	٠.٨١	١.٤٠	٠.٣٥	٢٨
٠.٩٦	٠.٦٧	١.٢٦	٠.٧٢	١.٣٨	٠.٩٥	٣٧

نلاحظ من الجداول السابقة ازدياد مقدار الإزالة الثنائية للكاديوم والكوبلت بوضوح مع ارتفاع تركيزاتها. وكانت إزالة الكاديوم والكوبلت متساوية تقريباً، ولم يُلاحظ ازدياد مقدار إزالة أحدهما على الآخر، ولكن لوحظ انخفاض في مقدار إزالة الكوبلت مقارنةً بإزالته بمفرده. وكانت أفضل قيمة pH لإزالة الكاديوم تساوي ٤ أما مثيلتها الفضلى لإزالة الكوبلت فكانت تساوي ٩.

ولم تُظهر درجة حرارة الحوض تأثيراً واضحاً في مقدار الإزالة لكن لوحظ أن معظم القيم الدنيا لمقادير إزالة المعدنين كانت في درجة الحرارة ٣٧°م أي أنها كانت أقل أفضلية للإزالة من درجات الحرارة ٥°م و ٢٨°م.

أخيراً، ازدادت مقادير الإزالة المفردة والثنائية للكاميوم والكوبلت مع ارتفاع تركيزاتها، ويتفق ذلك مع نتائج الأبحاث الأخرى (Ozer *et al.* 1999, Kaewchai and Prasertsan) (2002)، إذ إنه كلما ارتفع تركيز المعدن الثقيل الأولي في المحلول ازداد مقدار إزالته، ويُفسر ذلك بأن الشوارد المعدنية موجبة الشحنة ترتبط مع سطح الخلايا لتكوين معقدات شوارد معدنية - خلية وهذه بدورها تربط شوارد معدنية جديدة، وهكذا كلما ازدادت شوارد المعدن في الوسط ازداد ارتباطها مع مثيلاتها المرتبطة مسبقاً بالخلايا (Mahamadi and Torto 1998, Helena *et al.* 2003).

وتتفق نتائج البحث التي أظهرت انخفاض مقدار الإزالة في درجة الحرارة المرتفعة (٣٧° م) مع نتائج الأبحاث الأخرى (Volesky and Phillips 1995, Saifuddin and Raziah) (2007)، ويعزى ذلك إلى اعتماد الإزالة على التفاعلات الاستقلابية المنظمة إنزيمياً، إذ إن الإنزيمات حساسة للتغيرات الحرارية وتتخرب في درجات الحرارة المرتفعة التي يلاحظ عندها انخفاض في مستوى الإزالة عما هو عليه في درجات الحرارة الأدنى.

وكانت قيمة الرقم الهيدروجيني الفضلى للإزالة تساوي ٤ للكاميوم والكوبلت في الإزالة المفردة وللكاميوم في الإزالة الثنائية، ووافقت ما توصل إليه Valtka *et al.* 2001 لأنه في الوسط الحمضي تكون المعادن في هيئة شوارد حرة موجبة الشحنة وقابلة للارتباط بالخلية، لكنها ترتبط في الوسط القلوي مع شوارد الهيدروكسيل لتكوين هيدروكسيلاط المعادن غير المنحلة (Izabella *et al.* 2007). أما قيمة الرقم الهيدروجيني الفضلى لإزالة الكوبلت عند اختلاطه مع الكادميوم فكانت تساوي ٩، ويتفق ذلك مع نتائج Paravathi *et al.* 2007 الذي فسّر ازدياد مقدار الإزالة في الوسط القلوي بازدياد أماكن إدخال الشوارد المعدنية إلى الخلية بعد التخريب البنيوي لها نتيجة قلوية الوسط.

٥. الاستنتاج Conclusion

يمكن تطبيق التقانة الحيوية باستعمال خميرة الخبز المحلية في إزالة الكادميوم والكوبلت من مياه الصرف الصناعي، عند ضبط الظروف الملائمة من درجة الحرارة والرقم الهيدروجيني للوصول إلى مستوى جيد من إزالة هذه المعادن. كما أنه يجب تطبيق هذه التقانة في الحقل، وملاحظة ما يظهر من مشكلات وتغيرات في الظروف الملائمة من أجل تداركها وضبطها حتى الوصول إلى خطوات معينة يُعتمد عليها في تطبيق هذه التقانة بشكل دائم للوصول إلى النتائج المرجوة من تخفيض تركيزات المعادن الثقيلة الملوثة للصرف الصناعي واختزال لسميتها بأقل طاقة وتكلفة ممكنة.

٦. المصادر References

- درويش، عبد الكريم. (٢٠٠٣). معالجة المياه. ط ١. دار المعرفة.
- Al-Sarraj, M. Abdel-Latif, MS. El-Nahal, I. & Baraka, R. (1999). Bioaccumulation of some hazardous metals by sol-gel entrapped microorganisms. J Non- Cryst solids 1999. 248:137-40.
- Brierley, C.L. (1989). Bioremediation of metal contaminated surface and Groundwater. Geomicrobiology Journal, 8:201-223 25. G.M. Gadd, Fungi and Yeasts for metal accumulation. In: c.L Ehrlich, Brierly, (Eds), Microbial Mineral Recovery. McGrawHill, New York, 249-276.
- Chen, C. & Wang, J. (2007). Characteristics of Zn²⁺ + Biosorption by *Saccharomyces cerevisiae*. Laboratory of Environmental Technology, INET, Tsinghua University, Beijing 100084, China.
- Doyle, J. J. Marshall, R. J. & Pfander, W. H. (1975). Effects of cadmium on the growth and uptake of cadmium by microorganisms. Appl. Microbiol. 29: 562-564.
- Goksungur, Y. Üren, S. & Guvence, U. (2005). Biosorption of cadmium and lead ions by ethanol treated waste baker's yeast biomass. Biores. Technol. 96(1).103-109.
- Han, R. Li, H. Li, Y. Zhang, J. Xiao, H. & Shi, J. (2006). "Biosorption of copper and lead ions by waste beer yeast". J. Hazard Mater. B137. 1569- 1576.
- Helena, K. Anita, J. Dania, F. Lyubov Dmyto, B. Y. Powel, K. & Henry K. (2003). Bioremediation of chromium by the yeast *Pichia guilliermondii*: toxicity and accumulation of Cr(III) and Cr(VI) and the influence of riboflavin on Cr tolerance", Microbial Research, vol. 158, pp 59-67.
- Izabella, M. Agnieska, Z. Katarzyna, C. & Jan, M. (2007). "Biosorption of Cr⁺³ by microalgae and macroalgae". Equilibrium of

- the process. American Journal of Agriculture and Biological sciences 2. 284-290.
- Kaewchai, S. & Prasertsan, P. (2002). "Biosorption of heavy metal by thermotolerant polymer-producing bacterial cells and the bioflocculant". Songklanakarin J. Sci. Technol. 2002. 24(3). 421-430.
 - Kar, RN. Sahoo, BN. & Sukla, CB. (1992). Removal of heavy metals from pure water using sulphate-reducing bacteria. (SRB), Pollut. Res. 11: 1- 13.
 - Liu, Z. Chen, J. Tao, X. Xu, J. & Zhang T. (2002). Negative Control of Heavy Metal Uptake by the *Saccharomyces cerevisiae* BSD2 Gene. Supported by NIEHS Training Grant ES 07141.
 - Machado, M.D. Janssens, S. Soares, H.M.V.M. & Soares, E.V. (2009). "Removal of heavy metals using a brewer's yeast strain of *S. cerevisiae*". advantages of using dead biomass .J of Appl. Microbiol. 106 (6). 1792-1804(13).
 - Madrid, Y. Cabrera, C. Perez-Corona, T. & Cámara, C. (1997). Speciation of methylmercury and Hg(II) using baker's yeast biomass (*Saccharomyces cerevisiae*). Determination by continuous flow mercury cold vapor generation atomic absorption spectrometry. Anal Chem 67:750-4.
 - Mahamadi, C. & Torto, N. (2007). "Trace Enrichment of Cadmium from Aquatic Environments Using Bakers' Yeast *Saccharomyces cerevisiae*". Electronic Journal of Environment, Agriculture and Food Chemistry ISSN: 1573-4377.
 - Mahore, N. R. (2008). A Selective Bioreduction of Toxic Heavy Metal Ions from Aquatic Environment by *Saccharomyces cerevisiae*. Department of Chemistry, Institute of Science, R. T. Road, Civil lines, Nagpur, India.
 - Oancea, S. Biofizică, s. & Cuza, I. (2005). Effect of Cadmium on Growth and the Performance of Photosynthetic Apparatus for

Tomato Plants. University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine, Iasi.

- Özer, A. Özer, D. & Ekiz, H.I. (1999). Application of Freundlich and Langmiur Models to Multistage Purification Process to Remove Heavy Metal Ions by Using *Schizomeris leibleinii*. Process Biochemistry. 34: 919-927.
- Parvathn, N. (2007). Effect of pH on chromium biosorption by chemically treated *Saccharomyces cerevisiae*.
- Paulo, A. (2003). Factors involved with cadmium absorption by a wild-type strain of *Saccharomyces cerevisiae*. Brazilian Journal of Microbiology, Print version ISSN 1517-8382.
- Saifuddin, N. & Raziah, A. (2007). "Removal of heavy metals from industrial effluent using *Saccharomyces cerevisiae* immobilized in chitosan /lignosulphonate matrix". Journal of applied sciences Research. 3 (12). 2091-2099.
- Sung Wook, W. Juan, M. In-Seob, K. Sathishkumar, M. & Yeoung-Sang Y. (2010). Platinum recovery from ICP wastewater by a combined method of biosorption and incineration Division of Environmental and Chemical Engineering and Research Institute of Industrial Technology. Chonbuk National University, Jeonbuk 561-756, Republic of Korea.
- Vlatka, G.Z. Vesna, S.T. Slobodan, L. Lavoslav, G. & Damir, K. (2001). "Chromium uptake by *Saccharomyces cerevisiae* and isolation of glucose tolerance factor from yeast biomass". Journal Bioscience, vol. 26. 217-223.
- Volesky, B. & May-Phillips, H.A. (1995). Biosorption of Heavy Metals by *Saccharomyces cerevisiae*. Applied Microbial Biotechnology. 42: 797-806.
- Yablonsky, M. D. Tribble, J. L. (1998). Water treatment process and system for metals removal using *Saccharomyces cerevisiae*. US Patent 6383388.

تبيّن الجداول ١٠ - ١٢ نتائج التحليل الإحصائي (باستعمال برنامج SPSS17) لمعامل الارتباط Correlation بين المتغيرات المختلفة التي توضّح نوع الارتباط بين مقدار الإزالة والعوامل الأخرى من تركيز المعدن ودرجة الحرارة والرقم الهيدروجيني. ويبين الجدول ١٠ وجود ارتباط إيجابي قوي (0.991) بين مقدار إزالة الكاديوم وتركيزه مما يعني أنه كلما ارتفع تركيز الكاديوم تزداد نسبة إزالته. ووجود ارتباط سلبي بين مقدار إزالة الكاديوم ودرجة الحرارة (-0.064) ومقدار إزالة الكاديوم والرقم الهيدروجيني (-0.044) مما يعني انخفاضاً في مستوى الإزالة بارتفاع درجة الحرارة والرقم الهيدروجيني.

أما الجدول ١١ فيبيّن وجود ارتباط إيجابي قوي (0.91٦) بين مقدار إزالة الكوبلت وتركيزه مما يعني أنه كلما ارتفع تركيز الكوبلت تزداد نسبة إزالته. ووجود ارتباط سلبي بين مقدار إزالة الكوبلت ودرجة الحرارة (-0.038) ومقدار إزالة الكوبلت والرقم الهيدروجيني (-0.132) مما يعني انخفاضاً في مستوى الإزالة بارتفاع درجة الحرارة والرقم الهيدروجيني.

ويبيّن الجدول ١٢ وجود ارتباط إيجابي قوي (0.890) (0.583) بين مقدار إزالة الكاديوم وإزالة الكوبلت وتركيزتهما مما يعني أنه كلما ارتفعت تركيزات المعدنين تزداد نسبة إزالتها التناهيّة. ووجود ارتباط سلبي بين مقدار إزالة الكوبلت ودرجة الحرارة (-0.110) مما يعني انخفاضاً في مستوى إزالة الكوبلت بارتفاع درجة الحرارة. ووجود ارتباط سلبي بين مقدار إزالة الكاديوم والرقم الهيدروجيني (-0.240) مما يعني انخفاضاً في مستوى إزالة الكاديوم بارتفاع الرقم الهيدروجيني. ووجود ارتباط إيجابي بين مقدار إزالة الكوبلت والرقم الهيدروجيني (0.268) مما يعني ازدياداً في مقدار إزالة الكوبلت بارتفاع الرقم الهيدروجيني. ووجود ارتباط إيجابي ضعيف بين مقدار إزالة الكاديوم ودرجة الحرارة (0.009) مما يعني ازدياداً طفيفاً في مقدار إزالة الكاديوم بارتفاع درجة الحرارة.

جدول (١٠): معامل الارتباط بين مقدار إزالة الكاديوم وتركيزه ودرجة حرارة الحضانة والرقم الهيدروجيني.

Correlations ^a (Cd)					
		Concentration	Temperature	pH	Uptakeamount
Concentration	Pearson Correlation	1	.000	.000	.991**
	Sig. (2-tailed)		1.000	1.000	.000
Temperature	Pearson Correlation	.000	1	.000	-.064
	Sig. (2-tailed)	1.000		1.000	.752
pH	Pearson Correlation	.000	.000	1	-.044
	Sig. (2-tailed)	1.000	1.000		.829
Uptakeamount	Pearson Correlation	.991**	-.064	-.044	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.752	.829	
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).					
a. Listwise N=27					

جدول (١١): معامل الارتباط بين مقدار إزالة الكوبلت وتركيزه ودرجة حرارة الحضان والرقم الهيدروجيني.

Correlations ^a (Co)					
		Concentration	Temperature	pH	Uptakeamount
Concentration	Pearson Correlation	1	.000	.000	.916**
	Sig. (2-tailed)		1.000	1.000	.000
Temperature	Pearson Correlation	.000	1	.000	-.038
	Sig. (2-tailed)	1.000		1.000	.850
pH	Pearson Correlation	.000	.000	1	-.132
	Sig. (2-tailed)	1.000	1.000		.513
Uptakeamount	Pearson Correlation	.916**	-.038	-.132	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.850	.513	

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). a. Listwise N=27

جدول (١٢): معامل الارتباط بين مقدار الإزالة الثنائية للكاديوم والكوبلت وتركيزاتها ودرجة حرارة الحضانة والرقم الهيدروجيني.

Correlations ^a (Cd+Co)						
		Concentration	t ^{°c}	pH	Uptakeamount	
					Cd	Co
Concentration	Pearson Correlation	1	.000	.000	.890**	.583**
	Sig. (2-tailed)		1.000	1.000	.000	.001
Temperature	Pearson Correlation	.000	1	.000	.009	-.110
	Sig. (2-tailed)	1.000		1.000	.965	.586
pH	Pearson Correlation	.000	.000	1	-.240	.268
	Sig. (2-tailed)	1.000	1.000		.229	.176
UptakeamountCd	Pearson Correlation	.890**	.009	-.240	1	.451*
	Sig. (2-tailed)	.000	.965	.229		.018
UptakeamountCo	Pearson Correlation	.583**	-.110	.268	.451*	1
	Sig. (2-tailed)	.001	.586	.176	.018	
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).						
*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).						
a. Listwise N=27						