جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية
المجلة العربية لعلوم الأدلة الجنائية والطب الشرعي
www.nauss.edu.sa
http://ajfsfm.nauss.edu.sa

مراجعة علمية

طرق التعرف على مسرعات الاشتعال وجمعها وتحليلها في الحرائق المتعمدة في المملكة العربية السعودية

الوصول الحر

عبدالرحمن بن محمد الضّباح*

كلية الملك فهد الأمنية ، قسم علوم الأدلة الجنائية، الرياض، المملكة العربية السعودية

المستخلص

إن تحليل مخلفات الحرائق والكشف عن نوع المسرعات المستخدمة فيها عند الاشتباه في وجود حريق متعمد يعد من أهم الفحوصات، فوجود أي آثار محتملة لهذه المسرعات في العينات المرفوعة من مسرح الحادث يعتبر من النقاط الحاسمة في إثبات هل الحريق متعمد وبقصد جنائي أم لا.

وقسمت هذه الدراسة إلى أربعة أجزاء؛ في الجزء الأول تم الحديث عن أهم مسرعات الاشتعال المستخدمة في الحرائق المتعمدة في المملكة العربية السعودية ومدى وجودها في مسارح الحريق، وخصص الجزء الثاني من الدراسة لتحديد الطرق المستخدمة في المملكة لجمع وتحريز الآثار المادية الموجودة في مسارح الحريق المشتبه باستخدام مواد مسرعة للاشتعال في المملكة، أما في الجزء الثالث فتمّ استعراض أبرز التقنيات المستخدمة في استخلاص وكشف بقايا مسرعات الاشتعال المستخدمة في الحرائق المتعمدة في المملكة، بينما في الجزء الرابع تمت مناقشة أبرز المشكلات والصعوبات التي تواجه خبراء ومنسوبي الأدلة الجنائية في المملكة عند رفع وتحريز وتحليل هذه الآثار والتوصيات التي اقترحت لحلها. وكان من أهم النتائج التي توصلت إليها هذه الدراسة أن أكثر مسرعات الاشتعال استخداماً لبدء الحرائق المتعمدة في المملكة كان البنزين خصوصاً بنزين 91، يليه الكيروسين ثمّ الديزل وأخيراً التنر (thiner). واتفق المختصون على صعوبة هذا النوع من المسارح خصوصاً بعد إطفائه واستلامه من الدفاع المدني، كما أشاروا أيضاً على أن أفضل التقنيات المستخدمة لاستخلاص وكشف بقايا مسرعات الاشتعال في حالة العينات الصلبة هو جهاز كروماتوجرافيا الغاز المقترن بحاقن الفراغ الرأسي (GC-Headspace)، أما في حالة العينات السائلة فبالإمكان استخدام جهاز كروماتوجرافيا الغاز المقترن بمطياف الكتلة (GC-MS) أو استخدام مطيافية تحويل فوريير للأشعة تحت الحمراء (FT-IR).

الكلمات المفتاحية: الكيمياء الجنائية، الحرائق المتعمدة، مخلفات المواد المسرعة للاشتعال، جهاز كروماتوجرافيا الغاز المقترن بحاقن الفراغ الرأسي، جهاز كروماتوجرافيا الغاز المقترن بمطياف الكتلة.

Methods of Identifying, Collecting and Analysing Accelerants in Arson Fires in the Kingdom of Saudi Arabia

Abdulrhman M. Dhabbah
Department of Forensic Science, King Fahad Security College, Riyadh, Saudi Arabia

Abstract

If there is a suspicion of arson, analysis of fire debris and identification of potential accelerants is considered to be one of the most essential examinations of the investigation. The existence of any traces of

* Corresponding author: Abdulrhman M. Dhabbah
Email: A_dhabbah@hotmail.com

1658-6794© 2015 AJFSFM. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial License.

doi: 10.12816/0017709

١. مقدمة

تعتبر الحرائق المتعمدة Arson من أكبر المشكلات التي تواجه الدول في جميع أنحاء العالم نتيجة لما تسببه من خسائر في الأنفس والممتلكات. ويمكن تعريف الحريق العمد أنه "إشعال النار بقصد إيقاع الأذى والضرر بالأرواح أو الأموال أو بهما معاً" [1]. ومن التعريف السابق يتضح أن الدوافع الرئيسية لإشعال الحرائق تكمن في أحد الأسباب التالية: إما لأجل التخريب أو لإثارة الفوضى، أو للانتقام، أو لإخفاء معالم جريمة، أو لأجل الحصول على التأمين، أو بسبب التطرف، أو بسبب الإهمال أو العبث [3,2].

نتيجة لما سبق يهتم خبراء الحرائق بفحص ودراسة مسارح الحريق وجمع الأدلة المادية منها، ثم تحليلها للمساعدة في تحديد ما إذا كان سبب الحريق عرضيّاً أو متعمّداً. ومن أهم الأدلة التي يمكن وجودها في الحرائق المتعمدة ما يعرف ببقايا مسرعات الاشتعال السائلة (ignitable liquid residues)، والتي قد يشير وجودها إلى احتمال وجود نشاط إجرامي [5,4,2]، فكما هو معروف تعتبر السوائل سريعة الاشتعال من أسهل الطرق المستخدمة لإحداث الحريق نظراً لسهولة الحصول عليها وسهولة نقلها وسرعة انتشار الحريق بسببها، كما تتصف هذه المسرعات بصفة متعبة لخبراء جمع الآثار من مسرح الحادث، ألا وهي سرعة تطايرها من مسرح الحادث إما بسبب الحرارة العالية الناتجة من عملية الاحتراق أو بسبب المواد المستخدمة للإطفاء وهذا يقلل من احتمال الكشف عنها مع مرور الوقت [8,7,6].

وفي هذه الدراسة تم التركيز على الطرق المتبعة للتعرف على مسرعات الاشتعال البترولية في حوادث الحريق الجنائية، وآلية جمعها وتحريزها وتحليلها لدى الإدارة العامة للأدلة الجنائية في المملكة العربية السعودية. فقد أظهرت إحصائيات حوادث الحريق الجنائية في المملكة العربية السعودية أن هناك تزايداً مطرداً في عددها. فخلال الفترة من عام 1431هـ حتى عام 1435هـ تمّ تسجيل 5982 حادث حريق جنائي، نجم عنها 429 إصابة و102 حالة وفاة، وبتكلفة مالية قدرها 31089519.00 ريال سعودي، كما هو موضح في الجدول 1 والشكل 1، الذي يحتوي على عدد حوادث الحرائق الجنائية في المملكة وتكلفتها المادية والبشرية خلال السنوات الخمس الماضية والمأخوذة من التقارير الإحصائية السنوية للمديرية العامة للدفاع المدني [9].

٢. الدراسات السابقة

في هذا القسم تم إجراء مسح أدبي عن الدراسات السابقة المتعلقة بمسرعات الاشتعال من حيث تعريفها وأنواعها وخواصها وطرق تحريزها وتحليلها، وفي نهاية هذا المسح تم استعراض الأبحاث والدراسات التطبيقية المتعلقة بتحليل مسرعات الاشتعال والتي أجريت في المملكة العربية السعودية.

potential accelerants in a sample taken from the fire scene is crucial in determining whether the fire was started deliberately or not.

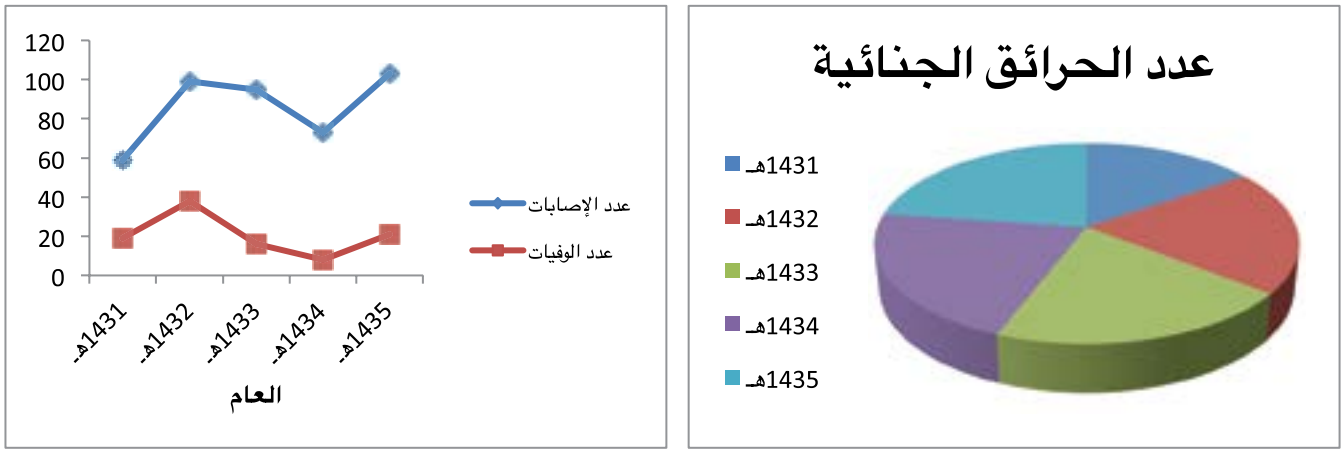
This study is divided into four parts: the first part describes the most important ignition accelerators which are used in arson fires in Saudi Arabia. The second part is devoted to determining the methods that are used to collect and store trace evidences from fire scenes in Saudi Arabia, if there is a suspicion that accelerants have been used to ignite the fire. The most important techniques used in the extraction and analysis of ignitable liquid residue (ILR) in arson cases are presented in the third section. Finally, the fourth part discusses the problems and difficulties which both experts and employees in The General Department of Forensic Evidence in Saudi Arabia face when collecting and sampling traces as well as some recommendations to address these issues.

The results obtained from this study indicate that the most common accelerant used to start fires is gasoline, specifically 'Octane 91', followed by kerosene, thereafter diesel and finally paint thinner. Experts are also agreed on the difficulty of obtaining evidence from this type of crime scene, especially after the fire has been extinguished and the scene is released for investigation by the Civil Defense. They also agree that the best technique for extracting and analyzing ignitable liquid residue (ILR) in the solid phase should be Gas Chromatography coupled with Headspace (GC-Headspace). In liquid samples, either Gas Chromatography coupled with Mass Spectroscopy (GC-MS) or Fourier transform infrared (FT- IR) can be used.

Key words: Forensic Chemistry, Arson, Accelerants Residues, GC-Headspace, GC-MS.

جدول 1- مقارنة بين عدد حوادث الحريق الجنائية خلال السنوات الخمس الماضية في المملكة العربية السعودية

العام	عدد حوادث الحريق الجنائية	التكلفة المادية	عدد الإصابات	عدد الوفيات
1431 هـ	920	4983250.00	59	19
1432 هـ	1210	3644956.00	99	38
1433 هـ	1213	6491700.00	95	16
1434 هـ	1271	7203773.00	73	8
1435 هـ	1368	8765840.00	103	21
المجموع	**5982**	**31089519.00**	**429**	**102**



شكل 1- عدد كل من الحرائق الجنائية والإصابات والوفيات الناتجة بسببها في المملكة خلال الفترة من عام 1431هـ إلى 1435هـ

١,٢ مسرعات الاشتعال المستخدمة في الحرائق المتعمدة

تعرف المواد القابلة للاشتعال Ignitable liquid (IL) بأنها "أي مادة يمكن وضعها بشكل متعمد في أماكن محددة لإحداث حريق واستمراره" [10]، ويمكن أن تتواجد هذه المواد على أحد الحالات الثلاث [13،12،11]:

- مواد صلبة كالخشب أو الورق أو السجاد.
- مواد سائلة مثل البنزين (الجازولين) والكيروسين والديزل والتنر.
- مواد غازية مثل الغاز الطبيعي والبروبان والإستيلين.

تعتبر مسرعات الاشتعال (Accelerant) الناتجة من منتجات المواد النفطية السائلة مثل البنزين (الجازولين) والكيروسين والديزل واقعيّاً من أكثر المواد المستخدمة لبدء الحرائق المتعمدة وزيادة معدل انتشارها ونموها [4,3]، وتتميز هذه المواد باحتوائها على مخاليط كثيرة من مركبات عضوية تصل إلى 300 مكون، كما تتميز هذه المكونات بخواص فيزيائية وكيميائية مختلفة [14,13] ما يساعد على تصنيفها إلى أنواع مختلفة اعتماداً على معدل تطايرها ودرجة غليانها من جهة، أو على طول السلسلة الهيدروكربونية من جهة أخرى،، وذلك بناءً على تصنيف ASTM E1618-06 الذي تمّ إدراجه عن طريق الجمعية الأمريكية للاختبارات والمواد (American Society for Testing and Materials ASTM) [15]، وفيما يلي شرح لكل من الخواص الفيزيائية والكيميائية لأهم مسرعات الاشتعال المستخدمة في الحرائق المتعمدة وهي البنزين (الجازولين) والكيروسين والديزل والتنر:

١,١,٢ البنزين (الجازولين)

يعد البنزين من أهم المنتجات البترولية ، ويتميز بأنه من المشتقات النفطية الخفيفة light fractions والتي تتراوح عدد ذرات الكربون فيه من (C_4-C_{12})، وهو عبارة عن خليط من مركبات هيدروكربونية [16]، حيث يستخدم كوقود في محركات المركبات ذات الاحتراق الداخلي مثل السيارات، ويعتبر مركب الاوكتان Octane من أشهر

مكوناته ، حيث يمثل نسبة وجودة في خليط البنزين مقياس على جودة البنزين [13]، كما يمكن أن تتواجد هذه المركبات إما على شكل مركبات هيدروكربونية ذات سلاسل مفتوحة أو سلاسل حلقية وبشكل عام فإن اغلب مركبات البنزين تتكون من سلاسل حلقية [15، 5]. من أهم خواص البنزين سرعة تطايره وتبخره مقارنة بالكيروسين أو الديزل، وهذا من الأسباب الرئيسية التي تجعله مفضلاً عند إشعال الحريق [17]. فيما يتعلق بالمملكة العربية السعودية فيوجد فيها نوعان من وقود البنزين هما الاوكتان Octane 91 و Octane 95.

٢,١,٢ الكيروسين

ويسمى ايضا بالبارافين (paraffin)، وهو عبارة عن مشتق هيدروكربوني سائل يغلب على مكوناته السلاسل المفتوحة ويتراوح عدد ذرات الكربون فيه من (C_9-C_{18})، وهو سريع الاشتعال ولكن بدرجة أقل من البنزين، ويستخدم هذا المركب في مجالات عدة كالطبخ والإضاءة والتدفئة، بالإضافة إلى استخدامه كوقود للطائرات النفاثة، ويتم تحضير الكيروسين عن طريق التقطير التجزيئي للنفط عند درجة حرارة قدرها 180 درجة مئوية [15].

٣,١,٢ الديزل

هو خليط من مواد هيدركربونية تتراوح عدد ذرات الكربون فيه من (C_{10}-C_{22})، ويتألف الديزل من مركبات عضوية وتمثل السلاسل المفتوحة فيه ما نسبته 75% أما الـ 25% المتبقية فتتكون من سلاسل حلقية، ويستخدم كوقود للمركبات الكبيرة والبواخر والآلات الزراعية، ويتم الحصول عليه عن طريق التقطير التجزيئي للنفط عند درجة حرارة تتراوح بين 201 إلى 830 درجة مئوية [18,13,7]. ويعد الديزل أقل الأنواع الثلاثة في سرعة التبخر أو التطاير بسبب وزنه الجزيئي الكبير، ونتيجة لذلك يصنف بأنه من أقل مسرعات الاشتعال سرعةً في انتشار الحريق [5].

٤,١,٢ التنر (Thinner)

من (C_8-C_{13})، تتم إضافته إلى الدهانات مما يسهل من عملية تحضيرها عن طريق تقليله للزوجتها وبالتالي يسرّع من عملية التجفيف، ويتميز التنر بدرجات غليان منخفضة، كما أن درجة وميضه تبلغ 36 درجة مئوية [27]، ويحتوي جدول 2 على بعض الأمثلة للسوائل المسرعة للاشتعال وخواصها الطبيعية [3].

٢,٢ الطرق المستخدمة لجمع وتحريز الآثار المادية المشتبه بوجود مسرعات للاشتعال فيها

يعد مسرح حادث الحريق بشكل عام ومسرح حادث الحريق العمد بشكل خاص من أصعب مسارح الحوادث، نظراً لسهولة تدمير الآثار والأدلة المادية الموجودة فيه. ومع ذلك فإن الفحص المنهج (systematic investigation) قد يقدم أدلة كافية لتحديد أسباب الحريق. لذلك من الضروري التعامل مع أي حريق بأقصى درجات الحرص آخذين في الاعتبار جميع الاحتمالات إلى أن يتم إثبات طبيعته هل هو عرضي (accidental) أو متعمد (deliberate) [19,3].

ولذا يعد تحديد أصل وسبب الحريق أحد الأدوار الرئيسية لفحوصات الحرائق، حيث يمكن أن يستفيد خبراء الحرائق من الآثار التي يجدونها في مسرح الحادث للتعرف على النقطة أو النقاط التي بدأ منها الحريق، وكذلك على نوع الوقود الذي استخدم في الإشعال [21,20]، ولكن قد يواجه هؤلاء المختصين بعض الصعوبات في مسرح الحادث نتيجة للأضرار التي قد تلحقها النار بالممتلكات ومكان الحريق، وهذا يعتمد على مدى سرعة إخماد الحريق فكلما تمّ إخماده بسرعة فإن إمكانية العثور على أدلة مادية قد تكون مسألة سهلة نسبياً، أما إذا لم يتم إخماده في وقت مبكر فسوف تتحول أجزاء كبيرة من المواد الموجودة في مكان الحريق إلى رماد وبقايا مما يجعل من الصعوبة بمكان الحصول على أي آثار مادية ذات قيمة كبيرة أثناء عملية فحص مكان الحريق [13]، ومع ذلك فينبغي أن تتم عملية الفحص بدقة وتأنٍّ، لأن ذلك سيؤدي في الغالب إلى نتائج هامة تساعد على فهم طريقة تنفيذ ووقوع الحريق وسيسمح بتخيّل تسلسل الأحداث التي أدت إلى حدوثه [8,3].

جدول 2- الخواص الطبيعية لعدد من السوائل القابلة للاشتعال.

الوقود	نقطة الوميض (°C)	مدى الغليان (°C)	درجة الاشتعال (°C)	الحد الأدنى * %LFL	الحد الأعلى ** %UFL
الجازولين (أوكتين 100)	38	184-34	456	1.4	7.6
نيفثا Naphtha	29	162	210-134	1.1	6.0
تنر thinner	36	134	220	0.8	5.0
كيروسين Kerosene	38	270-136	210	0.7	5.0

* *Lower Flammable Limit (LFL)*

** *Upper Flammable Limit (UFL)*

وكما هو معروف فإن السوائل القابلة للاشتعال (Ignitable Liquid Residue ILR) هي أكثر المواد المستخدمة في الحرائق المتعمدة، حيث يقوم مرتكبو الحرائق بسكب هذه السوائل وبكميات كبيرة لكي يتأكدوا من نجاح خططهم في حدوث الاشتعال ويضمنوا سرعة انتشار الحريق. من جانب آخر؛ تتميز هذه السوائل ببحثها عن المواقع المنخفضة عند انسكابها، فكلما كثرت الكمية المسكوبة منها في مكان الحريق ازدادت احتمالية تسربها من خلال الفتحات والثقوب المنخفضة والموجودة في مكان الحريق ما يؤدي لبقائها دون اشتعال وبالتالي عدم تعرضها للّهب أو الحرارة، وهذا يساعد عند إطفاء الحريق في وقت قصير على إمكانية الحصول على بقايا منها، كما يساعد أيضاً في إمكانية الربط بين مسرح الحريق والجاني [21]. ونتيجة لما سبق؛ يبحث المختصون في مسارح حوادث الحريق عند جمعهم للآثار المادية عن المواقع المنخفضة والتي تحتوي على مناطق يكون الاحتراق فيها بشكل كبير، حيث تعتبر هذه المواقع الأكثر احتمالاً لوجود بقايا السوائل المسرعة للاشتعال فيها، كذلك يمكن البحث عن بقايا مسرعات الاشتعال في مناطق أخرى مثل الشقوق الأرضية والفراغات التي تحت عتبات الأبواب [15].

ويوجد العديد من الطرق المستخدمة التي تساعد المختصين في تحديد مواقع بقايا مخلفات الحرائق البترولية، ومن أهم الأجهزة ما يعرف بالأجهزة القابلة للحمل (portable instruments) كجهاز المقدر الهيدروكربوني (hydrocarbon detector)، ويحتوي هذا الجهاز على نوعين من المقدرات هما مقدر التأين اللهبي (Flame Ionization Detector FID) ومقدر التأين الضوئي(Photo Ionization Detector PID) . كما أمكن الاستفادة من أجهزة كروماتوجرافيا الغاز (GC) وأجهزة كروماتوجرافيا الغاز المقترن بمطياف الكتلة (GC-MS) في تحليل العينات المجهولة والمرفوعة من مسرح الحادث، حيث ساعدت هذه الطرق في توفير مزيد من المعلومات حول العينات المفحوصة بشكل سريع وبدقة عالية [10].

٣,٢ أبرز التقنيات المستخدمة في استخلاص فحص بقايا مسرعات اشتعال الحرائق

مخلفات الحرائق التي تمّ جمعها وتحريزها من مسرح حادث الحريق لتصبح جاهزة لحقنها في أجهزة التحليل المختلفة والكشف عن خواصها وتحديد نوعها [15]. بدأ تاريخيّاً استخدام تقنيات خاصة باستخلاص المواد المسرعة للاشتعال من بقايا مخلفات الحرائق خلال الفترة من 1950م إلى 1960م، حيث ظهر ما يعرف بتقنية الاستخلاص بواسطة التقطير في الفراغ (vacuum distillation)، وتقنية الاستخلاص بواسطة التقطير بالبخار (steam distillation)، ثمّ أعقبها ما يعرف بتقنية الاستخلاص بالمذيبات (solvents extraction). بعد ذلك ظهرت تقنية حديثة تتميز بالدقة العالية والسرعة في التحليل والتكلفة القليلة وحدود كشف (detection limit) منخفضة، هذه التقنية تعرف باسم تقنية التحليل عن طريق حقن العينات بالفراغ الرأسي (Headspace sampling techniques)، وقد بدأ العمل بها في أوائل عام 1970م [22]. وفيما يلي شرح موجز لكل تقنية من التقنيات السابقة:

١,٣,٢ التقطير (Distillation)

تعتبر هذه التقنية كما ذكر سابقاً من أول التقنيات المستخدمة في استخلاص مخلفات الحرائق، وهي طريقة فيزيائية يتم فيها فصل مكونات الخليط السائل في وعاء معين بناء على الاختلاف في درجات غليانها، وتنجز هذه العملية عن طريق تسخين السائل الذي يحتوي على العديد من المركبات وتحويله إلى الحالة الغازية، بعد ذلك يتكثف الغاز ويعود على شكل سائل، ثم تنفصل كل عينة وتجمع على حدة، وتكرر العملية عدة مرات لتحسين نقاء المنتج، ويتم فصل العينات بطريقتين إما عن طريق التقطير في الفراغ (vacuum distillation) أو بواسطة ما يعرف بالتقطير بالبخار(steam distillation) [23,2].

٢,٣,٢ استخلاص المذيبات (Solvents Extraction)

تعتبر هذه التقنية واحدةً من أقدم التقنيات المستخدمة لتحليل بقايا مسرعات الاشتعال، ومع ذلك لا تزال هذه التقنية مستخدمة في المختبرات التحليلية، ويعود السبب في أهميتها حتى وقتنا الحاضر لقدرتها على تحليل المركبات ذات درجة الغليان العالية والتي فشلت فيها التقنيات الحديثة كتقنية التحليل عن طريق حقن العينات بالفراغ الرأسي [24,22,13].

تقوم هذه التقنية على أساس إضافة كمية من المذيب على العينة المدروسة وتشريب كامل العينة به، ثمّ يتم شطفه وترشيحه للحصول على المادة المراد استخلاصها مركزة في جزء من المذيب، أو تكثيفه باستخدام نظام السوكسيليت (soxhlet system)، ومن أكثر عيوب هذه الطريقة أنها مستهلكة للوقت، كما يمكن أن تتسبب في فقدان جزء من العينة أثناء خطوات تركيزها [20,10].

٣,٣,٢ التحليل عن طريق حقن العينات بالفراغ الرأسي

تعتبر هذه التقنية من أكثر التقنيات شيوعاً في مجال الكشف عن بقايا مسرعات الاشتعال، فهي من طرق الاستخلاص المفضلة للعينات ذات الطبيعة الطيارة، وتقوم فكرة هذه التقنية على أساس تبخير جزء من العينة المرفوعة من مسرح الحادث بعد وضعها في حيز مغلق (الفراغ الرأسي) للحفاظ عليها من الانتشار سواء كانت سائلة أو صلبة، بعد ذلك يتم سحب جزء من البخار المتشكل باستخدام إبرة وحقنها مباشرة في جهاز كروماتوجرافيا الغاز، ومن جانب آخر فإن أكثر ما يعيب هذه التقنية هو عدم قدرتها على تحليل المركبات ذات درجة الغليان المرتفعة بشكل جيد [6 ,22 ,26,25].

٤,٢ طرق الكشف عن بقايا مسرعات اشتعال الحرائق

بعد استخلاص العينة المرفوعة من مسرح حادث الحريق بإحدى التقنيات السابقة، تصبح جاهزة للحقن في أحد أجهزة التحليل المختلفة لأجل الكشف عن خواصها وتحديد نوعها. كان يتم التعرف على مسرعات الاشتعال في السابق عن طريق فحص خواصها الفيزيائية والكيميائية، كتحديد معامل انكسارها وكثافتها النوعية ودرجة غليانها، لكن مع أواخر عام 1950م أي مع تطور تقنية كروماتوجرافيا الغاز (GC) والقدرة على ربطها مع عدد من المقدِّرات

(detectors) ذات الكفاءة والفعالية أصبح الكشف والتعرف على بقايا المواد المسرعة للاشتعال يتم عن طريق هذه التقنية في كثير من الأحيان، لأنها طريقة فعّالة في فصل وكشف المركبات العضوية سريعة التطاير مثل مسرعات الاشتعال.

ومن الأمثلة على ذلك كروماتوجرافيا الغاز المقترن مع مطياف الكتلة GC-MS وكروماتوجرافيا الغاز المقترن بحاقن الفراغ الرأسي [15,14,7]. وتعد هذه التقنية من أفضل التقنيات المستخدمة في تحليل بقايا مسرعات الاشتعال، وجدير بالذكر أنه يوجد أنواع أخرى غير تقنية كروماتوجرافيا الغاز يمكن تحليل بقايا مسرعات الاشتعال بواسطتها مثل مطيافية تحويل فوريز للأشعة تحت الحمراء (Fourier Transform Infrared Spectroscopy FT-IR) ومطيافية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية (UV-Visible Spectrophotometer) [10].

ومن جانب آخر تمّ إجراء عدد من الدراسات التطبيقية في المملكة العربية السعودية على مسرعات الاشتعال البترولية وبقايا مخلفات الحرائق ذات الشبهة الجنائية منها دراسة ماجستير بعنوان تحليل مسرعات الاشتعال في بقايا الحريق المتعمد بتقنية طرق الفصل الكروماتوجرافية [28]، ودراسة ماجستير بعنوان التحليل الجنائي لبقايا الحريق باستخدام تقنية GC-MS/SPME [26]. حيث ركزت هاتان الرسالتان على أهم المشاكل التي تواجه المختصين عند رفع وتحليل الآثار المادية التي يشتبه باحتوائها على مسرعات الاشتعال البترولية، كما تمّ فيهما توضيح الخطوات التي تخضع لها الآثار المادية عند وصولها للمختبر الجنائي، وطرق تحليلها عن طريق عدد من الأجهزة التحليلية الحديثة الخاصة بتحليل مسرعات الاشتعال البترولية في المملكة العربية السعودية.

٣ . منهجية الدراسة

لقد اتبع في هذه الدراسة منهج الوصف التحليلي، معتمداً على جمع وتحليل البيانات والمعلومات الخاصة بالطرق الفنية المتبعة لدى الإدارة العامة للأدلة الجنائية في المملكة العربية السعودية عند جمع وتحرير وفحص مسرعات الاشتعال البترولية في الحرائق ذات الشبهة الجنائية.

والإدارة العامة للأدلة الجنائية في المملكة العربية السعودية هي إحدى الإدارات التابعة لمديرية الأمن العام بوزارة الداخلية في المملكة العربية السعودية، ويعمل فيها عدد من المختصين الذين تمّ تأهيلهم علمياً وميدانياً للانتقال إلى مسارح الحوادث ورفع وتحرير الآثار المادية المختلفة، ومن ثمّ تحليلها سواء في مسرح الحادث أو في المختبرات الجنائية بواسطة أحدث التقنيات والأجهزة، كما أنهم مسئولون أيضاً عن إعداد التقارير الفنية لمختلف القضايا المدروسة، ومن ثمّ إرسالها إلى جهات التحقيق ذات العلاقة للمساعدة في الكشف عن غموض القضايا والوصول إلى الحقيقة.

وجدير بالذكر أن الإدارة العامة للأدلة الجنائية بالأمن العام قد حصلت على جميع شهادات الجودة وهي أيزو 9001 وأيزو 17025 وأيزو 18001 وأيزو 14001، كأول إدارة في المملكة العربية السعودية تحصل على هذه الشهادات في وقت واحد [29]. ويوضح جدول 3 بعض المعلومات عن المختبرات الجنائية بإدارات الأدلة الجنائية في المملكة العربية السعودية.

ولقد شارك في الدراسة مجموعة من المختصين في رفع وتحرير وتحليل وفحص الآثار المادية في الحرائق ذات الشبهة الجنائية في عدد من إدارات الأدلة الجنائية بالمملكة العربية السعودية، وتم جمع البيانات والمعلومات من خلال المقابلة الشخصية والإستبانة العلمية والتجارب المعملية، جدول 4 يوضح توصيف المشاركين في الدراسة.

٤ . النتائج والمناقشة

١,٤ أهم مسرعات الاشتعال المستخدمة في الحرائق المتعمدة في المملكة العربية السعودية

لأجل التعرف على شكل الكروماتوجرام الخاص بأهم مسرعات الاشتعال (البنزين، الكيروسين، الديزل)، تم اخذ عينات منها من احد محطات تعبئة الوقود بمدينة الرياض، وحللت في جهاز GC-MS بمعمل الكيمياء الجنائية بكلية الملك فهد الأمنية، حيث أظهرت النتائج كما يلاحظ في الأشكال 2,3,4 الكروماتوجرامات الخاصة بكل نوع.

كما نجد في الجداول 5, 6, 7 تفاصيل أكثر لأهم المكونات الرئيسية لكل من البنزين والكيروسين والديزل من حيث التركيب الجزيئي لهم، وزمن الاستبقاء [26].

جدول 3- بعض المعلومات عن المختبرات الجنائية الخاصة بإدارة الأدلة الجنائية في المملكة العربية السعودية

الصنف	العدد والأسماء
عدد إدارات الأدلة الجنائية في المملكة	16 إدارة
عدد المختبرات الجنائية في المملكة	16 مختبراً
عدد الأجهزة المختصة بتحليل مسرعات الاشتعال	22 جهازاً
أسماء الأجهزة المختصة بتحليل مسرعات الاشتعال في المعامل الجنائية بالمملكة العربية السعودية	جهاز كروماتوجرافيا الغاز المقترن بالفراغ الرأسي (GC-Headspace)
	جهاز كروماتوجرافيا الغاز المقترن بمطياف الكتلة (GC-MS)
	مطيافية تحويل فوريز للأشعة تحت الحمراء (FT-IR)

جدول 4- توصيف المشاركين في الدراسة

م	رتبة المتخصص	الدرجة العلمية	الخبرة	الإدارة
1	عقيد	بكالوريوس	23 سنة	الإدارة العامة بالرياض
2	عقيد	بكالوريوس	21 سنة	الإدارة العامة بالرياض
3	عقيد	بكالوريوس	21 سنة	إدارة الأدلة الجنائية بتبوك
4	مقدم	دكتوراه	17 سنة	إدارة الأدلة الجنائية بالمدينة المنورة
5	المرتبة العاشرة	بكالوريوس	16 سنة	إدارة الأدلة الجنائية بالقصيم
6	رائد	ماجستير	14 سنه	إدارة الأدلة الجنائية بجدة
7	رائد	بكالوريوس	13 سنة	إدارة الأدلة الجنائية بالمدينة المنورة
8	رائد	بكالوريوس	13 سنة	إدارة الأدلة الجنائية بالجوف
9	رائد	بكالوريوس	12 سنة	إدارة الأدلة الجنائية بالمدينة المنورة
10	رائد	بكالوريوس	12 سنة	إدارة الأدلة الجنائية بالمنطقة الشرقية
11	نقيب	بكالوريوس	10 سنوات	إدارة الأدلة الجنائية بعسير

٢,٤ الطرق المستخدمة لجمع وتحريز الآثار المادية المشتبه بوجود مسرعات للاشتعال فيها في المملكة العربية السعودية

فيما يتعلق بالخطوات والإجراءات المتبعة في المملكة لجمع وتحريز الآثار المادية الموجودة في مسارح الحريق المشتبه باستخدام مواد مسرعة للاشتعال فيها، فقد ذكر المختصون أن ذلك يعتمد على نوع الأثر المادي المراد رفعه وحالته، واتفقوا جميعاً على ضرورة تقيد الكيميائي المسئول عن رفع العينات في مسرح حادث الحريق بتطبيق الطرق العلمية الصحيحة قبل البدء بعملية الرفع والتحريز للآثار المادية، كلبس القفازات النظيفة واستخدام أدوات رفع نظيفة، وذلك للحفاظ على عدم تلوث العينة بأي شيء يمكن أن يؤثر على دقة النتائج، كما يجب عليه أن يحدد نقطة بداية الحريق قبل البدء برفع الآثار المادية.

ويمكن تحديد نقطة بداية الحريق بطريقتين: الأولى عن طريق ملاحظة بعض الظواهر الفيزيائية الموجودة في مسرح حادث الحريق (تشكل حرف V، أو وجود أعواد ثقاب أو حاويات تحتوي على وقود قابل للاشتعال)، أما الطريقة الثانية فتتم عن طريق استخدام المقدر الهيدروكربوني وهو عبارة عن جهاز متنقل سهل الحمل يمكن الاستفادة منه في التعرف وتحديد المواقع المحتملة لبقايا المواد البترولية المستخدمة كمسرعات للاشتعال والاستفادة من ذلك في تحديد نقطة بداية الحريق.

بعد تحديد نقطة بداية الحريق أشار المختصون إلى ضرورة رفع الآثار حسب حالتها الفيزيائية، فإذا كانت الآثار المادية المرغوب رفعها صلبة فيشترط أن تكون ممتصة للسوائل كالسجاد والورق والقماش، ويفضل أن تكون هذه الآثار محترقة جزئياً، لأن ذلك يزيد من احتمالية وجود بقايا لمسرع الاشتعال متشبعة في الجزء غير المحترق فيها، وبالتالي يمكن الكشف عنه. بعد ذلك يتم رفع وتحريز الأثر إما في علب معدنية (حاويات) مخصصة لحفظ العينات، أو في أكياس خاصة عديمة المسامات كأكياس النايلون أو البولي استر، ثمّ تربط بأحكام وتوضع في علب معدنية (حاوية) محكمة الإغلاق تلافياً لتطاير مكونات مسرع الاشتعال.

أما في حالة وجود عينات سائلة في مسرح حادث الحريق فأشار المختصون إلى ضرورة استخدام مجموعة (كيت kit) متكاملة تتكون من أنابيب اختبار متعددة الأحجام، وورق ترشيح، وأنابيب ماصة (pipette)، ومحاقن (syringe) خاصة، إضافة إلى عبوات زجاجية يكون غطاؤها مصنوع من التيفلون (Teflon) كي لا يحدث تفاعل بينها وبين المواد الهيدروكربونية السائلة المرفوعة من مسرح الحادث، وأشاروا أيضاً إلى أن كمية السائل المناسبة للرفع تتراوح بين 2-20 mL، مع الحرص على أن يملأ ثلاثة أرباع العبوة الزجاجية فقط وترك الربع الباقي فارغاً.

بعد القيام بالخطوات السابقة يجب على الفني المسئول عن الرفع في مسرح الحادث أن يضع ملصقاً على الحاوية المحتوية على الحرز المرفوع، ويدون عليها اسمه وتاريخ الرفع، والإدارة التي ينتمي لها، والمكان الذي رفعت منه، ووصفاً كاملاً لجميع ما بداخل الحاوية، وبالمجمل فإن طريقة الرفع تعتمد على نوع وحالة الحرز المرفوع.

٣,٤ أبرز التقنيات المستخدمة في استخلاص وكشف بقايا مسرعات اشتعال الحرائق المتعمدة في المملكة العربية السعودية

فيما يتعلق بأبرز التقنيات المستخدمة في استخلاص وكشف بقايا مسرعات اشتعال الحرائق المتعمدة في السعودية، فقد ذكر هؤلاء المختصون أن اختيار طريقة استخلاص وكشف المواد المشتبهة باحتوائها على بقايا لمسرعات الاشتعال تعتمد على حالة الآثار المحرزة والمرفوعة من مسرح حادث الحريق، فإذا كانت الآثار المحرزة صلبة فيفضل استخدام جهاز كروماتوجرافيا الغاز المقترن بحاقن الفراغ الرأسي (GC-Headspace) لما له من مميزات كثيرة عند استخلاص

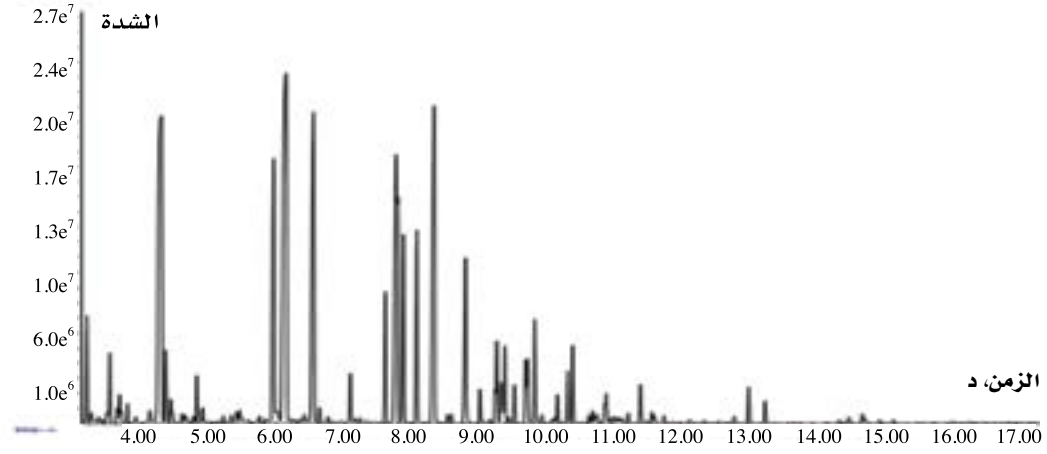
وكشف بقايا الآثار المشتبه باحتوائها على أحد مسرعات الاشتعال. أما في حالة العينات السائلة فبالإمكان استخدام جهاز كروماتوجرافيا الغاز المقترن بمطياف الكتلة (GC-MS)، أو عن طريق استخدام مطيافية تحويل فورير للأشعة تحت الحمراء (FT-IR) حيث يمكن التعرف على نوع المادة المسرعة للاشتعال عند تحليلها مباشرة من شكل الكروماتوجرام الخاص بها.

٤,٤ أبرز المشاكل والصعوبات التي تواجه خبراء ومنسوبي الأدلة الجنائية في المملكة العربية السعودية عند رفع وتحريز وفحص بقايا مسرعات الاشتعال

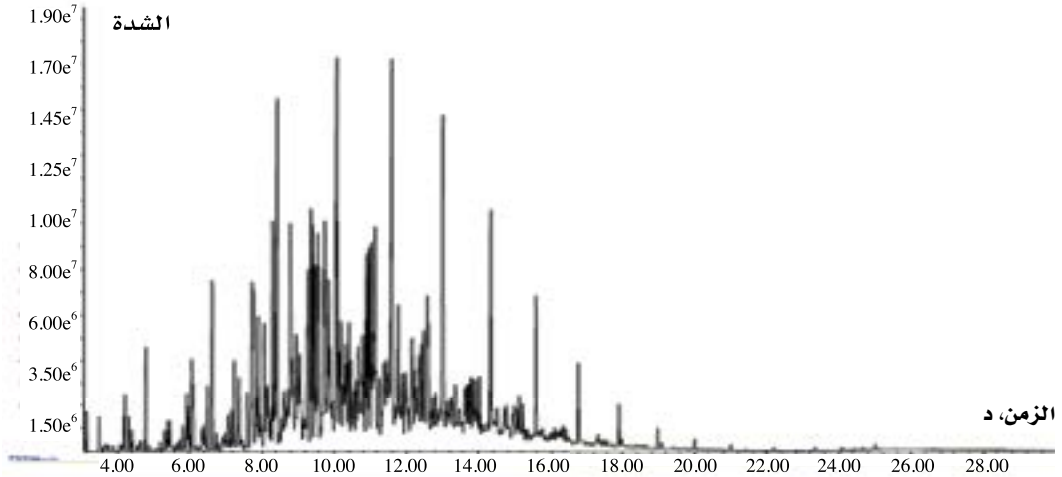
على الرغم من جهود الأمن العام ممثلاً بالإدارة العامة للأدلة الجنائية، والتي تقوم بجهود كبيرة للكشف عن بقايا مسرعات الاشتعال المشتبه في استخدامها عند إشعال الحرائق الجنائية، وجهود المديرية العامة للدفاع المدني والتي تعمل على الوقاية من الحرائق والحد من انتشارها والسيطرة عليها، نقول وعلى الرغم من ذلك إن هذه الجهود تصطدم ببعض المعوقات، كأي عمل بشري آخر، وهذا بدوره يؤدي إلى حدوث بعض القصور والمشكلات التي قد تؤثر على النتائج المتحصل عليها عند جمع وتحريز وفحص الآثار المرفوعة من مسرح حادث الحريق المشتبه بأنه متعمد، ومدى دقتها، ما يكون له أكبر الأثر على التقارير المرافقة لهذا النوع من القضايا عند التحقيق الجنائي.

لأجل ذلك، وبعد الاستفسار من هؤلاء المختصون عن أبرز المشكلات والصعوبات التي تواجههم عند رفع وتحريز وتحليل بقايا مسرعات الاشتعال في المملكة، اتفقوا جميعاً على أن أكبر المعوقات التي تواجههم تتمثل فيما يلي:

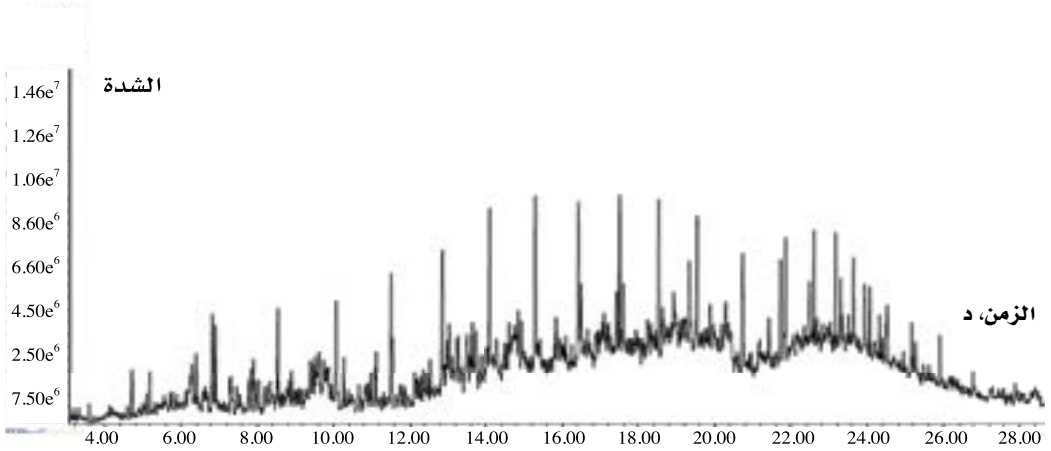
- الهدم والتغيير في معالم مسرح حادث الحريق بسبب فرق الإطفاء عند قيامهم بإخماد الحريق والسيطرة عليه، واستخدامهم في بعض الأحيان لمعدات ثقيلة عند ردم وإطفاء مسرح الحادث، حيث يؤدي هذا لتلف الآثار الموجودة في مسرح حادث الحريق، أو صعوبة الحصول عليها.
- التأخر في إبلاغ الأدلة الجنائية بحوادث الحريق المشتبه بأنها متعمدة، وهذا بدوره يعمل على تبخر وتطاير المواد البترولية المسرعة للاشتعال قبل رفعها



شكل 2- الكروماتوغرام المميز للبنزين، بتقنية كروماتوغرافيا الغاز المقترنة بمطياف الكتلة [26]



شكل 3- الكروماتوغرام المميز للكيروسين، بتقنية كروماتوغرافيا الغاز المقترنة بمطياف الكتلة [26]



شكل 4- الكروماتوغرام المميز للديزل، بتقنية كروماتوغرافيا الغاز المقترنة بمطياف الكتلة [26]

جدول 5- أهم مكونات البنزين [26].

اسم المركب Compound name	الوزن الجزيئي Mol.Wt.	الصيغة الكيميائية Chemical formula	زمن الاستبقاء Retention time (min)
Heptane	100	C_7H_{16}	3.171
Octane	114	C_8H_{18}	4.784
Toluene	92	C_7H_8	4.263
Ethyl benzene	106	C_8H_{10}	5.964
p-Xylene	106	C_8H_{10}	6.123
Benzene-1,2,5-trimethyl	120	C_9H_{12}	8.292
Naphthalene-1-methyl	142	$C_{11}H_{10}$	13.276

جدول 6- أهم مكونات الكيروسين [26].

اسم المركب Compound name	الوزن الجزيئي Mol.Wt.	الصيغة الكيميائية Chemical formula	زمن الاستبقاء Retention time (min)
Octane	114	C_8H_{18}	4.796
Decane-4-methyl	156	$C_{11}H_{24}$	8.784
Undecane	156	$C_{11}H_{24}$	10.065
Heptyl cyclohexane	182	$C_{13}H_{26}$	11.693
Tridecane-6-methyl	198	$C_{14}H_{30}$	13.670
Hexadecane	226	$C_{16}H_{34}$	16.777
Nonadecane	268	$C_{19}H_{40}$	20.005

جدول 7- أهم مكونات الديزل [26].

اسم المركب Compound name	الوزن الجزيئي MW	الصيغة الكيميائية Chemical formula	زمن الاستبقاء Retention time (min)
Undecane	156	$C_{11}H_{24}$	8.528
Dodecane	170	$C_{12}H_{26}$	10.068
Tridecane	184	$C_{13}H_{28}$	11.504
Naphthalene-2- methyl	142	$C_{11}H_{10}$	11.532
Pentadecane	212	$C_{15}H_{32}$	14.113
Nonadecane	268	$C_{19}H_{40}$	19.549
Pentadecane-2,6,10,14-tetramethyl	268	$C_{19}H_{40}$	19.854
Eicosane	282	$C_{20}H_{42}$	20.733
m-Terphenyl	230	$C_{18}H_{14}$	21.420
Tetracosane	338	$C_{24}H_{50}$	22.599
Tri acontane	422	$C_{30}H_{62}$	25.378

وتحريزها بسبب الحرارة العالية الناجمة من الحريق، وينتج عن ذلك صعوبة الحصول على أي أثر لمسرعات الاشتعال في العينات المرفوعة نظراً لتبخرها.

- تأخر وصول فرق خبراء الأدلة الجنائية بحوادث الحريق المشتبه بأنها متعمدة، بسبب انشغالهم بحوادث جنائية أخرى، مما يؤدي إلى تبخر وتطاير المواد البترولية المسرعة للاشتعال قبل رفعها وتحريزها.
- عدم توفر الأحراز الجيدة عند رفع الآثار المشتبه باحتوائها على بقايا من مسرعات الاشتعال، فتتبخر وتتطاير المواد البترولية المسرعة للاشتعال قبل وصولها المعمل للتحليل.
- صعوبة الوصول إلى نقطة بداية الحريق، نتيجة لسقوط بعض المكونات والأشياء الموجودة في مسرح الحادث عليها بسبب الحريق وبالتالي تدميرها وإخفاء معالمها.
- نوع المادة المحترقة، فعند سكب مواد مسرعة للاشتعال على ورق مثلاً، فإنه يحترق بشكل سريع وتتطاير المادة المسرعة للاشتعال بسرعة أيضاً، مما ينتج عن ذلك صعوبة وجود بقايا لمسرعات الاشتعال عند تحليلها.
- الرفع الخاطئ للآثار من قبل الفنيين الموجودين في مسرح الحادث، أو سوء تحريزهم للآثار، قد يؤدي لتبخر وتطاير العينات وبالتالي ظهور نتائج سلبية عند تحليلها.
- عدم إتقان الفني المسئول عن إجراء التحليل في المعمل طريقة العمل على الأجهزة الآلية، مما يؤدي لظهور نتائج سلبية للآثار المرفوعة مع أنها قد تحتوي على بقايا لمسرعات الاشتعال.
- تعطل بعض الأجهزة التحليلية في معامل الأدلة الجنائية، وهذا يعمل على التأخر في ظهور نتائج التحاليل.
- عدم وجود قاعدة بيانات وطنية، تحوي معلومات وإحصائيات علمية تفصيلية عن أكثر أنواع مسرعات الاشتعال استخداما في الحرائق الجنائية في المملكة العربية السعودية.

وللتغلب على تلك المشكلات والصعوبات يوصى بالقيام بما يلي:

- العمل على زيادة وتفعيل التواصل فيما بين فرق الإطفاء الخاصة بالمديرية العامة للدفاع المدني من جهة والإدارة العامة للأدلة الجنائية من جهة أخرى، بحيث يكون هناك تنسيق مباشر بين الإدارتين، مع أهمية تدريب فرق الإطفاء بالدفاع المدني على كيفية الحفاظ على الآثار الموجودة في مسرح حادث الحريق قدر الإمكان عند قيامهم بإخماد الحرائق، لأن ذلك يساعد منسوبي الأدلة الجنائية على رفع وتحريز الآثار المادية بعد دخولهم لمسرح حادث الحريق بشكل صحيح ودقيق.
- ضرورة زيادة عدد منسوبي الأدلة الجنائية في جميع إدارات الأدلة الجنائية بالمملكة لتلافي مشكلات التأخر في الوصول لمسرح حوادث الحرائق الجنائية.
- ضرورة توفر الأحراز المناسبة للرفع والتحريز، لضمان بقاء بقايا مسرعات الاشتعال المحرزة في داخل الحرز وعدم تطايرها.
- تدريب منسوبي الأدلة الجنائية المسئولين عن الرفع على الطرق العلمية الصحيحة عند رفع وتحريز الآثار في مسرح حادث الحريق، لتلافي مشكلات الرفع الخاطئ.
- تدريب الفنيين في معامل الأدلة الجنائية على الطرق العلمية الصحيحة لتحليل الآثار، لتلافي التحليل الخاطئ وإعطاء نتائج غير صحيحة.

- عمل صيانة دورية لأجهزة التحليل الآلي في مختبرات الأدلة الجنائية لتلافي تأخر تحليل الآثار المرفوعة من مسارح حوادث الحرائق عند تعطل هذه الأجهزة.
- يرى الباحث أهمية وجود قاعدة بيانات وطنية، تحوي معلومات وإحصائيات علمية تفصيلية عن أكثر أنواع مسرعات الاشتعال استخداماً في الحرائق الجنائية في المملكة العربية السعودية، لتمكين الباحثين والمهتمين من دراسة مسبباتها وآثارها، والبحث عن حلول لتقليلها والحد منها.

5. الخاتمة

تمّ في هذه الدراسة التعرف على أهم أنواع مسرعات الاشتعال المستخدمة في الحرائق المتعمدة في المملكة العربية السعودية وأنماط وجودها في مسارح الحريق، ووجد أن البنزين خصوصا بنزين 91 كان أكثر مسرعات الاشتعال المستخدمة في الحرائق المتعمدة في المدن الكبيرة كالرياض وجدة والدمام بالمملكة العربية السعودية، يليه الكيروسين على وجه الخصوص في المناطق الشمالية من المملكة، فالديزل في المناطق الزراعية، وأخيراً التنر.

ومن ثم تمّ التركيز على الطرق المستخدمة لجمع وتحريز الآثار المادية الموجودة في مسارح الحريق المشتبه باستخدام مواد مسرعة للاشتعال في المملكة، وذكر خبراء الحرائق في هذا الموضوع أن ذلك يعتمد على حسب طبيعة الأثر المادي المراد رفعة وحالته. وتمّ استعراض أبرز التقنيات المستخدمة في استخلاص وكشف بقايا مسرعات الاشتعال المستخدمة واتفق المختصون على أهمية استخدام جهاز كروماتوجرافيا الغاز المقترن بحاقن الفراغ الرأسي (GC-Headspace) للعينات الصلبة، أما في حالة العينات السائلة فبالإمكان استخدام جهاز كروماتوجرافيا الغاز المقترن بمطياف الكتلة (GC-MS) أو عن طريق استخدام مطيافية تحويل فورير للأشعة تحت الحمراء FT-IR.

وكذلك تمّ مناقشة أبرز المشكلات والصعوبات التي تواجه خبراء ومنسوبي الأدلة الجنائية في المملكة عند تحديد نقطة بداية الحريق وجمع وتحريز وتحليل الآثار المادية، وتم صياغة عدد من الاقتراحات والتوصيات للتغلب على تلك المشكلات كزيادة وتفعيل التواصل والتنسيق المباشر بين فرق الإطفاء الخاصة بالمديرية العامة للدفاع المدني من جهة والإدارة العامة للأدلة الجنائية من جهة أخرى، كذلك ضرورة تدريب منسوبي الأدلة الجنائية على الطرق العلمية الصحيحة عند رفع وتحريز الآثار في مسرح حادث الحريق، وتدريب الفنيين في معامل الأدلة الجنائية على الطرق العلمية الصحيح لتحليل الآثار، بالإضافة إلى القيام بالصيانة الدورية لأجهزة التحليل الآلي في مختبرات الأدلة الجنائية حتى لا يكون هناك تأخر عند تحليل الآثار المرفوعة من مسارح حوادث الحرائق.

شكر وتقدير

في ختام هذه الدراسة يطيب لي أن أقدم شكري وتقديري لكل من سعادة العقيد/محمد بن إبراهيم الزيد وسعادة العقيد/ حاتم بن جهز العتيبي، بالإدارة العامة للأدلة الجنائية بالرياض، ولسعادة العقيد/محمد بن عبد العزيز الضّباح بالمديرية العامة للدفاع المدني، والشكر موصول لسعادة المقدم/ د. محمد بن إبراهيم الرشيدي بإدارة الأدلة الجنائية بالمدينة المنورة، وذلك على تعاونهم وحسن تجاوبهم أثناء جمع المعلومات والبيانات التي أسهمت في إكمال هذه الدراسة.

المراجع

1. إبراهيم، حسين محمود (1994م). الإثبات الجنائي، القاهرة، أكاديمية الشرطة.
2. Bertsch W, Zhang Q-W. Sample preparation for the chemical analysis of debris in suspect arson cases. J Forensic Sci 2001; 16442-456.
3. Baron M. Forensic sciences/arson residues. in Encyclopedia of Analytical, 2nd ed, P. Worsfold, A Townshend and C.Poole (Eds). Elsevier, Amsterdam 2005; 365-372.
4. عطيات، عبدالرحمن (1988م) . التحقيق العلمي للكشف عن مسببات الحريق العمد، الرياض، جامعة نايف للعلوم الامنية.
5. Lentini J. Evidence collection at fire Scenes. Forensic Chemistry. Ed. Max M. Houck, Oxford, Academic Press 2015; 251-256.
6. Dhabbah A, Al-Jaber S, Alghamdi A, Aqel, A. Determination of Gasoline Residues on Carpets by SPME–GC-MS Technique. ARAB J SCI ENG 2014 ;39 (9): 6749-6756.
7. Daeid N, Stauffer E. Analysis of Fire Debris, Forensic Chemistry. Ed. Max M. Houck, Oxford, Academic Press 2015; 275-281.
8. Lentini J. Fire Scene Inspection Methodology, Forensic Chemistry. Ed. Max M. Houck, Oxford, Academic Press 2015; 257-261.
9. الكتاب الإحصائي السنوي الصادر من المديرية العامة للدفاع المدني بالمملكة العربية السعودية 1431-1435هـ.
10. الضباح، عبدالرحمن وآل جابر، سلطان (2014م). الكيمياء الجنائية، الرياض، كلية الملك فهد الأمنية.
11. Hull TR, Stec A. Introduction to Fire Toxicity, Fire Toxicity. Ed. Hull T R and Stec A, Cambridge, Woodhead Publishing Limited 2010; 1-25.
12. Dhabbah A. Ways of Analysis of Fire Effluents and Assessment of Toxic Hazards. J Anal Sci Meth Instrum 2015; 5:1-12.
13. Stauffer E, Dolan J, Newman R. Interpretation of Ignitable Liquid Residues from Fire Debris, Fire Debris

Analysis. Academic Press 2008; 441–493.

14. Stanffer E. A review of the analysis of vegetable oil residues from fire debris samples: spontaneous ignition, vegetable oils, and the forensic approach. J Forensic Sci 2005; 50 :91-100.
15. Stauffer E, Dolan J, Newman R. Extraction of Ignitable Liquid Residues from Fire Debris. Fire Debris Analysis. Academic Press 2008; 387–426.
16. Monfreda M, Gregori A. Differentiation of unevaporated gasoline samples according to their brands, by SPME-GC-MS and multivariate statistical analysis. J Forensic Sci 2011; 56: 372-80.
17. The Arson Set. http://www.interfire.org/res_file/kirk_ars.asp, accessed Dec 01, 2015.
18. المقرن، حامد (2011م) . وقود الديزل، الرياض، مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية.
19. Almirall J, Furton K. Fire Scene Investigation: An Introduction for Chemists. Analysis and Interpretation of Fire Scene Evidence, Taylor & Francis Group 2004; 35–70.
20. Baechler S, Comment S, Delemont O. Extraction and concentration of vapors from fire debris for forensic purposes: evaluation of the use of Radiello passive air sampler. Talanta 2010; 82: 1247-53.
21. Williams M, Sigman M. Performance Testing of Commercial Containers for Collection and Storage of Fire Debris Evidence. J Forensic Sci 2007; 52: 579–585.
22. Borusiewicz R. Fire debris analysis – A survey of techniques used for accelerants isolation and concentration. Problems of Forensic Sciences 2002; 50:44-63.
23. Frontela L, Pozas JA, Picabea L. A Comparison of Extraction and Adsorption Methods for the Recovery of accelerants from Arson Debris. Forensic Sci Int 1995; 75: 11-23.
24. Stauffer E, Dolan J, Newman R. Other Techniques of Analysis and the Future of Fire Debris Analysis". Fire Debris Analysis. Academic Press 2008; 495–528.
25. Russo MV, Avino P, Cinelli G, Notardonato I. Sampling of Organophosphorus Pesticides at Trace Levels in the Atmosphere Using XAD-2 Adsorbent and Analysis by Gas Chromatography Coupled with Nitrogen-Phosphorus and Ion-Trap Mass Spectrometry Detectors. Anal Bioanal Chem 2012; 404: 1517-1527.
26. آل جابر، سلطان (2012م). التحليل الجنائي لبقايا الحريق باستخدام تقنية GC-MS/SPME، رسالة ماجستير، الرياض، جامعة الملك سعود.
27. Suzanne B. Combustion, Part II. Forensic Chemistry, Pearson Prentice Hall , UK, 2006; 432-459.
28. صحيفة الشرق المطبوعة (2012)، عدد رقم (159)،ص 6
29. القحطاني، محمد الرباع (2008م). تحليل مسرعات الاشتعال في بقايا الحريق المتعمد بتقنية طرق الفصل الكروماتوجرافي، رسالة ماجستير، الرياض، جامعة الملك سعود.