

تحليل الأثر المتبقي من بعض المبيدات الكلورية العضوية في مياه الشرب

الدكتور عبد اللطيف يوسف*

(قبل للنشر في 2003/7/16)

□ الملخص □

قمنا بتحليل عدد من عينات مياه الشرب للكشف الكمي عن تراكيز بعض المركبات الكلورية العضوية الموجودة بتقنية الكروماتوغرافيا الغازية وكاشف التقاط الإلكترون ($ECD-^{63}Ni$) وذلك بعد استخلاص هذه المركبات من عينات المياه بطريقتين الأولى هي: استخلاص سائل/سائل والأخرى هي استخلاص الطور الصلب (SPE)، وبمقارنة طريقتي الاستخلاص موضوع هذا البحث تبين لنا أن الطريقة (SPE) هي الأنسب لعدة أسباب أهمها أن حجم العينة أقل، وكان الزمن اللازم لتحضير العينة وكمية المحلات المستخدمة أقل بكثير من الطريقة الأولى بالإضافة إلى ذلك دقة النتائج العالية التي يمكن الاعتماد عليها. هذا ما سنوضحه في بحثنا هذا.

*أستاذ في قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سوريا

Trace Analysis of Some Organochlorine Pesticides In Drinking Water

Dr. Abd Allatef Yousef*

(Accepted 16/7/2003)

□ ABSTRACT □

We have analyzed a number of drinking water samples to determine quantitatively the concentration of some organochlorine compounds in water samples, using gas chromatography (G.C) equipped with Electron-Capture detector ^{63}Ni . The G.C analysis was performed after extracting the water samples by two methods: the first one, was by Liquid/Liquid Extraction, and the second one was by solid Phase Extraction (SPE). comparing these two extraction methods, we found out that the SPE is in this case was more appropriate than the Liquid/Liquid extraction for the following reasons: it needs smaller size, less time to prepare the sample, less volume of used solvents, and high accuracy.

We explain that in our detailed work.

*Prof at Department Of Chemistry –Faculty Of Sciences-Tishreen University – Lattakia- Syria.

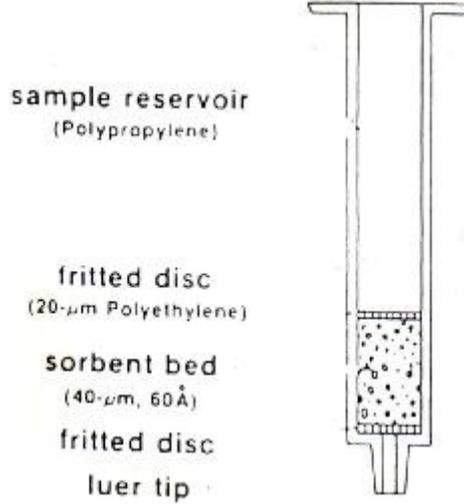
مقدمة:

تمثل كلمة المبيدات المركبات الكيميائية السامة التي تستخدم للتخلص من الكائنات التي تسبب أمراضاً أو التي تشكل خطراً على المحاصيل الزراعية بكل أنواعها وبشكل عام تخريب للبيئة. وتقسّم إلى نوعين رئيسيين هما المبيدات الحشرية والمبيدات العشبية. وتصنف المبيدات الحشرية موضع اهتمامنا في هذا البحث إلى ثلاث فئات من مركبات الكلور العضوية ومركبات الفوسفور العضوية ومركبات الكاربامات. إن مركبات الكلور العضوية هي الأولى من حيث الاستخدام كمبيدات وكان هذا في الأربعينات من القرن العشرين، وتعاضد استخدام المبيدات دون إدراك لآثارها المخربة للبيئة ولتصل من خلال السلسلة الغذائية إلى الإنسان، ولتبقى آثارها في الطبيعة لفترة طويلة تصل إلى عشرات السنين بعد التوقف عن استخدامها (1) ومعظم هذه المركبات من فصيلة الكلور العضوية. يمكن لهذه المركبات أن تصل إلى أماكن بعيدة عن أماكن استعمالها ويصل قسم منها إلى المياه السطحية والجوفية. بحيث أصبحت معظم المياه ملوثة بكميات مختلفة بعضها ضمن الحدود المسموح بها للاستخدام البشري المباشر كمياه شرب (2) وأصبحت تمثل خطراً على البيئة بشكل عام وعلى الصحة العامة بشكل خاص. لذلك وضعت قوانين للحد منها، وأجريت تحاليل كيميائية مناسبة لتقدير كميتها وهذا ما ساهم في وضع معايير واحتياطات هامة لحماية الوسط المائي. أدى هذا الاهتمام إلى تطوير سريع في طرق التحليل الكيميائي بحيث يمكن الكشف عن تراكيز ضئيلة جداً تصل إلى جزء من البليون أو الترليون (10^{-9} - 10^{-12}) (3). من هذه الطرق، تقنية الكروماتوغرافيا الغازية والتي أصبحت أكثر انتشاراً وكذلك الأكثر حساسية تبعاً لنوع الكاشف المستخدم في جهاز الكروماتوغرافيا (4) و(5) و(6).

بما أن المبيدات الكلورية العضوية بشكل عام مقاومة للعوامل البيئية دون تغيير في بنيتها لعدة سنوات، الأمر الذي يؤدي إلى مرورها بمرحلة تراكمها خلال السلسلة الغذائية وهنا يكمن خطر وجودها في البيئة، لذلك استدعى هذا الوضع ضرورة الرصد المستمر لهذه المركبات بشكل دوري. وهذا ما يحدث فعلاً على مستوى عالمي. قبل البدء بعملية تحديد التركيز بأية تقنية مستخدمة مثل الكروماتوغرافيا وغيرها لا بد من إجراء بعض العمليات مثل تنظيف العينة من شوائب تعيق التحليل وكذلك تحضيرها لتصبح جاهزة لخطوة التحليل الكيفي والكمي للمركبات المعنية.

توجد عدة طرق لإجراء عمليتي تنظيف العينة وتحضيرها، ومرحلة تحضير العينة أهم خطوة قبل البدء بعملية التحليل. وهذه تتطلب خلفية علمية وتقنية حتى يمكن الوثوق بنتائج التحليل. وضعت مخابر وكالة حماية البيئة (EPA) بروتوكولاً عملياً واعتمد في كثير من المخابر المتقدمة والمعروفة عالمياً (7). يعتمد هذا البروتوكول على الاستخلاص المستنفذ للمركبات الكلورية العضوية من عينة الماء ويعرف باستخلاص سائل/سائل ومن ثم تركيز الخلاصة. يستخدم بهذه الطريقة كمية كبيرة من عينة الماء وكذلك كمية كبيرة من المحلات اللازمة لعملية الاستخلاص، والزمن اللازم لإنجاز عملية الاستخلاص طويل نسبياً. ولذلك جرت عدة محاولات لاختصار عملية الاستخلاص من حيث الزمن وكمية المحلات اللازمة إلى جانب عينة الماء الأقل. تتمتع التقنية المعروفة باسم استخلاص الطور الصلب (Solid phase extraction) تعرف اختصاراً بـ SPE Baker. 10T-M بأن حجم عينة الماء أقل بكثير من سابقتها وكذلك كمية المحلات وبزمن أقل بكثير لتصبح العينة جاهزة للتحليل الكيفي والكمي. تعتمد هذه التقنية على تقنية الكروماتوغرافيا السائلة (8) و(9)، يستخدم في هذه الطريقة أعمدة بلاستيكية صغيرة تستعمل لمرة واحدة (شكل 1) محشوة بمادة السليكا جل (silica gel)

عليها مادة رابطة ذات خواص مختلفة بحسب الاستخدام قطبية، لا قطبية بحيث يمكن استخدامه لمجالات متعددة بحسب التركيب الكيميائي ... الفيزيائي العام للعينة. تمرر العينة والمحل خلال العمود بسرعة معينة يمكن التحكم بها بعملية تفرغ بسيطة. يتم تمليص العينة باستخدام محل يمكن تغيير درجة قطبيته. يمكن تلخيص إيجابيات هذه الطريقة على الشكل التالي: يمكن استخدام الأعمدة هذه في موقع أخذ العينة، وتكون كمية المحل اللازمة قليلة وتتجز عملية الاستخلاص بسرعة.



شكل (1)

سوف نحاول في هذا البحث إجراء التحليل الكمي للأثر المتبقي لثلاثة مركبات كلورية عضوية في مياه الشرب في مدينة بلاكسبورغ (Blacksburg) في ولاية فرجينيا يعد تطبيق طريقتي الاستخلاص المذكورتين واستخدام تقنية الكروماتوغرافيا الغازية ذات الكاشف (التقاف الإلكتروني) ومن ثم مقارنة النتائج لتحديد الأنسب لمثل هذا النوع من التحليل.

القسم التجريبي:

1- ملاحظات عامة :

- A- تم تنظيف جميع الزجاجيات التي استخدمت بالطرق المتبعة في مثل هذا النوع من التحاليل الكيميائية.
- B- المحلات التي استخدمت ذات نقاوة ومواصفات خاصة لهذه التحاليل.
- C- المبيدات المرجعية (Reference standers) المستخدمة هنا مصدرها إحدى مراكز وكالة حماية البيئة وهي على شكل أمبولات بتراكيز محددة بدقة.

2- تحضير المحاليل العيارية:

حضرت ثلاث عينات (محاليل) عيارية من الأمبولات التالية: أمبولة مركب الليندان تحوي 2 مل بتركيز 5 مغ/مل بدرجة نقاوة أعلى من 99%، أمبولة مركب اندرين تحوي 2 مل بتركيز 5 مغ/مل وبدرجة نقاوة 99% والأمبولة الثالثة لمركب ميتوكسي كلور تحوي 0.5 غ في حالته الصلبة وبدرجة نقاوة أكبر من 99% حضر من هذه المركبات

الثلاثة محاليل أولية كل منها بتركيز 0.1 مغ/مل ومن هذه المحاليل الأولية الثلاث تم تحضير مجموعة من المحاليل العيارية اللازمة إما لتحليلها كمحاليل عيارية معلومة التراكيز أو لإضافة 1 مل منها إلى العينات المائية قبل استخلاصها. وهكذا أصبح لدينا ثلاثة محاليل عيارية بتركيز مبينة في الجدول (1) التالي: (كل محلول يحوي المركبات الثلاث المعنية)

جدول (1) تراكيز المركبات الكلورية العضوية في المحاليل العيارية الثلاث: التركيز مغ/مل

| المحلل/اسم المركب | ليندان Lindane | إندرين Indrin | ميثوكسي كلور methoxy chlor |
|-------------------|----------------|---------------|----------------------------|
| الأول | 0.2 | 0.2 | 8.0 |
| الثاني | 0.04 | 0.04 | 1.6 |
| الثالث | 0.008 | 0.016 | 0.048 |

3- جمع العينات المائية (الاعتيان):

جمعت عينات مياه الشرب في زجاجات بنية ذات سعة أربع لترات منظفة بالشكل المقترح من وكالة حفظ البيئة (10-1979 Sherma). جمعت العينات على فترات زمنية بين الواحدة والأخرى ست ساعات بحيث كان العدد الكلي للعينات 12 عينة. وحفظت هذه العينات عند درجة حرارة 4C لحين استخلاصها الذي يجب أن يتم خلال 48 ساعة من جمعها.

4- استخلاص عينات المياه:

A- الاستخلاص بطريقة سائل/سائل (Liquid/liquid extraction): اعتمد في هذه الطريقة على بروتوكول تحليل المبيدات في المياه الذي وضعته وكالة حماية البيئة ويعرف بطريقة (7 EPA-600) وكانت على الشكل التالي: يؤخذ في قمع فصل سعة لتران ويوضع فيه لتر واحد من عينة المياه التي أضيف إليها 1 مل من محلول عياري. وبعد إضافة 60 مل من مزيج كلور الميثيلين- هكسان (85% - 15% حجماً) يرج قمع الفصل بشدة لعدة دقائق ويترك بعدها حتى تتفصل الطبقتان بشكل واضح. نسحب طبقة الماء من أسفل قمع الفصل، وتصب الطبقة العضوية في دورق سعة 250 مل. ويصب المحلول العضوي على قمع الترشيح المجهز بطبقة من الصوف الزجاجي مغطى بكمية من كيريتات الصوديوم اللامائية النقية والمستخلصة سابقاً.

تتكرر عملية الاستخلاص ثلاث مرات. تجمع الطبقة العضوية وتركز بواسطة مبخر دوار على حمام مائي ساخن لتصل إلى حجم بحدود 2 مل وتنقل بعد ذلك إلى بالون معايرة سعة 25 مل وتحفظ في الثلاجة إلى حين التحليل الكروماتوغرافي الغازي.

B- الاستخلاص بطريقة الطور الصلب لباكر (SPE): يؤخذ من عينة المياه (التي حجمها 200 مل) مليتر واحد ويضاف إلى العينة 1 مل من المحلول العياري لمزيج من المبيدات الثلاث بحيث يبقى الحجم الكلي لعينة الماء ثابتاً (200 مل). قبل استخدام عمود الاستخلاص (عمود باكر 6 مل، نوع أوكتيل C8) يجب تهيئة العمود (تنشيط العمود) على الشكل التالي: يملأ العمود بالمحل المزيج هكسان- إيتير بنسبة (50/50 حجماً) ويسمح للمحل بعبور العمود بمساعدة جهاز باكر للتخلية وبعد ذلك يغسل العمود ثلاث مرات متتالية بكحول الميثانول مع الحفاظ على رطوبة العمود. بعد عملية تنشيط العمود، يوصل بالعمود خزان بلاستيكي مناسب وتبدأ عملية إضافة عينة الماء (200 مل) مع استخدام جهاز التخلية وبعد الانتهاء من تمرير عينة الماء يجفف العمود بالتخلية التي تستمر

لمدة 10-15 دقيقة (11). وبما أن المركبات الكلورية العضوية قد أدمست على العمود، لذلك يمكن تمليص (Elute) هذه المركبات، بغسل العمود بـ 2 مل من المحل هكسان- إيتير المحضر سابقاً (50/050حجماً) ويعاد الغسل مرة ثانية وباستخدام جهاز التفريغ تجمع الغسالة بأنبوبة توضع في أسفل العمود وتستمر التخلية لعدة دقائق. وأخيراً يوضع محلول الغسالة في بالون معايرة سعة 5 مل ويضاف إليها الهكسان حتى يصبح الحجم الكلي 5 مل. ومن ثم يحفظ في الثلاجة لحين إجراء التحليل الكروماتوغرافي.

5- شروط تشغيل الكروماتوغرافيا الغازية:

يستخدم جهاز كروماتوغرافيا غازي نموذج HP-5890 مجهز بكاشف إنقياط الإلكترون ^{63}Ni (ECD)، ويعمود زجاجي طوله 180 سم ونصف قطره الداخلي 2 مم بمواصفات SE-3 3% على كروموزورب HP-Co-80/100 mesh. معدل تدفق النتروجين 30 مل/دقيقة، درجة حرارة العمود 200C، درجة حرارة الكاشف 260C. وفي حال استخدام البرنامج الحراري، كانت الشروط الحرارية كالتالي: درجة الحرارة الأولية 150C ثابتة لمدة خمس دقائق ثم ترفع تدريجياً بمعدل اربع درجات /دقيقة حتى تصل الى درجة حرارة 250C، وتبقى درجة الحرارة ثابتة عند هذه الدرجة الاخيرة مدة خمس دقائق.

لابد من الإشارة إلى أن الشروط المذكورة أعلاه كانت تمثل أفضل شروط التشغيل لجهاز الكروماتوغرافيا الغازية المستعمل والتي تم من خلالها فصل القمم العائدة لمركبات المبيدات الثلاثة عن بعضها البعض بشكل جيد.

النتائج والمناقشة:

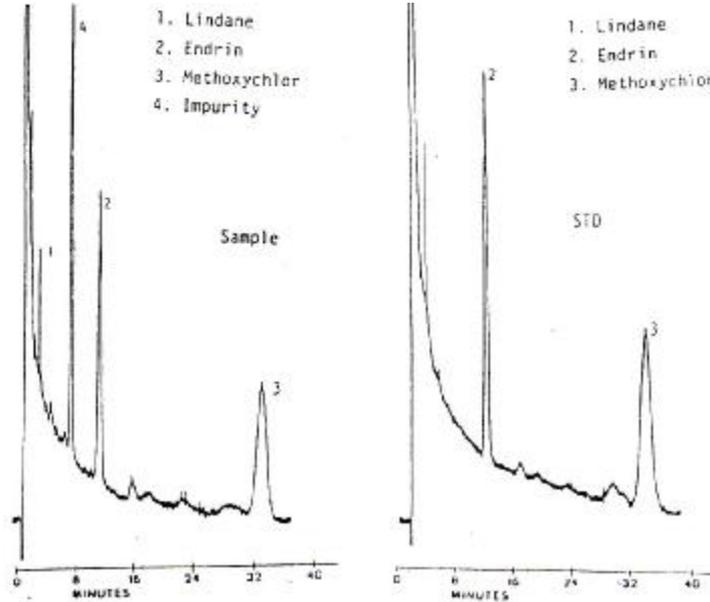
استخدمت في هذا البحث طريقتا استخلاص، الأولى كانت استخلاص سائل/سائل، والثانية استخلاص الطور الصلب للمبيدات المعنية المنحلة في الوسط المائي. لما كان تراكيز المبيدات في العينات المائية منخفضة جداً وأقل من عتبة الكشف، لذلك أضيف إلى عينة المياه المدروسة كميات من محلول المبيدات ذات التراكيز الأعلى من عتبة الكشف. لذلك بعد أن حددت عتبة الكشف لكل مركب من المبيدات الثلاثة، أضيف إلى عينة المياه 1 مل من محاليل المبيدات التي حضرت بتراكيز تراوحت على الشكل التالي: لمركب لندان (0.2 - 0.04- 0.008 ميكرو غرام/ليتر). ولمركب اندرين (0.2 - 0.04 - 0.016 ميكرو غرام/ليتر). ولمركب ميثوكسي كلور (8.0 - 1.6 - 0.048 ميكرو غرام/ليتر) بحيث يكون التركيز لكل مركب بين ثلاث إلى خمسة أضعاف تركيز عينة الكشف، آخذين بعين الاعتبار خطية الكاشف التي تعبر عن مجال تركيز العينة التي يكون خلالها الكاشف ECD محافظاً على حساسية ثابتة. تختلف هذه الخطية باختلاف المركبات المحقونة من حيث بنيتها وعدد ذرات الكلور الموجودة في المركب. يبين الجدول رقم (2) التالي أسماء المبيدات مع زمن الاحتفاظ T_R ومجال خطية الكاشف لكل مركب:

الجدول (2)

| اسم المركب | متوسط زمن الاحتفاظ T_R (دقيقة) | خطية الكاشف | |
|--------------|-------------------------------------|-------------------|--------------------|
| | | الحد الأدنى P_g | الحد الأعظمي P_g |
| لندان | 2.4 | 0.05 | 50 |
| اندرين | 10.6 | 0.30 | 300 |
| ميثوكسي كلور | 32.5 | 2.80 | 2800 |

حددت تراكيز المبيدات الثلاثة المدروسة باستخدام طريقة المقارنة مع تراكيز المحاليل العيارية الخارجية. لذلك حققت عينة من المحاليل العيارية بعد الحقنة الخامسة لكل عينة من خلاصة عينات المياه تحت نفس شروط تشغيل جهاز الكروماتوغرافيا الغازية.

يمثل الشكل (1) نموذج كروماتوغرام لكل من المحلول العياري وعينة الماء المستخلصة



شكل (1) نموذج كروماتوغرام لمحلول عياري ولمحلول عينة ماء مستخلصة حقنت كل عينة ماء مستخلصة عشر مرات، وحددت من خلال الكروماتوغرامات المساحة الرقمية لقمة كل مركب وكذلك زمن الاحتفاظ له. ومن ثم حسب متوسط مساحة القمم ومتوسط زمن الاحتفاظ، وتبعه تحديد الانحراف المعياري والانحراف المعياري النسب يبين الجدول رقم (3) التالي النتائج التي حصل عليها من تحليل عشر عينات مائة لتحديد التكرارية من خلال زمن الاحتفاظ ومساحة القمم الرقمية للعينات العشر وكذلك الانحراف المعياري النسبي.

جدول (3) دراسة تكرارية لعشر عينات من المبيدات الثلاثة

| Methoxy chlor | | Endrin | | Lindane | | رقم العينة |
|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|------------|
| A ₃ | T _{R3} | A ₂ | T _{R2} | A ₁ | T _{R1} | |
| 467470 | 28.61 | 269380 | 9.35 | 36010 | 2.07 | 1 |
| 480406 | 28.39 | 272872 | 9.35 | 34608 | 2.04 | 2 |
| 444715 | 28.51 | 287306 | 9.38 | 37470 | 2.05 | 3 |
| 484321 | 29.31 | 297677 | 9.27 | 35225 | 2.04 | 4 |
| 457848 | 28.72 | 300175 | 9.31 | 46412 | 2.08 | 5 |
| 426078 | 28.87 | 312102 | 9.49 | 34461 | 2.07 | 6 |
| 420078 | 29.19 | 314097 | 9.59 | 34280 | 2.06 | 7 |
| 436465 | 29.25 | 333079 | 9.47 | 36249 | 2.07 | 8 |
| 498672 | 29.15 | 337649 | 9.49 | 35550 | 2.04 | 9 |
| 469842 | 29.42 | 325262 | 9.53 | 37041 | 2.03 | 10 |
| 458640 | 28.88 | 304959 | 9.41 | 35730 | 2.055 | X |

| | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------------|
| 26100 | 0.377 | 23800 | 0.095 | 1100 | 0.017 | S |
| 5.70 | 1.30 | 7.80 | 1.02 | 3.06 | 0.83 | S% (RSD) |

ويبين الجدول رقم (4) نتائج تراكيز المركبات الثلاثة في العينات العشر التي حقنت في جهاز الكروماتوغرافيا الغازي بعد استخلاصها بطريقة EPA.

ويبين الجدول (5) نتائج تراكيز المركبات الثلاث في العينات العشر التي حقنت في جهاز الكروماتوغرافيا الغازي بعد استخلاصها بطريقة SPE.

الجدول (4): تراكيز المركبات الثلاثة في العينات العشر المستخلصة بطريقة EPA.

| التراكيز مقدره بـ $\mu\text{g/ml}$ | | |
|------------------------------------|--------|--------------|
| ليندان | أندرين | ميثوكسي كلور |
| 0.0059 | 0.715 | 0.275 |
| 0.00780 | 0.755 | 0.278 |
| 0.00700 | 0.701 | 0.243 |
| 0.00870 | 0.815 | 0.289 |
| 0.00560 | 0.718 | 0.239 |
| 0.00260 | 0.703 | 0.249 |
| 0.00930 | 0.754 | 0.284 |
| 0.00720 | 0.727 | 0.262 |
| 0.00740 | 0.691 | 0.252 |
| 0.00688 | 0.714 | 0.273 |

الجدول (5) تراكيز المركبات الثلاثة في العينات العشر المستخلصة بطريقة SPE.

| التراكيز مقدره بـ $\mu\text{g/ml}$ | | |
|------------------------------------|--------|--------------|
| ليندان | أندرين | ميثوكسي كلور |
| 0.00790 | 0.770 | 0.285 |
| 0.00460 | 0.751 | 0.274 |
| 0.00741 | 0.724 | 0.266 |
| 0.00745 | 0.718 | 0.282 |
| 0.00780 | 0.751 | 0.294 |
| 0.00808 | 0.665 | 0.250 |
| 0.00719 | 0.730 | 0.287 |
| 0.00665 | 0.660 | 0.253 |
| 0.00710 | 0.761 | 0.310 |
| 0.00715 | 0.756 | 0.293 |

أما الجدول (6) فيمثل نتائج التحليل الكروماتوغرافي لمركبات المبيدات الثلاثة العياريه.

الجدول (6) نتائج التحليل الكروماتوغرافي لمركبات المبيدات الثلاثة العياريه.

| Methoxy chlor | | Endrin | | Lindane | | رقم العينة |
|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|------------|
| A ₃ | T _{R3} | A ₂ | T _{R2} | A ₁ | T _{R1} | |
| 1431545 | 32.70 | 973583 | 10.70 | 86900 | 2.34 | 1 |

| | | | | | | |
|---------|----------------------|--------|----------------------|-------|----------------------|------------------------------|
| 135223 | 32.65 | 936061 | 10.69 | 84542 | 2.33 | 2 |
| 1421829 | 32.62 | 956591 | 10.71 | 88973 | 2.35 | 3 |
| 1414293 | 32.62 | 980498 | 10.70 | 89907 | 2.33 | 4 |
| 1437571 | 32.68 | 978519 | 10.70 | 89045 | 2.34 | 5 |
| 1418221 | 32.62 | 952411 | 10.69 | 82960 | 2.33 | 6 |
| 1442025 | 32.70 | 971612 | 10.70 | 84761 | 2.34 | 7 |
| 1407551 | 32.72 | 977579 | 10.72 | 89892 | 2.35 | 8 |
| 1422142 | 32.75 | 977231 | 10.73 | 89096 | 2.34 | 9 |
| 1394071 | 32.77 | 957803 | 10.73 | 92522 | 2.34 | 10 |
| 1416080 | 32.676 | 971075 | 10.70 | 88124 | 2.34 | X |
| 24702 | 0.0604 | 17479 | 17397 | 3079 | 0.0038 | S |
| 1.75% | 1.85% | 1.80% | 0.162% | 3.48% | 0.168% | S% |
| | 3.8×10^{-2} | | 9.6×10^{-3} | | 9.6×10^{-4} | تراكيز العينة المحقونة |

إذن بمقارنة نتائج تحليل تراكيز مركبات المبيدات الثلاث، يمكن ملاحظة أن تراكيز المركبات في حالة الاستخلاص بطريقة SPE أعلى من تراكيزها في حالة استخلاصها بطريقة EPA. يمكن أن يعزى ذلك إلى كون طريقة SPE محدودة الخطوات بالمقارنة مع طريقة EPA متعددة الخطوات التي تساهم بفقدان جزء من المركبات المدروسة من خلال ادمصاصها على سطوح زجاج الأدوات التي استخدمت ومن عمليات نقل المحلول من أداة إلى أخرى. وبالنسبة للزمن اللازم لتحضير العينات، فقد وجدنا أن الزمن اللازم بطريقة SPE يحتاج بمعدل ساعة واحدة لكل عشر عينات، بينما بطريقة EPA فالزمن اللازم لنفس العدد من العينات هو عشر ساعات. لا بد من التنويه أيضا إلى أن كمية المحلات التي يحتاج إليها في حالة الاستخلاص بطريقة SPE أيضا قليلة جدا بالمقارنة مع الكمية اللازمة في حالة الاستخلاص بطريقة EPA .

إذن يمكن تلخيص إيجابيات طريقة الاستخلاص الطور الصلب (SPE) مقارنة مع طريقة الاستخلاص

(EPA) على الشكل التالي:

- 1- نقص حجم العينة إلى العشر.
 - 2 - نقصت كمية المحلات إلى اقل من العشر.
 - 3- انخفض الزمن اللازم لاستخلاص العينة إلى العشر.
 - 4 - يمكن إجراء الاستخلاص في موقع اخذ العينة.
- تمثل هذه النقاط إيجابيات هامة وخاصة عندما يكون العمل على عدد كبير من العينات وخلال زمن محدود.

المراجع:

.....

- 1- U.S., EPA, "Effects of Pesticides in Water, EPA- A Report to the states" 1972.
- 2- Faust, S. D.: Suffet, I. M., Res., Rev, 15, P.45, (1966).
- 3- DAS, K. G. ed. "Pesticides Analysis"; Marcel Dekker, Inc., New York, 1981.
- 4- Aue, W. A., J. Chromatogr. Sci. 13, P.330, 1975.
- 5- Potter DW. Pawliszyn J., Environ Sci Technol, 28 PP 298-, 1994.
- 6- Chen J, Pawliszyn J, Anal. Chem., 67, PP 2530-, 1995.
- 7- Lichtenberg, J. J. in "U.S. EPA. - Methods for Organochlorine Pesticides in Drinking Water" EPA 600/4, 1978.
- 8- "Baker-10T m SPE Application Guide" 1982.
- 9- Siewierski, M., J., T. Baker Chem. Co. 1982.
- 10- Sherma, J.; Beroza, M. EPA 600/1- 79 Res. Triangle 1979.
- 11- Thurman, E, M.; Mills, M. S., Solid- Phase Extraction Principles and Practice. Wiley Inter Science, 1998.