



تحليل الحقن السرياني الأجهزة والتطبيقات

تأليف

Marek Trojanowicz

ترجمة

أ. د. نوال أحمد العرفج أ. د. فاطمة الزهراء أحمد علي

أستاذ الكيمياء التحليلية أستاذ الكيمياء التحليلية

قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة الملك سعود

د. سلمى علي التميمي

أستاذ الكيمياء التحليلية المشارك

قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة الملك سعود

دار جامعة
الملك سعود للنشر
KING SAUD UNIVERSITY PRESS



ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ المملكة العربية السعودية

ح) دار جامعة الملك سعود للنشر، ١٤٤٣هـ (٢٠٢٢م)

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

جانوويكز، مارك ترو.

تحليل الحقن السرياني: الأجهزة والتطبيقات / مارك ترو جانوويكز؛ نوال العرفج؛

فاطمة علي؛ سلمى التميمي - الرياض، ١٤٤٣هـ.

٥٦٢ ص؛ ١٧ سم × ٢٤ سم

ردمك: ٠ - ٠٢٥ - ٥١٠ - ٦٠٣ - ٩٧٨

١- الكيمياء التحليلية أ. العرفج، نوال (مترجم) ب. علي، فاطمة (مترجم)

ج. التميمي، سلمى (مترجم) د. العنوان

١٤٤٣/٤٠٤٧

ديوي ٥٤٥

رقم الإيداع: ١٤٤٣/٤٠٤٧

ردمك: ٠ - ٠٢٥ - ٥١٠ - ٦٠٣ - ٩٧٨

هذه ترجمة عربية محكمة صادرة عن مركز الترجمة بالجامعة لكتاب:

Flow Injection Analysis Instrumentation and Applications

By: Marek Trojanowicz

© World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. 2000

وقد وافق المجلس العلمي على نشرها في اجتماعه الثامن عشر للعام الدراسي

١٤٤٢هـ، المعقود بتاريخ ١٤/٩/١٤٤٢هـ، الموافق ٢٦/٤/٢٠٢١م.

جميع حقوق النشر محفوظة. لا يسمح بإعادة نشر أي جزء من الكتاب بأي شكل وبأي وسيلة سواء كانت إلكترونية أو آلية بما في ذلك التصوير والتسجيل أو الإدخال في أي نظام حفظ معلومات أو استعادتها بدون الحصول على موافقة كتابية من دار جامعة الملك سعود للنشر.

دار جامعة
الملك سعود للنشر
KING SAUD UNIVERSITY PRESS



تقديم المترجمات

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على رسولنا محمد وعلى آله وصحبه وسلم إلى يوم الدين
وبعد:

لقد اخترنا هذا الكتاب لترجمته؛ لما له من أهمية كبيرة في مجال الكيمياء التحليلية الحديثة،
ولأهمية تطبيقاته في شتى المجالات، مثل: الصناعة، والطب، والتحليل الدوائية، والجودة والتنوعية
وغيرها من المجالات الأخرى، حيث طغت منهجيات الحقن السرياني على التحليل الكيميائي في
الوقت الحاضر، وأضافت له العديد من المزايا.

ونظراً لندرة وجود الكتب العلمية المتخصصة بتحليل الحقن السرياني باللغة العربية،
وتطبيقاته في كل أنواع التحليل الكيميائي الكمي، فقد ارتأينا أهمية ترجمة هذا الكتاب المتخصص؛
نظراً لأهميته العلمية وفائدته التطبيقية، مما يفيد بإذن الله طلاب وطالبات الكيمياء عموماً، وطلاب
وطالبات الكيمياء التحليلية في البكالوريوس، والدراسات العليا خصوصاً.

نسأل الله تعالى أن يكون عملنا هذا خالصاً لوجهه تعالى، ورفعاً للغة كتابه، وأن يكون علماً
يُنتفع به لكل من يقرؤه، وإثراء للمكتبات العربية، والله الموفق.

المترجمات

مقدمة المؤلف

منذ ما يقرب من نصف قرن، أخذت الطرق السريانية للقياسات التحليلية مكاناً أساسياً في التحليل الكيميائي، ويمكن أن يُنسب منشؤها إلى بداية استخدام الطرق الكروماتوجرافية العمودية، وإلى المتابعة المستمرة للعديد من العوامل الفيزيائية-والكيميائية في المعدات الصناعية. إن سريان الوسط الذي يُتابع خلال مقدار مناسب يمكن من التسجيل المستمر للتغيرات في الكمية الفيزيائية-والكيميائية المقاسة، مما يحقق إمكانية استبعاد الأجزاء المتراكمة في عملية الفصل الكيميائي، أو خطوة أخذ العينة في عملية المتابعة، والتي في كلا الحالتين تُعد خطوة واضحة باتجاه ميكنة هذه العمليات للأغراض التحليلية، هذان التياران لتطبيقات القياسات السريانية، الكشف في الكروماتوجرافيا العمودية، وهجرة الجزيئات المعلقة في مجال كهربائي الشعري (الاستشراد) capillary electrophoresis، وأيضاً متابعة المعالجة والمتابعة البيئية، جميعها تتطور باستمرار وهي في الوقت الحاضر تُعد جزءاً من الأجهزة التحليلية ذات الأهمية الكبيرة.

تأثير إضافي على تطور التحليل السرياني في المختبرات التحليلية، عُمل عن طريق تطبيقاته العملية الجديدة غير المرتبطة بالكشف الكروماتوجرافي، والتي ظهرت في نهاية الخمسينات، مبدؤها هو: استبدال جميع معالجات (manipulation) العينة السائلة المطلوب تحليلها من ضمن الإجراء اليدوي التقليدي، إلى معالجات بجزء من السائل السرياني (العينة المحللة) في نظام سرياني مصمم بشكل مناسب ينتهي بمقدر سرياني، الميزة الرئيسة لهذا المفهوم هي: أنها أبسط طريقة للميكنة العملية لجميع العمليات، التي تحتاج أن تُؤدى على العينة في الإجراء التحليلي كله، ثم بدلاً من قياس حجم العينة، باستخدام عدة قطع زجاجية، نقل العينة بينها (وهو السبب الرئيس لحدوث تلوث)،

الانتظار لحين حدوث التفاعل والانتظار لاستجابة مستقرة للمقدر، فإنه في نظام السريان بعد تضبيب أمثل الظروف لهندسية النظام والمقدر، وأيضاً الظروف الهيدروديناميكية، فإن العمليات الوحيدة التي يمكن عملها لكل عينة مستقلة، هو تسليم العينة إلى جهاز التحليل السرياني، وقراءة أو تسجيل الإشارات العابرة (transient) أو الثابتة، لذا فإن المزايا الأساسية للقياسات التحليلية السريانية مقارنة مع الإجراءات اليدوية، هي أنها ذات تكرارية (دقة) أفضل للتقديرات، إنتاجية أكبر والحد من مصادر التلوث، إن نتيجة التقدير باستخدام نظام السريان ليس فقط وظيفة للكيمياء التطبيقية، ولكن أيضاً يعتمد على ديناميكيات العملية التي تحدث، وعلى ظروفها الملاحظة في مجال الزمن، هذه العوامل (معاً) مع العمليات الإلكترونية المتضمنة للتركيز المسبق، أو فصل المادة المراد تحليلها من مكونات العينة، تؤثر في انتقائية التقديرات السريانية. إن الظروف السريانية للقياسات مقارنة بالقياسات الثابتة، قد تزيد أيضاً الإشارة التحليلية بسبب الحمل (convection)، أو يوفر تمييزاً حركياً إضافياً للمتداخلات، ومن خلال الترتيب المناسب لنظام السريان، فإن تقدير عديد المكونات يمكن أيضاً إدراكه (دون استخدام استبقاء كروماتوجرافي)، يمكن أيضاً اكتساب ذلك في بعض الأحيان عن طريق الاختلافات في حركية التفاعلات المستخدمة لتقدير معين.

إن أول نجاحات القياسات السريانية العملية، رُبطت مع تقنية تجزئة التيار السرياني بنطاقات من الهواء، والتي تسمح بالحد من تشتت نطاق العينة (تقلل التخفيف خلال السريان)، مثل هذا القياس ومع الجهاز المناسب يُتقبَل سريعاً عن طريق التحميل الزائد (overloaded) لمعامل الكيمياء الإكلينيكية؛ من أجل أغراض التشخيص الروتينية، وفيما بعد أيضاً عن طريق تلك البيئية، الزراعية، وحتى الصناعية.

الحدث المهم التالي في تطور القياسات السريانية في منتصف السبعينات، عندما تبين أن قياس نظام السريان يمكن تبسيطه، وأيضاً جعله جهاز أكثر كفاءة للتقديرات الكيميائية التحليلية. الفضل الرئيس لهذا الابتكار يجب أن يُعطى لكل من: روزيكا، وهانسن (Ruzicka and Hansen) من الجامعة التقنية في الدنمارك، على الرغم من أنه في نفس الوقت، أو في نفس الحالات وحتى قبل ذلك، في العديد من المجموعات البحثية في جميع أنحاء العالم أُجريت دراسات مماثلة، حيث وُضِّحوا بشكل

مقنع التخلص من تجزئة التيار، وأن إجراء القياسات مع انتظار وصول الإشارة التحليلية إلى الحالة المستقرة ليس فقط أنه قد يجعل قياس السريان أسوأ، ولكن يمكن أن يبسطه ويجعله أكثر كفاءة.

إن المنهجية المقترحة، والاسم المستحدث: *تحليل الحقن السرياني* تُقبلت بسرعة كبيرة من قبل المجتمع التحليلي، وفي السنوات القليلة الأولى من تطوره نما الاهتمام بهذه التقنية بشكل كبير (exponentially)، كما هو واضح من عدد المنشورات في المجالات العلمية، في بداية التسعينات استُحدثت تعديلات عليه سُميت: *تحليل الحقن المتتابع وتحليل الحقنات المنفصلة*، والتي تناقش في فصل منفصل. إن عدد الأبحاث المنشورة على تقنيات الحقن السرياني في التسعينيات هو ما يقارب عشرة آلاف؛ العديد من الشركات توفر الأجهزة والإكسسوارات، والعديد من طرق الحقن السرياني المتقدمة تبدو كإجراءات مرجعية في الأنظمة المختلفة.

إنه بالتأكيد - من الفخر جداً - الإقرار أن منهجيات الحقن السرياني أصبحت تطغى على التحليل الكيميائي في الوقت الحاضر؛ لأن طرق الكروماتوجرافي دون شك في معظم الأحيان تستخدم في معظم مختبرات التحليل الروتيني، وتستخدم أجهزة التحليل المنفصل في معظم الأحيان في الكيمياء الإكلينيكية لأغراض التشخيص، أو قياس الطيف الذري يطغى على التحليل غير العضوي، وعلاوة على ذلك وحتى في تقنيات الكروماتوجرافي، أو طرق الطيف الذري، فإن إضافة المعالجة المسبقة لعينة الحقن السرياني، قد تُحسّن بشكل ملحوظ من قيمة الإجراءات العديدة. إن أكبر دور لطرق الحقن السرياني في التحليل المعاصر يبدو أنه ميكنة (mechanization) طرق مختلفة مع طرق كشف شائعة ما تزال تجري يدوياً في العديد من المختبرات التحليلية.

فيما يتعلق بالنشرات العلمية الأصلية الموجودة بشكل واسع، فإن هذا الكتاب لا يدعي أن يكون مراجعة كاملة لكل ما وصلت إليه الدراسات في هذا المجال، وقد كُتب؛ نتيجة لاتباع أكثر أو أقل المنشورات الحالية المتحقق منها، ونتيجة لتجارب المؤلف نفسه في تصميم الأجهزة وتطوير الإجراءات التحليلية تقريباً منذ استحداث هذه المنهجية، وقد أُعدت لذلك؛ للتوجيه من خلال تطور هذه المنهجية، وتوضيح تأثيرها على التحليل الكيميائي في الخمسة والعشرين عاماً منذ استحداثها.

هذا الكتاب هو ليس فقط نتيجة لخبراتي الخاصة، ولكن أيضاً نتيجة للاتصالات الإبداعية والتعاون مع العديد من الشركاء والأصدقاء في مجتمع التحليلية، بتعاوني مع: جاردا روزيكا (Jarda Ruzicka)، وإيلو هـ. هانسن (Elo H. Hansen) في مختبرهم في لينغبي (Lyngby) في عام 1981 م، أثر بشكل كبير على اهتمامي بالتحليل السرياني، سنوات طويلة من الأبحاث المشتركة مع: مارك إي. ميرهوف (Mark E. Meyerhoff) في جامعة ميتشيغان (Michigan)، وبيتر و. ألكسندر (Peter W. Alexander) في جامعة نيو ساوث ويلز (New South Wales) في سيدني (Sydney)، ومن ثم أخيراً في جامعة تسمانيا (Tasmania)، كانت مثمرة للغاية، مثيرة للاهتمام وقيمة بالنسبة لي، وأود أيضاً أن أوجه شكراً خاصاً لجميع طلابي، وزملاء العمل في قسم الكيمياء، جامعة وارسو (Warsaw)؛ لمساهماتهم في المعرفة والخبرة لدي.

وأود أيضاً أن أشكر: بريان أو. ريدي (Brian O. Reedy)؛ لعمله اللغوي المتأني على بعض

الفصول.

المؤلف

يناير 1999م

المحتويات

هـ.....	تقديم المترجمات
ز.....	تقديم المؤلف

الفصل الأول: الكشف الطيفي الجزيئي

١	(١, ١) قياس الامتصاص الطيفي المرئي
٢	(١, ١, ١) المقدرات
٧	(١, ١, ٢) طرق القياس
٢٣	(١, ١, ٣) الطرق الحركية للكشف
٢٥	(١, ١, ٤) تقدير المواد الغازية المراد تحليلها
٢٨	(١, ١, ٥) تقديرات عديد المكونات
٣٥	(١, ١, ٦) التحليل الحقني السرياني، أو الكروماتوجرافيا السائلة؟
٣٦	(١, ٢) الكشف في المنطقة فوق البنفسجية
٤٠	(١, ٣) كشف الأشعة تحت الحمراء
٤٣	(١, ٤) كشف التعكير
٤٧	(١, ٥) طرق كشف الضياء (الوميض) الجزيئي
٤٧	(١, ٥, ١) الكشف التآلقي
٥٣	(١, ٥, ٢) كشف الضياء (الوميض) الكيميائي

- ٥٩..... طرق كشف الطيف الجزيئي الأخرى..... (١, ٦)
- ٦٢..... المراجع (١, ٧)

الفصل الثاني: طرق كشف الطيف الذري

- ٧٣..... طيف الامتصاص الذري (٢, ١)
- ٧٥..... أنظمة الحقن السرياني مع التذرية باللهب (٢, ١, ١)
- ٩٣..... التذرية الكهروحرارية (٢, ١, ٢)
- ٩٦..... قياسات تشمل تحويل المادة المطلوب تحليلها إلى الطور الغازي (٢, ١, ٣)
- ١٠٢..... طيف الانبعاث الذري..... (٢, ٢)
- ١٠٣..... التحليل الطيفي اللهبى (٢, ٢, ١)
- ١٠٥..... الانبعاث الطيفي المعتمد على مصادر البلازما (٢, ٢, ٢)
- ١١٠..... طيف التآلق الذري (٢, ٣)
- ١١١..... المراجع (٢, ٤)

الفصل الثالث: طرق الكشف الكهروكيميائية

- ١١٧..... كشف التحليل الجهدي (٣, ١)
- ١١٧..... خواص مقدرات التحليل الجهدي في تحليل الحقن السرياني (٣, ١, ١)
- ١٢٣..... تصنيع المقدرات (٣, ١, ٢)
- ١٢٨..... تقنيات القياس (٣, ١, ٣)
- ١٣٨..... الكشف الأمبيروميتري (٣, ٢)
- ١٣٩..... مبدأ الكشف (٣, ٢, ١)
- ١٤١..... السريان خلال الخلايا، ومواد القطب (٣, ٢, ٢)
- ١٤٦..... إجراءات القياس (٣, ٢, ٣)
- ١٥٦..... طرق المسح والنزع (٣, ٣)
- ١٥٦..... الكشف الفولتاميتري (٣, ٣, ١)

١٥٨	..... النزغ الفولتاميتري (٣, ٣, ٢)
١٦٣	..... النزغ الجهدي (٣, ٣, ٣)
١٦٥	..... الكشف بقياس التوصيل الكهربائي (٣, ٤)
١٦٦	..... كولوميتري الحقن السرياني (٣, ٥)
١٦٧	..... المراجع (٣, ٦)

الفصل الرابع: طرق الكشف الإنزيمية، والتجارب المناعية

١٧٦	..... تجارب الإنزيمات (٤, ١)
١٧٧	..... أنظمة الإنزيمات الذاتية (٤, ١, ١)
١٧٩	..... أنظمة مفاعلات الإنزيم المثبت (٤, ١, ٢)
١٩٥	..... الحساسات الحيوية كمقدرات في تحليل الحقن السرياني (٤, ١, ٣)
١٩٩	..... تجارب إنزيمية لمتعدد المكونات (٤, ١, ٤)
٢٠٢	..... تقدير النشاط الإنزيمي (٤, ١, ٥)
٢٠٣	..... التقديرات المعتمدة على تثبيط النشاط الإنزيمي (٤, ١, ٦)
٢٠٧	..... الحقن السرياني مع التجارب المناعية (٤, ٢)
٢٠٧	..... الترسيب المناعي (٤, ٢, ١)
٢٠٩	..... تجارب المناعة التآلفية (٤, ٢, ٢)
٢١١	..... تجارب المناعة الإنزيمية (٤, ٢, ٣)
٢١٥	..... المراجع (٤, ٣)

الفصل الخامس: طرق الكشف الأخرى المستخدمة في التحليل الحقني السرياني

٢٢١	..... الكشف الطيفي الضوء-صوتي (٥, ١)
٢٢٢	..... الحقن السرياني لبلازما الحث المزدوج-طيف الكتلة (٥, ٢)
٢٢٥	..... التحليل الحقني السرياني في الحالة الغازية (٥, ٣)
٢٢٨	..... المراجع (٥, ٤)

الفصل السادس: معالجة العينات إلكترونياً في أنظمة تحليل الحقن السرياني

٢٢٩	(٦, ١) الإجراءات الإشعاعية
٢٣٢	(٦, ٢) الدليزة
٢٣٧	(٦, ٣) انتشار الغاز
٢٤٥	(٦, ٤) الاستخلاص بالمذيب
٢٦٠	(٦, ٥) الاستخلاص بالطور الصلب
٢٧٥	(٦, ٦) السريان خلال المفاعلات
٢٨١	(٦, ٧) الترسيب
٢٨٧	(٦, ٨) العمليات الأقل شيوعاً
٢٩٠	(٦, ٩) المراجع

الفصل السابع: تخصصية التحليل باستخدام طريقة الحقن السرياني

٣٠٢	(٧, ١) تخصصية تحليل الحالة التأكسدية للعناصر
٣١٩	(٧, ٢) تقدير درجة التعقيد
٣٢٢	(٧, ٣) تخصصية تحليل المركبات العضو معدنية
٣٢٧	(٧, ٤) المراجع

الفصل الثامن: تطبيقات على طرق الحقن السرياني في التحليل الروتيني

٣٢٩	(٨, ١) تطبيقات بيئية
٣٣٠	(٨, ١, ١) المياه الداخلية، ومياه الصنبور
٣٣٠	(٨, ١, ١, ١) عوامل جودة الماء غير المحددة
٣٣٣	(٨, ١, ١, ٢) مكونات الماكرو غير العضوية
٣٣٧	(٨, ١, ١, ٣) المكونات الميكرو غير العضوية
٣٥٣	(٨, ١, ١, ٤) المركبات العضوية
٣٥٦	(٨, ١, ٢) مياه البحر

المحتويات

س

٣٦٢	..... النفايات (٨, ١, ٣)
٣٧٢	..... الرواسب (٨, ١, ٤)
٣٧٥	..... الهواء والرذاذ (الهباء) الجوي (٨, ١, ٥)
٣٧٧	..... تحليل الطعام (٨, ٢)
٣٧٧	..... عصائر الفاكهة والمشروبات الغازية (٨, ٢, ١)
٣٨٤	..... الحليب، ومنتجات الألبان (٨, ٢, ٢)
٣٨٧	..... النيبيذ (٨, ٢, ٣)
٣٩٢	..... المنتجات الغذائية الأخرى (٨, ٢, ٤)
٣٩٥	..... المواد البيولوجية (٨, ٣)
٣٩٦	..... النباتات (٨, ٣, ١)
٤٠٢	..... الأنسجة الحيوانية (٨, ٣, ٢)
٤٠٤	..... المواد المعدنية (٨, ٤)
٤٠٤	..... التربة (٨, ٤, ١)
٤٠٨	..... الخامات، والمعادن، ومواد السيراميك (٨, ٤, ٢)
٤١٣	..... الأسمدة (٨, ٤, ٣)
٤١٤	..... السبائك (٨, ٤, ٤)
٤١٦	..... التحليل الإكلينيكي (السريري) (٨, ٥)
٤١٧	..... المصل، والبلازما (٨, ٥, ١)
٤٣٢	..... الدم الكامل (٨, ٥, ٢)
٤٣٥	..... البول (٨, ٥, ٣)
٤٤٠	..... عيّنات أخرى (٨, ٥, ٤)
٤٤٢	..... التطبيقات الصيدلانية (٨, ٦)
٤٥٢	..... التقنية الحيوية (٨, ٧)
٤٥٥	..... تحليل العملية (٨, ٨)

- ٤٥٧ (٨, ٨, ١) تطبيقات صناعية
- ٤٥٩ (٨, ٨, ٢) مراقبة المخلفات، ومعالجة المخلفات
- ٤٦١ (٨, ٨, ٣) المراقبة الإلكترونية في مجال التكنولوجيا الحيوية
- ٤٧٠ (٨, ٩) المراجع

الفصل التاسع: تقنيات الحقن المتتابع والمنفصل

- ٤٨٤ (٩, ١) مبدأ القياس، والجهاز الأساسي في تحليل الحقن المتتابع
- ٤٨٨ (٩, ٢) تقنيات القياس، والمعالجة الإلكترونية المسبقة للعيّنة في تحليل الحقن المتتابع
- ٤٩٦ (٩, ٣) طرق الكشف في أنظمة تحليل الحقن المتتابع
- ٥٠٠ (٩, ٤) تحليل الحقن المنفصل
- ٥٠٩ (٩, ٥) المراجع

الفصل العاشر: الأجهزة المتوفرة تجارياً لقياسات التحليل الحقن السرياني

- ٥١٣ (١٠, ١) تحليل الحقن السرياني
- ٥١٣ (١٠, ١, ١) شركة أليتا الأمريكية
- ٥١٤ (١٠, ١, ٢) شركة أليكم الأمريكية
- ٥١٥ (١٠, ١, ٣) شركة بيركارد الإنجليزية
- ٥١٦ (١٠, ١, ٤) شركة إيندورف الألمانية
- ٥١٧ (١٠, ١, ٥) شركة هيتاشي اليابانية
- ٥٢٠ (١٠, ١, ٦) شركة إيسماتك السويسرية
- ٥٢١ (١٠, ١, ٧) شركة لاشات الأمريكية
- ٥٢٢ (١٠, ١, ٨) شركة بيركن-إلمر الأمريكية
- ٥٢٣ (١٠, ١, ٩) شركة سانوكي اليابانية
- ٥٢٣ (١٠, ١, ١٠) شركة تيكيتور السويدية
- ٥٢٤ (١٠, ١, ١١) شركة زهاوفا الصينية

المحتويات

ف

- ٥٢٤ (١٠, ٢) التحليل السرياني (الحقن) المتسلسل
- ٥٢٥ (١٠, ٣) المراجع

الفصل الحادي عشر: اتجاهات شائعة في تطورات التحليل السرياني

- ٥٢٨ (١١, ١) التصغير
- ٥٣٠ (١١, ٢) الكشف عن عديد المكونات
- ٥٣١ (١١, ٣) التوصيل بأنظمة فصل عالية الكفاءة
- ٥٣٢ (١١, ٤) المراجع
- ٥٣٣ ثبت المصطلحات: أولاً: عربي-إنجليزي
- ٥٤٦ ثانياً: إنجليزي-عربي
- ٥٥٩ كشف الموضوعات