

# CODEX ALIMENTARIUS

INTERNATIONAL FOOD STANDARDS

منظمة الأغذية والزراعة  
للأمم المتحدة



منظمة  
الصحة العالمية



E-mail: [codex@fao.org](mailto:codex@fao.org) - [www.codexalimentarius.org](http://www.codexalimentarius.org)

الخطوط التوجيهية بشأن استخدام قياس الطيف الكتلي لتحديد مخلفات المبيدات وتأكيدا وتحديد الكمي

CXG 56-2005

## الاختبارات التأكيديّة

من الضروري بشكل خاص عند إجراء التحاليل لأغراض الرصد أو الإنفاذ أن يتم توليد البيانات التأكيديّة قبل الإبلاغ عن العينات التي تحتوي على مخلفات للمبيدات لا ترتبط عادةً بتلك السلعة، أو عندما يتبين أنه تم تجاوز الحدود القصوى للمخلفات. وقد تحتوي العينات على مواد كيميائية متداخلة يمكن إساءة فهمها على أنها مبيدات. وتشمل الأمثلة في كروماتوغرافيا الغاز استجابات كاشفات التقاط الإلكترون لإسترات حمض الفثاليك والكاشفات الانتقائية للفوسفور للمركبات المحتوية على الكبريت والنيتروجين.

يتكون تحليل مخلفات المبيدات باستخدام طرق المخلفات المتعددة من مرحلتين بشكل عام هما الكشف والتأكيد. ويوضح الشكل 2 العملية باستخدام الرسوم البيانية. وتتمثل المرحلة الأولى في إثبات وجود مبيدات محتملة عبر تفسير البيانات الأولية، مع تجنب النتائج السلبية الخاطئة قدر الإمكان. أما المرحلة الثانية فهي مرحلة التأكيد التي يتم فيها التركيز على المبيدات المكتشفة في المرحلة الأولى. ويحدد استخدام النتائج الواجب الإبلاغ عنها، وما يترتب على ذلك من قرار الإدارة الجهود المطلوب بذلها أثناء عملية التأكيد. ويعتمد اختيار التقنية المستخدمة للتأكيد على توفرها والوقت المتاح وتكلفتها. وهي تستند إما إلى تفسير أكثر شمولاً للبيانات الكروماتوغرافية وبيانات قياس الطيف الكتلي، أو إلى الطرق البديلة باستخدام الخصائص الفيزيائية والكيميائية المختلفة للمركب، أو إلى الجمع بين طرق الفصل والكشف المختلفة. وترد بعض الإجراءات البديلة للتأكيد في الجدول 6.

عند استخدام تقنيات الكروماتوغرافيا في الكشف أو التأكيد، يُعتبر ضبط فترات الاستبقاء بشكل صحيح أمراً ضرورياً. ويجب الحرص على ضبط الأداة بشكل صحيح قبل بدء التحليل؛ ويجب إجراء اختبار صلاحية النظام قبل كل مجموعة من التحاليل<sup>1</sup>. ويجب تكييف قاعدة البيانات المتعلقة بفترات الاستبقاء مع الظروف الحالية<sup>2</sup>. في المرحلة الأولى، يمكن تطبيق فواصل تسامح تتراوح بين 1.5 و3 بالمائة من زمن الاستبقاء المطلق بالنسبة لتقنية كروماتوغرافيا الغاز الشعرية وفقاً لشكل الذروة. ولتأكيد زمن الاستبقاء، تزداد فواصل التسامح المطلقة كلما طال وقت الاستبقاء. ويجب أن يكون الفاصل الزمني للتسامح ما دون الثانية الواحدة لوقت استبقاء (Rt) أقل من 500 ثانية. أما بالنسبة لأوقات الاستبقاء التي تتراوح بين 500 و5000 ثانية، فيوصى بفواصل زمني يبلغ 0.2 بالمائة من وقت الاستبقاء النسبي، فيما يُعتبر الفاصل الزمني البالغ 6 ثوانٍ مناسباً لأوقات الاستبقاء الأطول.

يمكن أن تكون الاختبارات التأكيديّة كمية و/أو نوعية، ولكن في معظم الحالات، يكون كلا النوعين من المعلومات مطلوباً. وتحدث مشاكل معينة عندما يلزم تأكيد المخلفات سواء كانت عند حد التحديد أو قريبة منه. وعلى الرغم من صعوبة قياس كمية المخلفات عند هذا المستوى، إلا أنه من الضروري تقديم تأكيدات كافية بشأن مستوى المخلفات وهويتها.

قد تعتمد الحاجة إلى الاختبارات التأكيديّة على نوع العينة أو تاريخها المعروف. ففي بعض المحاصيل أو السلع، كثيراً ما توجد بعض المخلفات. وبالنسبة لمجموعة من العينات القادمة من المصدر نفسه والتي تحتوي على مخلفات من المبيد نفسه، قد يكفي تأكيد هوية المخلفات في نسبة صغيرة من العينات المختارة بشكل عشوائي. وبالمثل، عندما يكون من المعروف أنه قد تم تطبيق مبيد معين على مادة العينة، فقد لا تكون هناك حاجة كبيرة إلى تأكيد هويتها، على الرغم من أنه يتعين تأكيد بعض النتائج المختارة عشوائياً. وعند توفر عينات "غفل"، يجب استخدامها للتحقق من إمكانية وجود مواد متداخلة.

إن الخطوات اللازمة لتحديد الهوية بشكل إيجابي هي مسألة تخضع لتقدير المحلل، ويجب إيلاء اهتمام خاص لاختيار أسلوب يقلل من تأثير المركبات المتداخلة. وتعتمد التقنية (التقنيات) التي يتم اختيارها على مدى توافر المعدات المناسبة والخبرة داخل المختبر.

## كروماتوغرافيا الغاز - مطياف الكتلة

تمثل بيانات المخلفات التي يتم الحصول عليها باستخدام قياس الطيف الكتلي أكثر الأدلة القاطعة، وحيثما تتوفر المعدات المناسبة، فإنها تمثل تقنية التأكيد الفضلى. كما تُستخدم هذه التقنية بشكل شائع لأغراض فحص المخلفات (المرحلة الأولى). وعادةً ما يتم تحديد

J. Soboleva E. Ambrus A.<sup>1</sup>، تطبيق اختبار ملائمة النظام لضمان الجودة وتحسين أداء نظام كروماتوغرافيا الغاز لتحليل مخلفات المبيدات، مجلة الكروماتوغرافيا (J. Chromatogr. A)، 1027، 2004، ص. 55-65.

Lantos J., Kadenczki L., Zakar F., Ambrus A.<sup>2</sup>، التحقق من صحة قواعد بيانات كروماتوغرافيا الغاز من أجل التحديد النوعي للمكونات النشطة لمخلفات المبيدات، في Fajgelj A. Ambrus A. (ناشر)، مبادئ المصادقة على الأساليب (Principles of Method Validation)، الجمعية الملكية للكيمياء، كامبريدج، 2000، ص. 128-137.

المخلفات باستخدام قياس الطيف الكتلي إلى جانب تقنية الفصل الكروماتوغرافي للحصول في الوقت عينه على بيانات حول وقت الاستبقاء ونسبة كتلة/ شحنة الأيونات ووفرتها. وتكتنف النقل الكمي للمادة التحليلية المتغيرة عن طريق النظام الكروماتوغرافي مشاكل شبيهة بتلك التي يتم اختبارها مع أجهزة الكشف الأخرى. وبالنسبة للتقدير الكمي، يجب أن تُرصد الأيونات الأكثر تمييزاً للمادة التحليلية، والأقل عرضةً للتداخل والتي توفر نسبة إشارة إلى ضوضاء جيدة.

عند استخدام طريقة الرصد الأيوني الانتقائي (SIM)، يجب أن يكون قد تم تحديد فواصل التسامح لنسب الأيونات وأوقات الاستبقاء بناءً على حقن مبيد قياسي في مذيب نقي بتركيز قريب من المستوى الحرج في هذه المرحلة. ويجب أن تكون فواصل التسامح لنسب الأيونات في حدود  $30 \pm$  بالمائة من نسب وفرة الأيونات المطلقة. وعندما تقع 2 (أو 3) نسب أيونية محددة ضمن فترات التسامح المحددة، يتأكد وجود المخلفات<sup>3</sup>. وعندما يكون عدد المبيدات صغيراً، قد لا يُظهر الطيف الكتلي سوى أيوناً واحداً محدداً. في هذه الحالة، يجب البحث عن تأكيد بديل.

عندما تستمر الأيونات المكتشفة في الإشارة إلى احتمال وجود مخلفات، يجوز الإبلاغ في النتيجة عن أن المخلفات موجودة بشكل مبدئي. ولكن إذا كانت النتيجة ستؤدي إلى اتخاذ إجراء تنظيمي، أو إذا كانت النتيجة ستستخدم لغرض مختلف (مثل تقدير المتناول الغذائي)، يجب البحث عن مزيد من التأكيد على هوية المادة التحليلية. ويمكن القيام بذلك باستخدام أجهزة كروماتوغرافيا الغاز-قياس الطيف الكتلي نفسها، عن طريق حقن المادة التحليلية القياسية المشبوهة المطابقة للمصفوفة، للتعويض عن تأثير المصفوفة على نسبة الأيونات. في هذه الحالة، ينبغي تكرار حقن المادة التحليلية القياسية المطابقة للمصفوفة والعينة المشبوهة. وبالعادة، يجب أن يكون الفرق بين وقت الاستبقاء النسبي للمادة التحليلية في المادة القياسية والذروة المفترضة في العينة أقل من 0.1 بالمائة. وينبغي أن تكون نسبتان من الأيونات المقاسة في العينة نفسها ضمن فاصل التسامح المحتسب على أساس نسب الأيونات في المادة التحليلية القياسية المطابقة للمصفوفة. ويُعتبر وجود المخلفات مؤكداً إذا كان مطابقاً للقاعدة العامة المذكورة أعلاه. أما في حال لم تقع النسب الأيونية ضمن فواصل التسامح، فيمكن الحصول على تأكيد إضافي لهويتها باستخدام تقنيات تحليلية بديلة ترد أمثلة عنها في الجدول 6.

يمكن تحقيق مزيد من التأكيد بواسطة قياس الطيف الكتلي من خلال التحليل الطيفي الكتلي الكامل بالتأين الإلكتروني (في الواقع، عادةً ما يكون من  $m/z 50$  إلى ما بعد منطقة الأيونات الجزيئية). ويُعدّ عدم وجود أيونات دخيلة من الاعتبارات المهمة عند تأكيد الهوية. ويمكن الحصول على تأكيد إضافي للهوية عن طريق (1) استخدام عمود كروماتوغرافي بديل؛ (2) استخدام تقنية تأين بديلة (مثل التأين الكيميائي)؛ (3) رصد نواتج التفاعل الإضافية للأيونات المختارة عن طريق قياس الطيف الكتلي الترادفي (MS/MS) أو (MS<sup>n</sup>)؛ أو (4) رصد أيونات مختارة بدقة الكتلة الأعلى.

ويجب أن تستوفي عملية القياس الطيفي للكتلة معايير مراقبة الجودة التحليلية المماثلة لتلك المطبقة في أنظمة أخرى.

## الكروماتوغرافيا السائلة ذات الضغط العالي والكروماتوغرافيا السائلة ذات الضغط العالي- قياس الطيف الكتلي

يُعدّ موضوع تأكيد المخلفات المكتشفة عقب عملية الفصل بواسطة الكروماتوغرافيا السائلة ذات الضغط العالي أكثر إشكالية بشكل عام من أسلوب الكروماتوغرافيا الغازية. فإذا جرى الكشف عن طريق امتصاص الأشعة فوق البنفسجية، يمكن لإنتاج طيف كامل أن يوفر إثباتاً جيداً للهوية. غير أن طيف الأشعة فوق البنفسجية لبعض المبيدات له قدرة تشخيصية متدنية، حيث إنه يشبه ما ينتجه العديد من المركبات الأخرى التي لها مجموعات أو هياكل وظيفية مشابهة، وقد يُحدث الارتحال المتزامن للمركبات المتداخلة مشاكل إضافية. ومن شأن البيانات المتعلقة بامتصاص الأشعة فوق البنفسجية التي تنتج عند أطوال موجية متعددة أن تدعم عملية تحديد الهوية أو تدحضها، ولكنها لا تتسم بوجه عام بخصائص مميزة بحد ذاتها. ويمكن استخدام بيانات التألق (Fluorescence) لدعم النتائج التي تم الحصول عليها من خلال امتصاص الأشعة فوق البنفسجية. ويمكن أن يوفر الاستشراب السائل المزود بمقياس طيف الكتلة أدلة جيدة يمكن الاعتماد عليها، ولكن نظراً لأن الأطياف المتولدة تكون بسيطة جداً بشكل عام وتُظهر القليل من التجزئة المميزة، فمن غير المرجح أن تكون النتائج التي يولدها أسلوب الاستشراب السائل المزود بمقياس طيف الكتلة حاسمة. وتُعدّ تقنية الاستشراب السائل المزود بقياس الطيف الكتلي الترادفي تقنية أكثر قوة، حيث تجمع بين الانتقائية والخصوصية، وغالباً ما تقدم دليلاً جيداً على هوية المبيد. وعادةً ما تخضع تقنيات الاستشراب السائل المزود بقياس الطيف الكتلي للأثار المصفوفية، وبخاصة قمع الأيونات. لذلك، فإن تأكيد الكمية قد يحتاج إلى استخدام إضافة مواد قياسية أو مواد قياسية موسومة نظيرياً. كما يمكن استخدام عملية الاشتقاق (Derivatisation) لتأكيد وجود المخلفات التي يتم اكتشافها باستخدام الكروماتوغرافيا السائلة ذات الضغط العالي (الجدول 6).

## كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة

في بعض الحالات، يُعدّ التحليل الكروماتوغرافي للطبقة الرقيقة الطريقة الأكثر ملاءمة لتأكيد نتائج كروماتوغرافيا الغاز. ويستند التحديد إلى معيارين هما قيمة عامل الاستبقاء (Rf) وتظهير البقع المفصولة. وتُعتبر طرق الكشف القائمة على المقاييس البيولوجية

<sup>3</sup> Soboleva E. Ahad K. Ambrus A.، قابلية تطبيق بعض معايير القياس الطيفي للكتلة لتأكيد مخلفات المبيدات، مجلة المحلل (Analyst)، 129، ص. 1123-1129، 2004.

(مثل الأنزيمات ونمو الفطريات وتثبيت الكلوروبلاست) مناسبة بشكل خاص للتأكيد النوعي حيث إنها تلائم بشكل خاص أنواعاً معينة من المركبات، فضلاً عن كونها حساسة ولا تتأثر إلا بالقدر القليل جداً بالمستخلصات الفرعية<sup>4,5</sup>. وتحتوي الأدبيات العلمية على العديد من الإشارات إلى هذه التقنية<sup>6</sup>. غير أن الجوانب الكمية لكروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة محدودة. ويحتاج التوسع في هذه التقنية إلى إزالة الجزء المتواجد على اللوحة المتعلقة بعامل استبقاء المركب المعني، يلي ذلك شطفها عن مادة الطبقة ومواصلة التحليل التاكديدي الكيميائي والفيزيائي بواسطة التحليل الكيميائي أو الفيزيائي. ويجب دائماً وضع بقعة من مبيد الآفات القياسي على اللوحة إلى جانب مستخلص العينة ليتم تحليلها لتجنب أي مشاكل تتعلق بعدم تكرارية قيمة عامل الاستبقاء. ويمكن أن يوفر تطبيق بقعة من مبيد الآفات القياسي على المستخلص أيضاً معلومات مفيدة. وتتمثل مزايا كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة في سرعتها وتكلفتها المنخفضة وإمكانية تطبيقها على المنتجات الحساسة للحرارة. أما عيوبها فتشمل (بشكل عام) حساسية أقل وقدرة فصل أقل من تقنيات الكشف الكروماتوغرافي الآلية والحاجة إلى تطهير أكثر فعالية في حالة استخدام كواشف تعتمد على تفاعلات لونية للمواد الكيميائية.

## الاشتقاق

عند اختيار الأيونات لأغراض التأكيد بواسطة كروماتوغرافيا الغاز/ مطياف الكتلة المستندة إلى أحد المشتقات، يجب أن تكون الأيونات المختارة ذات صلة من الناحية الهيكلية بالمخلفات ولا تمثل أجزاء من عامل الاشتقاق. وفي حين أن الاشتقاق يمكن أن يكون مفيداً لتأكيد هوية المخلفات، إلا أنه يجب أن يؤخذ في الاعتبار أنه سيضيف عنصراً إضافياً إلى حالة عدم اليقين التي تلفت التأكيد الكمي.

يمكن اعتبار مجال التأكيد هذا انطلاقاً من ثلاثة عناوين رئيسية.

### (أ) التفاعلات الكيميائية

غالباً ما تُستخدم التفاعلات الكيميائية الصغيرة التي تؤدي إلى الحصول على منتجات تحلل مبيدات الآفات أو إضافتها أو تكثيفها، وتكون متنوعة بإعادة فحص للمنتجات باستخدام تقنيات الكروماتوغرافيا. وينتج عن التفاعلات منتجات ذات أوقات استبقاء و/أو تفاعلات مع الكواشف تكون مختلفة عن تلك الخاصة بالمركب الأصلي. وينبغي معالجة عينة من المبيد القياسي إلى جانب المخلفات المشكوك فيها حتى يتسنى إجراء مقارنة مباشرة للنتائج. كما يجب إدخال مستخلص مقوى لإثبات أن التفاعل قد حدث بوجود عينة من المادة المراد تحليلها. وقد يحصل تداخل عند اكتشاف المشتقات باستخدام خصائص كاشف الاشتقاق. وقد نشر W.P. Cochrane استعراضاً للتفاعلات الكيميائية المستخدمة لأغراض تأكيدية (الاشتقاق الكيميائي في تحليل مبيدات الآفات، Plenum Press، نيويورك (1981)). وتتميز التفاعلات الكيميائية بسرعتها وسهولة تحقيقها، ولكن قد يلزم شراء كواشف خاصة و/أو تنقيتها.

### (ب) التفاعلات الفيزيائية

تتمثل إحدى التقنيات المفيدة في التغيير الكيميائي الضوئي لمخلفات المبيدات توصلها إلى منتج واحد أو أكثر ذات نمط كروماتوغرافي قابل للتكرار. وينبغي تطبيق أسلوب المعالجة نفسه على عينة المبيد القياسي والمستخلص المقوى. وقد تؤدي العينات التي تحتوي على أكثر من مخلف واحد إلى مشاكل في تفسير النتائج. في مثل هذه الحالات، يمكن فصل مخلفات معينة مسبقاً باستخدام كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة أو الكروماتوغرافيا السائلة ذات الضغط العالي أو عمود التجزئة قبل التفاعل.

### (ج) طرق أخرى

إن الكثير من المبيدات هي عرضة للتحلل/ التحول نتيجة الأنزيمات. وعلى عكس التفاعلات الكيماوية العادية، تُعتبر هذه العمليات محددة للغاية وتشمل عادةً الأكسدة والتحلل المائي، أو نزع الألكلة. وتتميز منتجات التحول بخصائص كروماتوغرافية مختلفة عن المبيد الأصلي، ويمكن استخدامها لأغراض التأكيد عند مقارنتها بمنتجات التفاعل التي يتم الحصول عليها باستخدام المبيدات القياسية.

<sup>4</sup> Ambrus<sup>1\*</sup> Á., Füzesi<sup>2</sup> I.; Susán<sup>2</sup> M.; Dobi<sup>3</sup> D.; Lantos<sup>4</sup> J.; Zakar<sup>5</sup> F.; Korsós<sup>4</sup> I.; Oláh<sup>3</sup> J.; Beke<sup>3</sup> B.B., and L. Katavics<sup>5</sup> طرق فحص فعالة من حيث التكلفة لتحليل مخلفات المبيدات في الفواكه والخضروات والحبوب، مجلة العلوم والصحة البيئية (J. Environ. Sci. Health) B40، 2005، ص. 297-339.

<sup>5</sup> Ambrus Á.; Füzesi I.; Lantos J.; Korsós I.; Hatfaludi T. التكرار وتكرار قيم عامل الاستبقاء (Rf) والقيم الدنيا للكميات القابلة للكشف من خلال أنظمة الشطف والكشف المختلفة المعتمدة في كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة، مجلة العلوم والصحة البيئية (J. Environ. Sci. Health) B39، 2004، مقالة مقبولة للنشر.

<sup>6</sup> تقرير الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية بشأن المبيدات (13) (Bátora, V., Vitorovic, S.Y., Thier, H.-P. and Klisenko, M.A.) مجلة Pure Appl. Chem، المجلد 53، 1981، ص. 1039-1049.

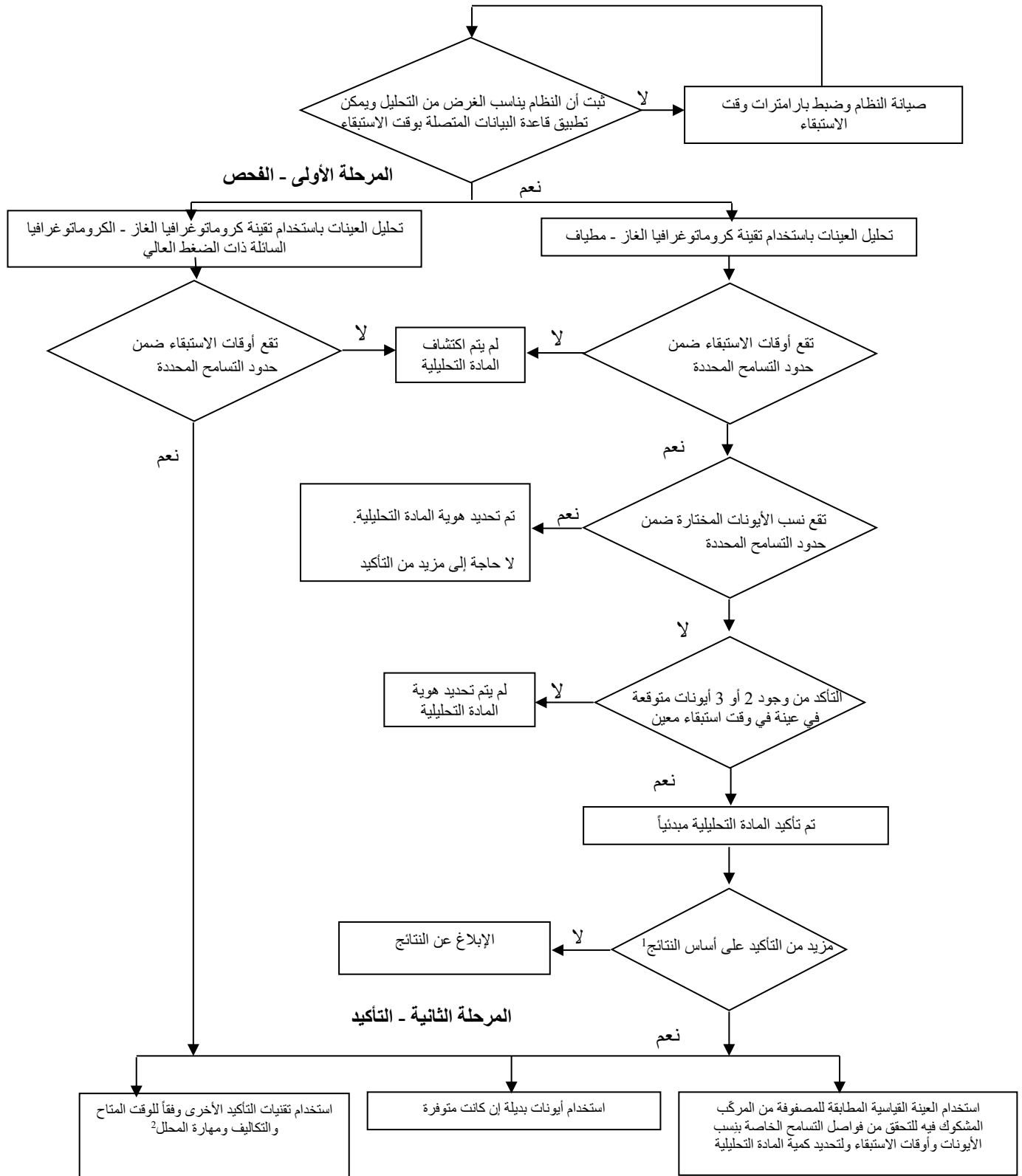
الجدول 6. طرق الكشف المناسبة لفحص المخلفات (المرحلة 1) وتأكيدها (المرحلة 2)

المرحلة 1- الفحص									
كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة - الأنزيمات ونمو الفطريات وتنشيط الكلوروبلاست	كروماتوغرافيا الغاز المزودة بعمود محشو - كاشف النقاط الإلكتروني، كاشف الفسفور النيوتروني، كاشف اللهب الضوئي	الكروماتوغرافيا السائلة - التناقل	الكروماتوغرافيا السائلة- مطيافية الأشعة المرئية وفوق البنفسجية (طول الموجة الوحيد)	الكروماتوغرافيا السائلة المزودة بكاشف صفيق الصمام الثنائي أو ماسح الأشعة فوق البنفسجية	الكروماتوغرافيا السائلة - مطياف الكتلة	كروماتوغرافيا الغاز - مطياف الكتلة	كروماتوغرافيا الغاز بالعمود الشعري - كاشف النقاط الإلكتروني، كاشف اللهب الضوئي، كاشف الفسفور النيوتروني، كاشف اللهب الضوئي النبضي		
X	X	X	X	X	X	X <sup>1</sup>	X <sup>1</sup>	كروماتوغرافيا الغاز بالعمود الشعري - كاشف النقاط الإلكتروني، كاشف الفسفور النيوتروني، كاشف اللهب الضوئي، كاشف اللهب الضوئي النبضي	المرحلة 2- التأكد
X	X	X	X	X	X	X <sup>1</sup> <sub>2</sub>	X	كروماتوغرافيا الغاز - مطياف الكتلة	
X	X	X	X	X		X	X	الكروماتوغرافيا السائلة - مطياف الكتلة	
X	X	X	X	X	X	X	X	تقنيات المسح الكامل	
X	X	X	X	X	X	X	X	قياس الطيف الكتلي الترادفي ((MS)n)، مطياف الكتلة العالية الدقة، تقنيات التأين البديلة	
X	X	X	X		X	X	X	الكروماتوغرافيا السائلة المزودة بكاشف صفيق الصمام الثنائي أو ماسح الأشعة فوق البنفسجية	
X	X	X				X	X	الكروماتوغرافيا السائلة- مطيافية الأشعة المرئية وفوق البنفسجية (طول الموجة الوحيد)	
X	X		X	X		X	X	الكروماتوغرافيا السائلة - التناقل	
X <sup>23</sup>	X	X	X	X	X	X	X	كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة - الأنزيمات ونمو الفطريات وتنشيط الكلوروبلاست	
X	X	X	X	X	X	X	X	الاشتقاق	
	X	X	X	X	X	X	X	جانبية أيزمرات محددة	

1- إما أن يتم استخدام عمود ذات قطبية مختلفة، وهو ما ينتج عنه ترتيب شطف مختلف للمخلفات والملوثات التي تنفصل على مقربة من الذروة محط الاهتمام، أو أن يتم استخدام كاشف محدد آخر.

2- يمكن استخدام تقنية كروماتوغرافيا الغاز-مطياف الكتلة ذاتها للمرحلة 2 (التأكيد) إذا تم اختبار أيونات مختلفة أو تم تحديد فواصل التسامح على أساس محاليل مطابقة للمصفوفة.

3- يتم استخدام طور متحرك أو ثابت ذات قطبية مختلفة.



الشكل 2. تمثيل تخطيطي لمرحلتَي الفحص والتأكيد (المرحلتان الأولى والثانية) لمخلفات المبيدات

- 1- القيم غير المعتادة بما في ذلك المواد المحظورة أو انتهاك الحدود القصوى للمخلفات أو دراسات إضافية مطلوبة مثل تقييم التعرض
- 2- يجب الرجوع إلى الجدول 6 بالنسبة لوسائل التأكيد الأخرى
- 3- في حالة عدد قليل من المبيدات، قد يُظهر الطيف الكتلي أيوناً واحداً محدداً فقط، مما يستوجب البحث عن تأكيد بديل.