

## تحديد الظروف المثالية لاستخلاص الفضة من المثبت المستخدم في التصوير الشعاعي لبعض المستشفيات والعيادات السورية

عبد الاله ثابت محمد \* ، مازن رجب \*\* ، أبياء شيخ الأرض \*\* ، جمال درويشه \*\* ، نور الهبل \*\*

\* قسم الكيمياء/ كلية العلوم/ جامعة الأنبار

\*\* كلية الصيدلة/ الجامعة العربية الدولية، الجمهورية العربية السورية

**الخلاصة :** تم استخدام طريقة الإحلال بالفلزات لتحديد أفضل الظروف لاستخلاص عنصر الفضة من محلول المثبت المستخدم في التصوير الشعاعي في بعض العيادات والمستشفيات في سوريا. اعتمدت القياسات على (أ) دالة الحمضية (pH) بين 3-5 (ب) زمن الاستخلاص بين 1-7 أيام (ج) فلزات وسبائك فلزية مختلفة (د) حوامض مختلفة بتركيز وزني 10% للحصول على الدالة الحمضية المطلوبة. ولإغراض بيئية تم استخلاص الفضة بحيث يكون تركيزها في محلول المثبت  $\geq 5$  ملغم/ لتر. أن النتائج العملية قد أظهرت أن طريقة استخلاص عنصر الفضة من محلول المثبت بواسطة الإحلال بالفلزات واعتمادا على الظروف المستخدمة في هذا البحث هي طريقة عملية ومناسبة من ناحية اقتصادية وكذلك من ناحية الحفاظ على البيئة كونها تساعد في اختزال التلوث الناتج عن وجود أيونات الفضة.

**كلمات مفتاحية:** استخلاص الفضة ، المثبت ، التصوير الشعاعي

90%، مما يستوجب معالجة ثانية للمحلول للوصول إلى التراكيز المسموح بها بيئيا [4-8].

طريقة الترسيب : وهي طريقة يمكن الحصول فيها على الفضة بنسبة 99% أو أكثر من خلال ترسيب أيونات الفضة بشكل كبريتيد الفضة ( $Ag_2S$ ) [9-10]. إن مسلوئ هذه الطريقة كبيرة من ناحية صعوبة ترشيح الكبريتيد الناتج وذلك لصغر حجم ذراته، وكذلك الحصول على عنصر الفضة بشكل نقي من الكبريتيد مما يجعل هذه الطريقة غير اقتصادية وكذلك غير ملائمة من ناحية بيئية حيث إن التعامل مع الكبريتيد يؤدي إلى تكون غاز كبريتيد الهيدروجين السام.

طريقة الإحلال بواسطة الفلزات: وهي طريقة تستخدم فلزات تكون أكثر موجبة كهربائية (more electropositive) من الفضة حيث يتم اختزال أيونات الفضة بواسطة الفلزات المختلفة إلى عنصر الفضة. أن ميزة هذه الطريقة أنها اقتصادية وكذلك يمكن الحصول فيها على عنصر الفضة بنسبة تصل بين 95-99% لكن محلول المثبت لا يمكن استخدامه مرة ثانية بعد استخلاص الفضة منه. ولأهمية الموضوع فقد أنجزت براءات عديدة للتوصل إلى أفضل الظروف في الحصول على عنصر الفضة. فعلى سبيل المثال تم استخدام صوف الفولاذ (steel wool) بحجم 1-5 ملم لاختزال الفضة وباستخدام دالة حامضية تصل إلى 2.5 [11]، أن هذه الحمضية الوطنية قد تؤدي إلى

### المقدمة:

تعتبر هاليدات الفضة المركبات الرئيسية المستخدمة في صناعة أفلام التصوير وذلك لحساسيتها العالية للضوء، وقد استخدمت هذه الخاصية في التصوير الشعاعي أيضا حيث تتحول هاليدات الفضة في محلول المثبت المحتوي على ثايوكبريتات الصوديوم أو الامونيوم إلى معقد ذائب وفق الصيغة الكيميائية  $Ag(S_2O_3)_2^{2-}$ . أن عملية استخلاص عنصر الفضة الثمين نسبيا من محاليل المثبت المستخدمة في التصوير الفوتوغرافي والشعاعي مهمة جدا لكونها تشكل مصدر مهم لاسترجاع عنصر الفضة من ناحية اقتصادية حيث يصل تركيز الفضة في محلول المثبت 2-7 غرام/ لتر. من ناحية أخرى فإن استخلاص الفضة يساهم في الحفاظ على البيئة من خلال السيطرة على تركيز أيونات الفضة والتي تعتبر مادة سامة للإحياء المجهرية (microorganisms) [1] ، حيث يجب ان لا يتجاوز تركيزها 5 جزء في المليون (ppm) أي 5 ملغم/ لتر في محلول المثبت قبل سكبها والتخلص منه [2-3]. هناك عدة طرق لاستخلاص عنصر الفضة الموجود بتركيز عالية في محاليل المثبت وأهمها:

الطريقة الكهربائية : وهي طريقة مستخدمة بشكل واسع ومن فوائدها إن الفضة المستخلصة تكون بنقاوة عالية كما أن محلول المثبت يمكن استخدامه مرة ثانية لكن من مساوئها أنها مكلفة اقتصاديا وإن نسبة الفضة المستخلصة تكون حوالي

formaldehyde [15]، لكن هذه الطرق تبقى غير عملية كونها غير اقتصادية لضرورة معاملة المواد مرة أخرى للحصول على الفضة بشكل نقي بالإضافة إلى أنها تستخدم فقط في حالات التركيز الواطئة للفضة.

أن التوصل لظروف مثالية لاستخلاص الفضة من محلول المثبت في موقع العمل ودون استخدام إي مصدر للطاقة وباستخدام تقنيات بسيطة وغير معقدة يعتبر من الأهداف الأساسية لهذا البحث لما فيه من جدوى اقتصادية وبيئية من خلال مراعاة تركيز أيونات الفضة بحيث يتطابق والحدود المسموح بها التي حددت من قبل وكالة حماية البيئة Environmental Protection Agency(EPA).

إن نقل محلول المثبت بعد استخدامه من العيادات والمستشفيات إلى مكان التجميع لغرض استخلاص الفضة يجب أن يخضع لمعايير السلامة البيئية [16]، والتي لا تراعى من قبل العاملين في هذا المجال في أغلب بلدان الشرق الأوسط مما يجعل هذا البحث مهم من ناحية الحفاظ على المياه الجوفية ويحول دون سكب مخلفات هذه المحاليل بشكل غير منظم وغير علمي.

### الجزء العملي

تم استلام ثمانية عينات ( ثلاث مستشفيات حكومية وخمس عيادات خاصة) لمحلول المثبت المستخدم في التصوير الشعاعي وبعد ترشيح كل من هذه المحاليل تم قياس بعض الخواص الفيزيائية لهذه العينات حيث ظهرت كما موضحة في الجدول رقم (1):

جدول (1) يبين بعض الخواص الفيزيائية لمحاليل المثبت من مستشفيات وعيادات خاصة

الرمز	pH	التوصيلية	الكثافة غم/سم <sup>3</sup>	الملاحظات
A*	4.90	114.5	1.0531	لون المحلول اصفر فاتح شفاف جدا
B	4.80	122.4	1.1033	اللون اصفر مخضر مع تكون راسب أسفل المحلول
C	5.06	106.7	1.0974	لونه بيجي فاتح مع تكون راسب أسود أسفل المحلول
D	5.15	101.9	1.0421	اللون اصفر مائل للبيجي مع ظهور راسب أسود في أسفل المحلول
E	5.14	101.7	1.0332	اللون مائل الى البرتقالي الفاتح
F*	5.00	126.7	1.0870	لونه اصفر فاتح
G	4.61	117.4	1.0288	اصفر مائل الى البرتقالي
H*	4.95	120.1	1.0600	أصفر فاتح مائل الى اللون البيجي

\* تشير الى المستشفيات حكومية

ولغرض استخلاص عنصر الفضة بجدوى اقتصادية تم اختيار عناصر وسائك مختلفة ومن المخلفات الصناعية والمدنية وتشمل صفائح الألمنيوم، علب المشروبات الغازية (وهي عبارة عن سبيكة من القصدير والألمنيوم)، حديد خزانات الماء، قضبان حديد، حديد صفائح السمن، البراس (وهي سبيكة مكونة من النحاس والخرصين) حيث تم تنظيف جميع القطع بشكل جيد قبل استخدامها.

تفكك أيونات ثايوكبريتات الفضة ومؤدية الى ترسيب عنصر الكبريت، وهنا تظهر مشكلة اختلاط الفضة المختزلة مع الكبريت وأيضا مع مسحوق الفولاذ، كذلك فإن محلول المثبت له القابلية على مهاجمة الفولاذ مما يسبب تآكله وبالتالي تظهر صعوبة في فصل الفضة بشكل نقي واقتصادي.

وفي براءة أخرى تم استخدام سلك ملفوف مصنع من عدة عناصر حيث يوضع داخل جهاز بشكل غرفة لغرض دخول وخروج محلول المثبت [12]. كذلك تم اختراع طريقة مشابهة للبراءة السابقة ولكن باستخدام ألواح متكونة من عنصر النحاس مع عنصر الحديد الذي يكون بشكل فولاذ (steel) حيث تثبت بشكل أفقي لغرض اختزال الفضة من خلال مرور محلول المثبت على هذه الألواح وخروجه، ثم تجمع الفضة المترسبة بواسطة مرشحات خاصة [13].

أن هذه الطرق تحتاج إلى تصنيع العامل المختزل بشكل معين وبمواصفات خاصة بالإضافة إلى كلفة التصنيع التي تعتمد على توفير قطع عديدة، وبذلك فإنها تكون مكلفة اقتصاديا وتستخدم فقط عند وجود كميات كبيرة جدا من محاليل المثبت.

أن استخلاص الفضة وتحديد كميتها في محلول المثبت ما يزال احد المواضيع المهمة التي يسعى الباحثون للتوصل إلى أفضل الطرق للحصول على نتائج مهمة في هذا المجال. فقد استخدمت في الآونة الأخيرة مادة الجيتين Chitin لاستخلاص أيونات ثايوكبريتات الفضة ككل من محلول المثبت عند pH=2.2 وخلال فترة وجيزة [14]، كما أستخدم في بحث آخر رزن يحتوي على البايثايوريا والفورمالدهيد (Bisthiourea and

تم اختيار حامض الهيدروكلوريك، الكبريتيك والنتريك للحصول على دالة حامضية (pH) مختلفة باستخدام جهاز قياس دالة الحامضية (pH-meter, Sartorius PB-11) حيث حضر تركيز 10% وزنيا من كل من هذه الحوامض وأضيفت الى 100 مليلتر من محاليل المثبت المختلفة وتم تحديد حجم الحوامض اللازمة لتفكك ايون الثايوكبريتات والذي تتم ملاحظته من خلال ترسب عنصر الكبريت وظهور رائحة ثاني اوكسيد الكبريت المميزة ووفق المعادلة التالية:



جدول (2) يبين حجم الحوامض بتركيز 10% المضافة الى 100 مل من محلول المثبت للحصول على pH المطلوبة

رمز النموذج	حجم HNO <sub>3</sub> (10%) المضاف (mL)				حجم H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (10%) المضاف (mL)				حجم HCl (10%) المضاف (mL)			
	تفكك	pH=3	pH=3.5	pH=4	تفكك	pH=3	pH=3.5	pH=4	تفكك	pH=3	pH=3.5	pH=4
A	9.23	7.66	6.13	4.22	5.63	4.94	3.93	2.64	6.09	5.25	4.22	2.82
B	15.24	11.61	8.79	5.37	10.12	7.56	5.9	3.4	10.62	8.12	6.04	3.67
C	9.81	7.83	6.20	4.55	6.39	4.89	3.99	2.94	6.65	5.34	4.35	3.07
D	20.09	17.51	13.46	10.11	12.54	10.87	8.63	6.21	13.51	11.76	9.38	6.95
E	18.29	16.04	12.80	9.18	11.52	10.28	8.20	5.78	14.68	13.99	8.56	6.38
F	9.62	8.02	6.52	4.60	5.74	4.85	3.70	2.42	5.91	5.12	4.00	2.70
G	16.1	11.4	9.40	6.16	9.88	7.32	5.84	3.31	10.40	7.86	5.91	3.52
H	8.83	7.36	5.72	3.84	5.92	5.14	4.08	2.76	6.26	5.36	4.32	3.01

تم وضع كل من هذه الفلزات والسبائك في 400 مليلتر من محلول المثبت بشكل منفرد وفي أوعية بلاستيكية صغيرة. ولغرض اختيار الحامض المناسب للحصول على أكبر كمية من الفضة تم اختيار دالة حامضية (pH) تساوي 4 حيث تم الحصول عليها من خلال إضافة كل من الحوامض الثلاثة المذكورة أعلاه إلى محلول المثبت ثم مقارنة كمية الفضة المستخلصة مع النموذج الأصلي بدون استخدام أي من الحوامض ولمدة 48 ساعة حيث ظهرت النتائج الموضحة في الجدول (3).

جدول (3) يمثل مقارنة لكمية الفضة المستخلصة باستخدام سبائك و فلزات مختلفة في 400 مل من المثبت الأصلي وعند دالة حامضية (pH=4)

النموذج	المادة المختزلة	كمية الفضة المستخلصة (غم) بعد 48 ساعة		
		المحلول الأصلي	حامض الكبريتيك	حامض النتريك
A	حديد خزانات	0.902	1.011	0.821
F	علب مشروبات غازية	لا يتفاعل	لا يتفاعل	لا يتفاعل
C	صفائح المنيوم	2.414	2.374	0.124
D	صفائح السمن	1.515	1.511	0.103
F	سبيكة البراس	0.291	0.262	0.144
C	قضبان حديد	0.806	0.856	0.723
H	صفائح حديد	0.19	0.211	0.081

\*\* ان الخط الموجود أسفل الأرقام يوضح أكبر كمية من الفضة تم الحصول عليها.

بناء على النتائج الظاهرة في الجدول السابق فقد تم اعتماد الحوامض التي تعطي أكبر كمية من الفضة ثم تم استخلاص الفضة بواسطة الفلزات والسبائك في أوقات ودالة حامضية (pH) مختلفة وباستخدام 400 مليلتر من محاليل المثبت المستلم من مصادر مختلفة وكما هو موضح في الجداول التالية:

جدول (4) يوضح كمية الفضة المستخلصة من محلول المثبت (400 مل) للنموذج (A) باستخدام حديد الخزانات كعامل مختزل

المجموع (غرام)	كمية الفضة المستخلصة (غرام)			pH	الحامض % 10
	بعد 24 ساعة	بعد 48 ساعة	بعد أسبوع		
كمية الحديد المفقودة	0.874	0.028	0.121	4.95	النموذج الأصلي
1.646	0.972	0.039	0.110	4.0	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
1.833	0.947	0.041	0.101	3.5	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
1.965	0.934	0.040	0.104	3.0	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>

\*\*ظهرت الفضة المستخلصة في الجدول (4) بشكل مائل للسواد وقد تم غسلها بالماء الحار ثم بحامض الهيدروكلوريك المخفف.

جدول (5) يوضح كمية الفضة المستخلصة من محلول المثبت (400 مل) للنموذج (C) باستخدام قضبان حديدية كعامل مختزل

المجموع (غرام)	كمية الفضة المستخلصة (غرام)			pH	الحامض % 10
	بعد 24 ساعة	بعد 48 ساعة	بعد أسبوع		
كمية الحديد المفقودة	0.712	0.094	0.174	5.37	النموذج الأصلي
1.578	0.400	0.488	0.373	4.5	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
1.735	0.655	0.201	0.508	4.0	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
1.754	0.448	0.247	0.702	3.5	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>

\*\* تم استخدام دالة حامضية بين 3.5-4.5 لغرض التدرج في هذه الدالة وبالتالي الحصول على نتائج أفضل.

جدول (6) يمثل كمية الفضة المستخلصة من محلول المثبت للنموذج (F) باستخدام علب المشروبات الغازية كعامل مختزل

المجموع (غرام)		كمية الفضة المستخلصة (غرام)			pH	الحامض % 10
كمية العلب المفقودة	كمية الفضة النتيجة	بعد أسبوع	بعد 48 ساعة	بعد 24 ساعة		
0.110	0.03	-	-	0.03	5.0	النموذج الاصيلي
0.850	0.126	0.011	0.021	0.094	4.0	HCl
0.862	0.324	0.010	0.101	0.213	3.5	HCl
0.875	0.751	0.010	0.110	0.631	3.0	HCl

لوحظ أسوداد لون الفضة الناتجة والذي يشير الى تكون كبريتيد الفضة مع الفضة حيث لوحظ ظهور رائحة كبريتيد الهيدروجين عند غسل الفضة بواسطة حامض الهيدروكلوريك المخفف، كما لوحظ أن العلب تصبح رقيقة وتتكرر بسهولة عند استخلاص الفضة.

جدول (7) يوضح كمية الفضة المستخلصة من المثبت للنموذج (D) باستخدام صفائح السمن كعامل مختزل

المجموع (غرام)		كمية الفضة المستخلصة (غرام)			pH	الحامض % 10
كمية الصفائح المفقودة	كمية الفضة النتيجة	بعد أسبوع	بعد 48 ساعة	بعد 24 ساعة		
1.151	1.582	0	0.005	1.512	4.76	النموذج الاصيلي
1.302	1.520	0.010	0.030	1.480	4.0	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
1.855	1.512	0.031	0.030	1.451	3.5	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
2.230	1.496	0.031	0.032	1.433	3.0	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>

أن الفضة الناتجة بعد 24 ساعة كان لونها جيدا لكن التي استخلصت بعد مرور 48 ساعة أظهرت أسودادا قليلا في لونها.

جدول (8) يوضح كمية الفضة المستخلصة من المثبت للنموذج (D) باستخدام صفائح الالمنيوم كعامل مختزل

المجموع (غرام)		كمية الفضة المستخلصة (غرام)			pH	الحامض % 10
كمية الالمنيوم المفقودة	كمية الفضة النتيجة	بعد أسبوع	بعد 48 ساعة	بعد 24 ساعة		
0.191	1.912	0.101	0.030	1.781	4.76	النموذج الاصيلي
0.209	1.943	0.092	0.071	1.780	4.0	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
0.303	1.804	0.081	0.032	1.691	3.5	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
0.372	1.781	0.060	0.031	1.690	3.0	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>

ظهر لون الفضة بشكل جيد عند الاستخلاص بواسطة صفائح الالمنيوم وكانت بشكل أنقى مقارنة ببقية الطرق الاخرى.

جدول (9) يوضح كمية الفضة المستخلصة من المثبت للنموذج (F) باستخدام سبيكة البراس كعامل مختزل

المجموع (غرام)		كمية الفضة المستخلصة (غرام)			pH	الحامض % 10
كمية البراس المفقودة	كمية الفضة النتيجة	بعد أسبوع	بعد 48 ساعة	بعد 24 ساعة		
1.190	0.303	0.012	0.041	0.250	5.0	النموذج الاصيلي
1.622	0.434	0.110	0.082	0.242	4.5	HCl
2.167	0.424	0.040	0.081	0.303	4.0	HCl
1.898	0.414	0.072	0.080	0.262	3.5	HCl
1.204	0.414	0.110	0.123	0.181	3.0	HCl

عند استخدام حامض الكبريتيك أو النتريك بدلا من حامض الهيدروكلوريك لوحظ الحصول على كمية بسيطة جدا من الفضة كما لوحظ أن لون الفضة المستخلصة يكون لونها اسود.

لقد استخدمت أفضل الظروف المستخلصة من التجارب السابقة وعلى هذا الأساس تم تحديد كمية الفضة في كل من محاليل المثبت بعد مرور أسبوع على وضع الفلز أو السبيكة في لتر واحد من محلول المثبت ووجدت النتائج الموضحة في الجدول (10):

جدول (10) يوضح كمية الفضة المستخلصة في لتر واحد من محلول المثبت لكل من النماذج المستلمة

رمز النموذج	A	B	C	D	E	F	G	H
كمية الفضة المستخلصة (غرام)	2.751	0.182	5.508	4.410	0.092	0.783	0.103	0.241

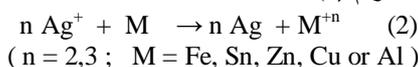
### الاستنتاجات

والسبائك لاستخلاص الفضة دون اضافة الحوامض، مما يجعل الامر أفضل سواء من ناحية اقتصادية أو بيئية بسبب استبعاد هذه المواد في عملية الاستخلاص. وبملاحظة الجدول رقم (3) نجد أن

كما يلاحظ في الجدول (1) فإن جميع محاليل المثبت لها دالة حامضية أقل من 7 ( $pH < 7$ ) وعليه فإنه يمكن استخدام الفلزات

من ناحية أخرى وعند ملاحظة الجدول رقم (2) نجد أن كمية الحوامض اللازمة للوصول إلى دالة الحامضية المطلوبة تكون متقاربة في نماذج المستشفيات العامة (G,F,A) وهذا يدل على إن تحضير هذه المحاليل يكون بنفس المواد وبنسب متشابهة في حين نجدها تختلف في العيادات الخاصة.

أن عملية الاستخلاص بواسطة الفلزات ستؤدي إلى استبدال ايونات الفضة بأيونات العناصر الأخرى المستخدمة في استخلاص الفضة، وقد يبدو للوهلة الأولى أنها إحدى النقاط التي قد لا تكون في صالح استخدام هذه الطريقة بسبب تأكسد هذه الفلزات وتحولها إلى ايونات ذائبة مما يزيد من نسبة التلوث، ولكن نظرا لأن الوزن الجزيئي لعنصر الفضة يكون أعلى من كل من الأوزان لجزيئية للفلزات وعناصر السبائك المستخدمة بشكل منفرد والتي تم استخدامها في الاستخلاص، فإن الكمية المستخلصة من الفضة ستكون أكبر من كمية الفلزات أو السبائك المتأكسدة والتي ستحول إلى ايونات في محلول المثبت بتركيز أقل من تركيز أيونات الفضة وهذا مفيد ومهم من ناحية اقتصادية وكذلك من ناحية بيئية حيث سيستبدل عنصر الفضة بعنصر آخر أقل تركيزا وأرخص ثمنًا منه كما في المعادلة رقم (2):



أن طريقة الاستخلاص التي تم إجرائها في هذا البحث هي طريقة بسيطة وسهلة ويمكن القيام بها في كل عيادة أو مستشفى بدلا من نقلها إلى موقع لتجميعها، فالكمية المستخدمة من المثبت في عملية التصوير بعد الاستخدام تكون حوالي 20 لتر وهذه يمكن وضعها في أناء بلاستيك متوسط الحجم وبعد تعديل دالة الحامضية (pH) ووفق ما ورد أعلاه يمكن استخدام أي من العناصر أو السبائك المذكورة والتي تتوفر بشكل كبير من المخلفات للحصول على الفضة بشكل نقي.

#### المصادر

1. H. Ratte. (1999) "Bioaccumulation and toxicity of silver compounds: A review." *Environmental Toxicology and Chemistry*, 18(1), pp. 89-108.
2. T. Purcell et al. (1999) "Historical Impacts of Environmental Regulation of Silver" *Environmental Toxicology and Chemistry*, 18(1), pp. 3-8.
3. ATSDR (1990) "Toxicological profile for silver" Atlanta, GA, US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (TP-90-24).
4. N. Sathaiyan et al. (2002) "Cost effective potentiostatic control unit for recovery of silver from photographic fixer solution" *Bull. electrochem.*, 18(7), pp. 333-336.
5. S. H. Edwards. (1999) "Determination of silver

كمية الفضة المستخلصة من المحلول الأصلي تكون أكبر دون استخدام حوامض وخاصة عند استخدام صفائح الامنيوم و صفائح السمن. وفي الجدول رقم (5) نجد أن أعلى كمية فضة مستخلصة من 400 مليلتر من النموذج C باستخدام قضبان من الحديد وبعد فترة أسبوع كانت 1.397 غرام في حين لوحظ أنه بإعادة التجربة ولكن باستخدام صفائح الامنيوم لنفس المحلول وبنفس الظروف يتم الحصول على 2.203 غرام من الفضة كما مذكور في الجدول (10). إن السبب في ذلك يعود إلى زيادة المساحة السطحية لصفحة الامنيوم وكذلك سرعة اختزال الفضة كما أن الفضة الناتجة تكون أنقى في حالة الامنيوم. وبشكل عام فقد لوحظ على محاليل المثبت المختلفة وبعد مرور مدة شهرين من استخلاص الفضة أن المحاليل التي كانت لها دالة حامضية أقل (أكثر حامضية) تكون محتوية على رواسب مختلفة من الكبريت والاكاسيد في حين عند استخدام المحلول الأصلي أو دالة حامضية قريبة من دالة المحلول الأصلي فإن الرواسب تكون قليلة أو غير موجودة.

أما عند الاستخلاص بواسطة علب المشروبات الغازية وكما مبين في الجدول (6) فقد لوحظ عدم حصول أي استخلاص للفضة في حالة استخدام حامض الكبريتيك أو النتريك وذلك بسبب وجود طبقة من الرزق المستخدم للحفاظ على سبيكة العلب من التآكل ولكن عند استخدام حامض الهيدروكلوريك فقد لوحظ مهاجمة الكلور إلى هذه الطبقة بسبب كونه قاعدة لويس قوية لوجود ثلاثة أزواج الكترونية منفردة حول ذرة الكلور. أن علب المشروبات الغازية تكون رقيقة مما يجعلها تتفتت وتختلط مع الفضة المستخلصة ولذلك يفضل عمل سبيكة من هذه العلب يكون سمكها أكبر لكي لا تتفتت كما حصل في النوع المستخدم.

#### المناقشة

في الجدول (2) تم استخدام حوامض مختبريه ولكن عند الاستخلاص بكميات كبيرة يمكن استخدام الحوامض الصناعية بدلا من المختبريه مما يؤدي إلى خفض التكاليف إلى ادنى مستوى كما يجب عدم استخدام حوامض مركزة لأنها تؤدي إلى تفكك ايونات الثايوكبريتات بشكل مباشر [17]، ولذلك تم اختيار أن تكون دالة الحامضية في المعدل بين دالة الحامضية الاصلية (حوالي pH=5) والدالة الحامضية القريبة من تفكك محاليل المثبت التي تكون بين (2.6-2.8). أن سبب عدم اختيار حامض الخليك مع حامض النتريك إضافة إلى الكبريتيك والهيدروكلوريك هو بسبب الكمية الكبيرة التي يجب أن تضاف منه إلى محلول المثبت للوصول إلى الدالة الحامضية (pH) المطلوبة 3-4.5 مما يؤدي إلى زيادة الكلفة إضافة إلى الرائحة النفاذة والغير مرغوبة للحامض المذكور عند الاستخدام، فمثلا احتاج 100 مليلتر من النموذج C إلى حوالي 11 مليلتر من حامض الخليك المركز للوصول إلى دالة حامضية تساوي (pH=3.5).

13. A. Steiner, R. L. Jackson. (2000) "Silver reclamation system" United States Patent 6,042,775.
14. Songkroah; W. Nakbanpote, P. Thiravetyan. (2004) "Recovery of silver-thiosulphate complexes with chitin" Process Biochemistry, 39, pp. 1553-1559.
15. A. A. Atia. (2005) "Adsorption of silver(I) and gold(III) on resins derived from bisithiourea and application to retrieval of silver ions from processed photo films" Hydrometallurgy, 80(1-2) pp. 98-106.
16. Concise International Chemical Assessment Document 44 (2002) "SILVER AND SILVER COMPOUNDS: ENVIRONMENTAL ASPECTS".
17. Kosei, U. Hachiro, S. KiwamuI, N. Toshiyuki, A. Kunio. (2006) "Decomposition of Sodium Thiosulfate and Sodium Thiocyanate in Supercritical Water" Journal of the Japan Institute of Energy, 85(2), pp. 126-134.
- in a photographic solution" EP Patent 0 924 512 A2.
6. N. A. Shvab, I. A. Gur'yanova, A. A. Omel'chuk. (2005) "Kinetics and Mechanism of Reactions Occurring in Electrodeposition of Silver from Thiosulfate Solutions" Russian Journal of Applied Chemistry, 78(1), pp. 85-88.
7. Green, G. Ueffinger, G. Hoitz. (1995) "Method and apparatus for controlling an automatic silver recovery system for a photographic processor" United States Patent 5,427,877.
8. Hubin, J. Vereecken. (1994) "Electrochemistry reduction of silver thiosulphate complexes. II: Mechanism and kinetics" J. appl. electrochem., 24(5), pp. 396-403.
9. W. Kunda et al. (1988) "Method for recovering silver from waste solutions containing thiosulfate compounds" United States Patent 4,755,453.
10. W. Kunda et al. (1992) "Photographic fixer regeneration" United States Patent 5,162,106.
11. T. Booker. (1992) "Process for desilvering silver halide processing fluids" United States Patent 5,085,836.
12. M. T. Mackay. (1992) "Replaceable core silver recovery equipment and method of making and using" United States Patent 5,112,390.

**شكر** : الى عمادة البحث العلمي في الجامعة العربية الدولية في الجمهورية العربية السورية التي دعمت وأشرفت على هذا البحث والى السيد رافع بدور لإسهامه في انجاز هذا البحث.

## DETERMINATION OF THE OPTIMUM CONDITIONS FOR SILVER RECOVERY FROM PHOTOGRAPHIC FIXER IN SOME STATE SYRIAN HOSPITALS AND PRIVATE CLINICS

**ABDULALAH T. MOHAMMED, MAZEN RAGAB, IBAA CHIKH AL-ARD,  
JAMAL DARWISHAH, NOUR AL-HABAL**

E.mail: [atm952@yahoo.com](mailto:atm952@yahoo.com)

**ABSTRACT:** A low cost metal replacement method has been used to determine the optimum conditions for silver recovery in photographic fixer received from different clinics. The chosen experimental parameters and their range were (i) pH 3- 5, (ii) reaction time 1-7 days, (iii) different metals and metal alloys and (iv) suitable acid at concentration 10% (in weight). The silver concentration in the manageable fixer solution should be  $\leq 5$  mg/ L. The method by using these optimum conditions is particularly suited for treating the fixer solution in a manner which enables to considerable reduction in cost of silver recovery and reduced environmental pollution.