

Determination of bisphenol A in drinking water bottled in plastic containers (PET) using gas chromatography GC/MS

Dr. Faten Chouman*

Raed Ahmad Khadoura** 

(Received 27 /2 / 2025. Accepted 11 /5 / 2025)

□ ABSTRACT □

Bisphenol A (BPA) is an endocrine disruptor used in plastics industries such as food cans, drinking water containers and baby bottles.

This study investigated the content of bisphenol A (BPA) in drinking water samples (brand), packaged in local manufactured polyethylene terephthalate (PET) plastic containers through two factors, time and exposure to direct sunlight, This is to determine the effect of exposure to sunlight on the migration of bisphenol A into the contents of the container.

The samples were stored under direct sunlight for 5 months. one sample was analyzed every month. The samples were prepared by solid phase extraction (SPE) to extract bisphenol A using C₁₈ cartridges as solid phase, and (methanol;high purity water) (50:50 v/v) as mobile phase. The samples were analyzed using gas chromatography-masse (GC-MS), where helium gas was used as mobile phase and a capillary column with dimensions: (30 m x 0.25 mm, 0.25 μm). The results showed that the BPA value in the first three months (May, June, July) were all below the detection limit of the GC-MS., where (LOD = 0.512 μg/ml), while during the fourth and fifth months (August, September) were: (3.11) μg/ml and (3.38) μg/ml respectively.

Keywords: Bisphenol A (BPA), bottled drinking water, solid phase extraction (SPE), gas chromatography/masse (GC/MS), polyethylene terephthalate (PET).

Copyright



:Latakia University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

* Professor. Department of Chemistry, Faculty science, Lattakia University , Lattakia , Syria.

** Master Student in Analytical chemistry, Department of Chemistry, Faculty of Science, Lattakia, Syria.

تحديد البيسفينول A (BPA) في مياه الشرب المعبأة في أوعية بلاستيكية (PET) باستخدام الكروماتوغرافيا الغازية GC/MS

د. فاتن شومان*

رائد أحمد خضرة** 

(تاريخ الإيداع 2025 / 2 / 27. قُبِلَ للنشر في 2025 / 5 / 11)

□ ملخص □

يعد البيسفينول A (BPA) من المواد المسببة لاختلال الغدد الصماء والتي تستخدم في الصناعات البلاستيكية كعلب الطعام، عبوات مياه الشرب وحتى الرضاعات (baby bottles). بحثت هذه الدراسة محتوى البيسفينول A (BPA) في عينات مياه الشرب (السن) المعبأة بأوعية من البولي إيثيلين تيرفتالات (PET) المصنعة محلياً من خلال عاملين هما الزمن والتعرض لأشعة الشمس المباشرة، وذلك لتحديد تأثير التعرض لأشعة الشمس على هجرة بيسفينول A إلى محتوى العبوة. تم تخزين العينات تحت أشعة الشمس المباشرة لمدة 5 أشهر على أن يتم تحليل عينة كل شهر. تم تحضير العينات بطريقة الاستخلاص على الطور الصلب (SPE) لاستخلاص البيسفينول A، باستخدام خراطيش C₁₈ كطور صلب، و (ميثانول:ماء عالي النقاوة) بنسبة (v/v 50:50) كطور متحرك. تم تحليل العينات باستخدام الكروماتوغرافيا الغازية - مطيافية الكتلة GC-MS Spectrometry، استخدم غاز الهيليوم كطور متحرك وعمود شعري بأبعاد: (30 m x 0.25 mm, 0.25 μm). أظهرت النتائج أن قيمة بيسفينول A في الأشهر الثلاث الأولى (آيار، حزيران، تموز) كانت جميعها تحت حد كشف جهاز GC-MS، علماً بأن حد الكشف (LOD = 0.512 μg/ml). بينما بلغ في الشهرين الرابع والخامس (آب، أيلول): (3,11) μg/ml، (3,38) μg/ml على التوالي.

الكلمات المفتاحية: بيسفينول A (BPA)، مياه الشرب المعبأة، الاستخلاص على الطور الصلب (SPE)، الكروماتوغرافيا الغازية - مطيافية الكتلة (GC/MS)، بولي إيثيلين تيرفتالات (PET).

حقوق النشر :  مجلة جامعة اللاذقية- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص

04 CC BY-NC-SA

*أستاذ دكتور في قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة اللاذقية - اللاذقية - سورية
** طالب ماجستير - قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة اللاذقية - اللاذقية - سورية.

مقدمة:

يشكل "بولي إيثيلين تيرفتالات" حوالي 80% من أوعية مياه الشرب المستهلكة حول العالم، وهو بلاستيك ذو وزن جزيئي منخفض يستخدم لتعليب العديد من المشروبات والأغذية، نظراً لخصائص العبوات الفريدة التي تجعلها مثالية لتعبئة السوائل. بما في ذلك خفة وزنها ومتانتها، مما يسهل عملية النقل والتخزين. بالإضافة إلى شفافيتها العالية، وانخفاض تكاليفها مقارنة بالعبوات الزجاجية [1،2] وقابليتها لإعادة التدوير، مما يجعلها خياراً أكثر استدامة مقارنة بأنواع البلاستيك الأخرى. أعرب العديد من الباحثين عن قلقهم إزاء مركب "بيسفينول A"، وهو مركب كيميائي يتكون من حلقتين من الفينول، له وزن جزيئي (228,29 g/mol)، ودرجة غليان (220 C°)، كما له قدرة انحلالية جيدة في الدهون والمذيبات العضوية ومنخفضة بالماء. برز استخدامه في تصنيع المواد البلاستيكية والراتجات منذ فترة الخمسينيات كمادة مضافة وبالأخص في علب التغليف وعبوات مياه الشرب [3]، الذي ربما يؤثر في الغدد الصم وقد يسبب اضطرابات تتعلق بالتناسل والاستقلاب واختلال الغدد الدرقية [4،5]. على الرغم من أن هذا المركب قد لا يدخل في تصنيع عبوات البولي إيثيلين تيرفتالات PET، فقد أفادت دراسات عديدة بوجود بيسفينول A في عينات المياه المعبأة في عبوات البولي إيثيلين تيرفتالات. بينت الدراسات أن التخزين الشائع لعبوات مياه الشرب لأسابيع أو أشهر في المستودعات قبل طرحها في الأسواق وفي ظروف تخزين مختلفة، قد يؤدي إلى إمكانية هجرة العديد من المواد الكيميائية الضارة من العبوات البلاستيكية إلى مياه الشرب ومنها بيسفينول A (BPA)، لاسيما عندما تكون هذه العبوات مخزنة في ظل ظروف تخزين سيئة (درجات الحرارة العالية والتعرض لأشعة الشمس المباشرة) [6]

تم نشر العديد من الدراسات والأبحاث المتعلقة بمركب بيسفينول A وآثاره الضارة على صحة الإنسان، ويمكن رصد بعضها : حيث قامت Elham Khanniri وآخرون [7] بدراسة هجرة بيسفينول A إلى مياه الشرب المعبأة بأوعية (PET) المخزنة عند درجات حرارة مختلفة C° (4, 25, 40, -18) وخلال فترات زمنية (30, 60, 90) يوماً ، تم تحليل العينات باستخدام الكروماتوغرافيا الغازية GC-MS، توصلت الدراسة إلى أن أعلى تركيز للبيسفينول A كان عند درجة حرارة C° 40 ولمدة 90 يوماً، حيث بلغ (0.18 µg/L) بينما كانت التراكيز أقل من حد الكشف (> LOD) عند درجات الحرارة الأخرى.

قامت Lina Baz, Asmaa Alharbi وآخرون [8] في السعودية عام 2023 بدراسة محتوى بيسفينول A في عينات مياه الشرب المعبأة في أوعية من (PET)، تم تخزين عينات المياه لمدة 30 يوماً، حيث وزعت العينات في 3 مجموعات: المجموعة الأولى خزنت عند درجة حرارة الغرفة C° (23, 25) ، والمجموعة الثانية تم تخزينها تحت أشعة الشمس عند درجة حرارة C° (40, 43) ، بينما المجموعة الأخيرة تم وضعها في حمام مائي عند درجة الغليان لمدة 30 min وذلك بعد التخزين لمدة 30 يوماً عند درجة حرارة الغرفة، تم التحليل باستخدام طريقة الكروماتوغرافيا السائلة عالية الكفاءة HPLC . وجد أن متوسط تركيز BPA عند حرارة الغرفة لمدة 30 يوماً (9.46 ng/L) ، بينما كان في عبوات المياه المعرضة لأشعة الشمس والحمام المائي المغلي (16.13 ng/L و 14.7 ng/L) على التوالي.

درس Rojin and Poul kemp [9] في النمسا عام 2022 محتوى بيسفينول A في عينات مياه الشرب المعبأة في أوعية بلاستيكية محلية عند درجات الحرارة C° (20, 60, 100) باستخدام الكروماتوغرافيا السائلة عالية الكفاءة HPLC. تبين أن زيادة درجة الحرارة تعطي تركيز أعلى للبيسفينول A في العينات على التسلسل (0.43 µg/L) ، (0.06 µg/L ، 0.047 µg/L).

كما درس Mai A Elobeid وآخرون [10] في السعودية تحديد محتوى بيسفينول A في مياه الشرب المعبأة بأوعية من PET، تم وضع قسم منها عند درجة حرارة الغرفة 25°C وقسم آخر تم تخزينه عند درجة 40°C وتمت المقارنة بينهما. تم تحليل العينات بطريقة الكروماتوغرافيا الغازية - مطيافية الكتلة GC-MS. وجد أن تركيز بيسفينول A في عينات المياه التي خزنت عند 40°C أعلى من تلك التي خزنت عند 25°C على التسلسل: (7.5ng/l)، (4.03) ng/L.

قام Hao Wang وزملاؤه [11] بدراسة محتوى بيسفينول A في عينات مياه الشرب المعبأة في أوعية من (PET) وأخرى من (PC)، تم تحليل العينات باستخدام طريقة الكروماتوغرافيا الغازية - مطيافية الكتلة GC-MS. وجد أن تركيز بيسفينول A في العينات المعبأة بأوعية من PC بلغ (6452.8 - 111.8) ng/L وهو أعلى بحوالي 67 مرة من تركيز بيسفينول A في العينات المعبأة في أوعية من PET والذي بلغ (44.9 - 12.4) ng/L.

مشكلة البحث:

نتيجة للاستخدام الهائل للأوعية البلاستيكية لمياه الشرب حول العالم والانتشار الكبير لها، وإمكانية تعرض المستهلكين لخطر الإصابة بمادة بيسفينول A الضارة والمعرضة لسرطان نتيجة سوء تخزين هذه العبوات البلاستيكية ولفترات طويلة، كانت الحاجة لدراسة وجود مادة بيسفينول A في مياه الشرب المعبأة في أوعية بلاستيكية نوع PET، وتم تطبيق الدراسة على إحدى العلامات التجارية لمياه الشرب المعبأة من نوع السن القريب من اللاذقية بهدف تحري وجود مادة بيسفينول A فيها.

أهمية البحث وأهدافه :

يهدف البحث إلى دراسة محتوى بيسفينول A في مياه الشرب المعبأة في أوعية بلاستيكية من (BPA) (مياه السن)، وذلك باستخدام الكروماتوغرافيا الغازية-مطيافية الكتلة GC-MS، ودراسة تأثير عملي (زمن التخزين ودرجة حرارة التخزين) على محتوى BPA في عينات المياه، خلال فترة زمنية مدتها 5 أشهر (أيار، حزيران، تموز، آب، أيلول) وبدورية تحليل عينة كل شهر.

طرائق البحث ومواده:

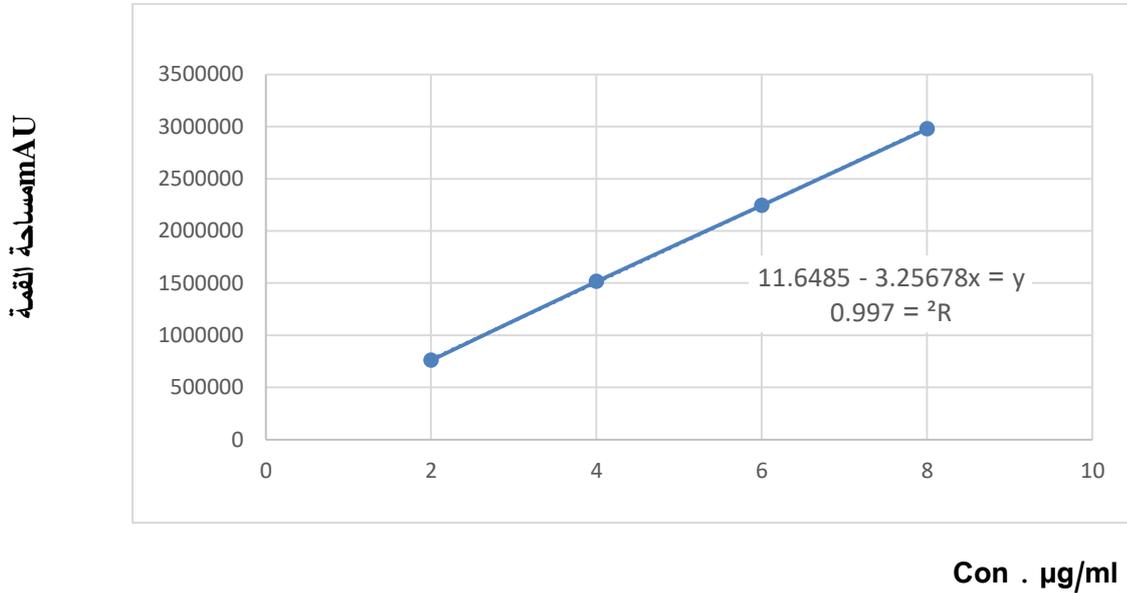
الأجهزة المستخدمة: جهاز الاستخلاص في الطور الصلب Solid Phase Extraction مع خراطيش C_{18} ماركة (SUPELCO) الولايات المتحدة الأمريكية، جهاز الكروماتوغرافيا الغازية-مطيافية الكتلة MS-GC ماركة (SHIMADZU) اليابان.

المحاليل والمواد المستخدمة: ماء ثنائي التقطير، ميثانول عالي النقاوة ماركة Sham Laboratory Chemicals المحلية، محلول عياري للبيسفينول A 99.9% (BPA) شركة TITAN BIOTECH LTD الهندية، الكلوروفورم ماركة SIGMAALDRICH البريطانية، محلول أمونيا ماركة SUFFOLK ENGLAND الإنجليزية.

طرائق البحث :

جمعت عينات المياه المعبأة المدروسة في بداية شهر نيسان عام 2024 وهي عبارة عن عبوات مياه السن سعة العبوة لتر ونصف مصنوعة من البولي إيثيلين تيرفتالات PET من السوق المحلية في مدينة اللاذقية. تم استخدام 5 عينات في هذه الدراسة، حيث تم تخزينها جميعها تحت أشعة الشمس المباشرة (حيث وضعت في الهواء الطلق طيلة فترة التخزين) وعلى أن يتم تحليل عبوة كل شهر.

تم تحضير محلول عياري من بيسفينول A بتركيز (80 PPM) وحقنه في جهاز GC - MS ، وذلك لتحديد زمن احتفاظ البيسفينول A في شروط العمل المدروسة، وحضرت سلسلة من المحاليل العيارية للبيسفينول A بالتركيز التالية $\mu\text{g/ml}$ (2,4,6,8) وحقنت هذه المحاليل في جهاز GC_MS بثلاث مكررات. ومن ثم رسمت العلاقة ما بين التركيز ومساحة القمة وفق الشكل(1)، ويلاحظ من التمثيل البياني وجود علاقة خطية ضمن المجال المدروس ، وكان معامل الارتباط مساوياً $R^2 = 0.997$.



الشكل (1): المنحني العياري للبيسفينول A باستخدام جهاز GC_MS

تم حساب حد الكشف الكمي والكيفي وفق العلاقات الآتية :

حد الكشف (LOD) (The detection limit) : هو كمية المادة التي تعطي عند حقنها قمة (peak) ارتفاعها يساوي ثلاثة أضعاف قمة التشويش وحسب من العلاقة (7)

$$LOD = \frac{3 * SD}{m} \dots \dots \dots (7)$$

حيث بلغ حد الكشف (LOD = 0.512 $\mu\text{g/ml}$).

الحد الكمي (LOQ) (The Quantitative limit) : هو كمية المادة التي تعطي عند حقنها قمة (peak) ارتفاعها يساوي عشرة أضعاف قمة التشويش وحسب من العلاقة (8).

$$LOQ = \frac{10 * SD}{m} \dots \dots \dots (8)$$

حيث: SD (الانحراف المعياري لاستجابة) ارتفاع التشويش ، m: ميل الخط المستقيم في المنحني العياري.

وبلغ حد التحديد الكمي (LOQ = 1.783 $\mu\text{g/ml}$).

_ الجزء العملي:

1_ استخلاص بيسفينول A من عينات المياه بطريقة الاستخلاص على الطور الصلب (SPE):

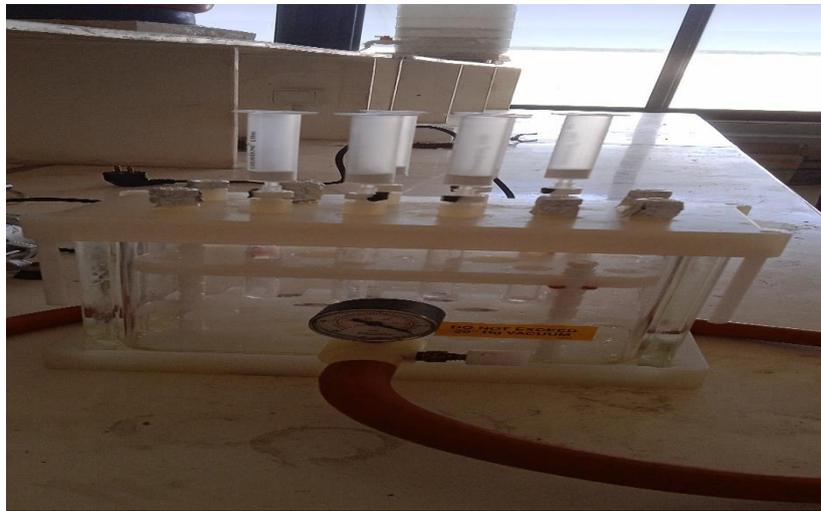
تم استخلاص وتركيز بيسفينول A من عينات المياه لكل عبوة باستخدام طريقة الاستخلاص على الطور الصلب SPE (solid phase extraction) باستخدام خرطوشة C₁₈، وتم الاستخلاص وفق الخطوات التالية [12]:

- 1_ الغسل أو الترطيب (condition) وذلك بإمرار 5 ml ميثانول من أجل تنشيط المادة الصلبة الجافة في الخرطوشة.
- 2_ التوازن (equilibration) إمرار 5 ml من الماء عالي النقاوة من أجل تهيئة العمود لحقن العينة.
- 3_ التحميل أو حقن العينة (load) تم تحميل 50 ml من عينة المياه المدروسة على خرطوشة الفصل وعلى دفعات.
- 4_ الغسل (wash) تم غسل العمود من أجل إزالة الملوثات وفصل المركبات القطبية المتداخلة، وذلك بإمرار 10 ml من المزيج (ميثانول:ماء 50:50 حجماً) .

بعد ذلك تجفيف الخرطوشة تحت الفراغ باستخدام المضخة لمدة 5 دقائق.

- 5_ مرحلة إمتلاص (Elute) بيسفينول A المدمص على سطح الخرطوشة بإمرار 6 ml من مذيب عضوي: أمونيا (ميثانول:أمونيا 2:98 V/V) واستقبلت المادة الممتلصة في أنبوب زجاجي نظيف وجاف موضوع أسفل خرطوشة C₁₈ على شكل قطرات. تم تطبيق هذه الطريقة على كافة العينات المدروسة.

تم إمرار تيار لطيف من غاز النتروجين عالي النقاوة (99.9%) ضمن الأنبوب لتجفيف العينة وتركيزها لتصبح جاهزة للتحليل في جهاز GC-MS.



شكل (2): استخلاص العينات المدروسة على جهاز الاستخلاص على الطور الصلب SPE.

2_ تحليل عينات المياه المدروسة بجهاز الكروماتوغرافيا الغازية-مطيافية الكتلة GC_MS:

أنجز التحليل من خلال حقن 1 µl من المستخلص في جهاز GC - MS من نوع CHROMATEC_9000 طراز GC-MS-QP2010 plus وباستخدام عمود شعري من النوع (Elite_5_MS) بأبعاد مقارها (30 m x 0.25 mm, 0.25 µm) وغاز حامل من الهيليوم نقاوته 99.9999% بمعدل تدفق 1 ml/min، المذيب المستخدم

كان الميثانول. ثم ضبطت درجة حرارة الحاقن عند $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ ودرجة حرارة مصدر التأين عند $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ، درجة حرارة رباعي الأقطاب $130 - 150\text{ }^{\circ}\text{C}$. تم التحليل باستخدام البرمجة الحرارية إذ بدأ من الدرجة $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ للفرن وتم المحافظة على هذه الدرجة لمدة دقيقتين (2 min) ، ثم تم رفعها إلى الدرجة $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ مع درجة حرارة الكاشف $310\text{ }^{\circ}\text{C}$. تمّت مقارنة أطياف الكتلة الناتجة لكل قمة مع أطياف الكتلة للمركبات الموجودة في مكتبة جهاز HP Mass sperliral library Nist Wiley للكشف عن البيسفينول A [13] .



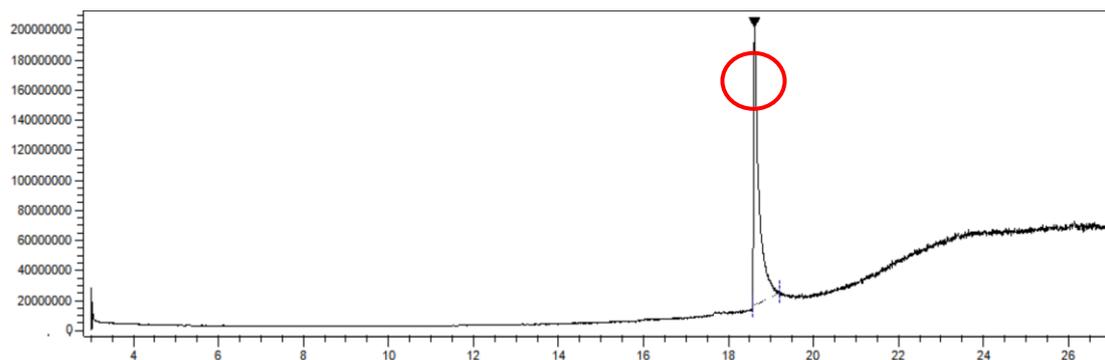
شكل (3) : جهاز الكروماتوغرافيا الغازية- مطيافية الكتلة GC-MS.

النتائج:

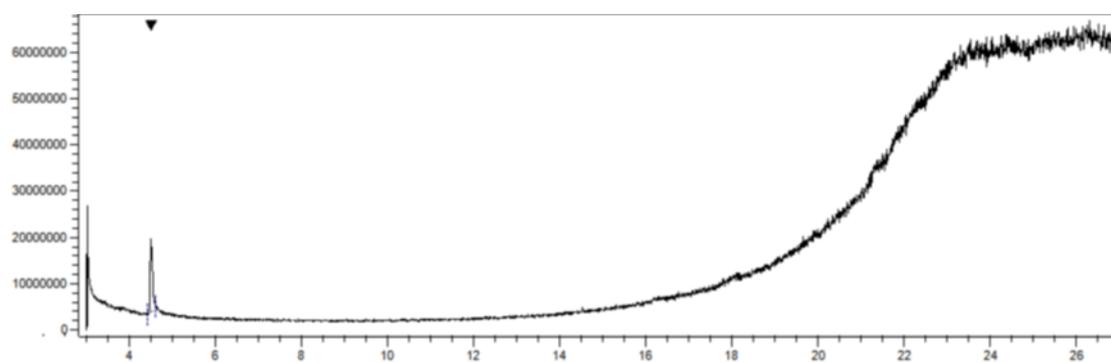
❖ نتائج تحليل العينات المخزنة تحت أشعة الشمس المباشرة :

يظهر الكروماتوغرام الموضح في الشكل (4) محلول عياري من بيسفينول A بتركيز (80 PPM). كما تبين الأشكال (5)، (6)، (7)، (8)، (9) الكروماتوغرامات لفصل بيسفينول A للعينات المخزنة لمدة 30، 60، 90، 120، 150 يوماً على التسلسل.

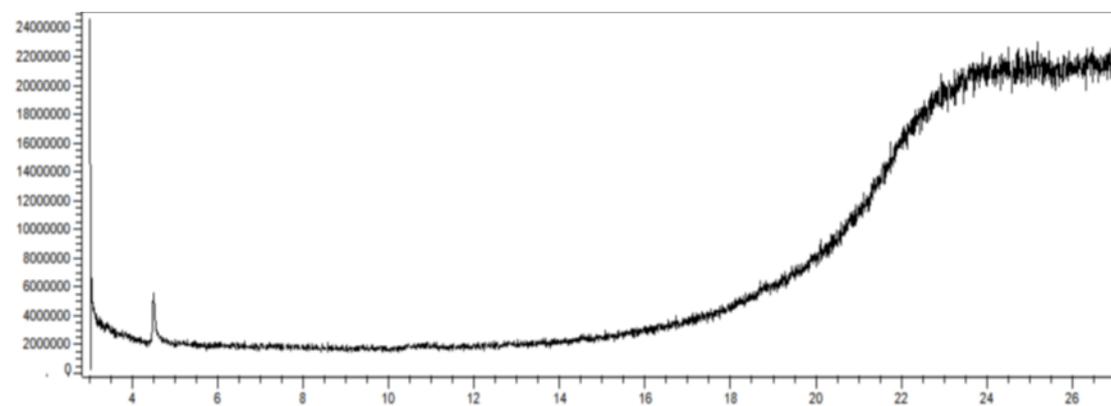
تبين الأشكال (5) و (6) و (7) أن تخزين عينات المياه تحت أشعة الشمس المباشرة في كل من شهر (أيار، حزيران، تموز) لم تؤد إلى هجرة البيسفينول A إلى محتوى العبوة بشكل ملموس، حيث لم يلاحظ وجود إشارة تحليلية عند زمن الحجز $T_R = 18.641\text{ min}$ ، وبالتالي كانت جميع العينات المدروسة تحت حد كشف الجهاز. حيث بلغ حد الكشف الكيفي ($0.512\text{ }\mu\text{g/ml}$)، بينما حد الكشف الكمي ($1.783\text{ }\mu\text{g/ml}$).



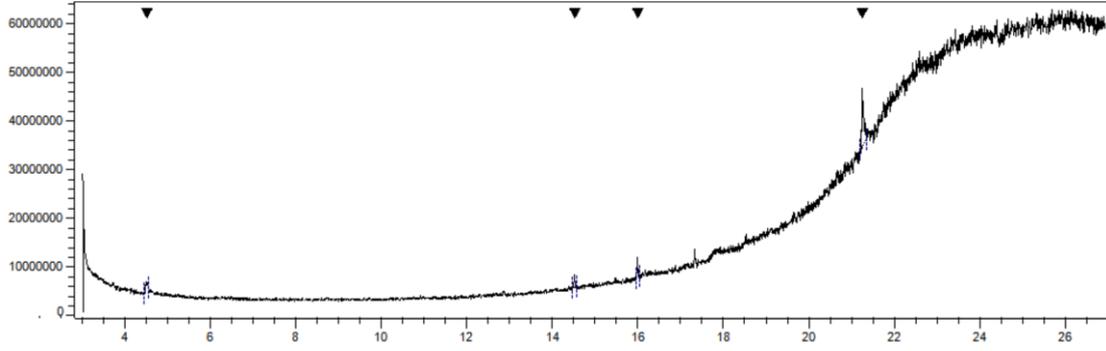
الشكل (4): كروماتوغرام GC-MS لمحللول عياري من البيسفينول A (80PPM)



الشكل(5): الكروماتوغرام الناتج عن حقن العينة المدروسة المخزنة لمدة 30 يوم عند الدرجة 35C°



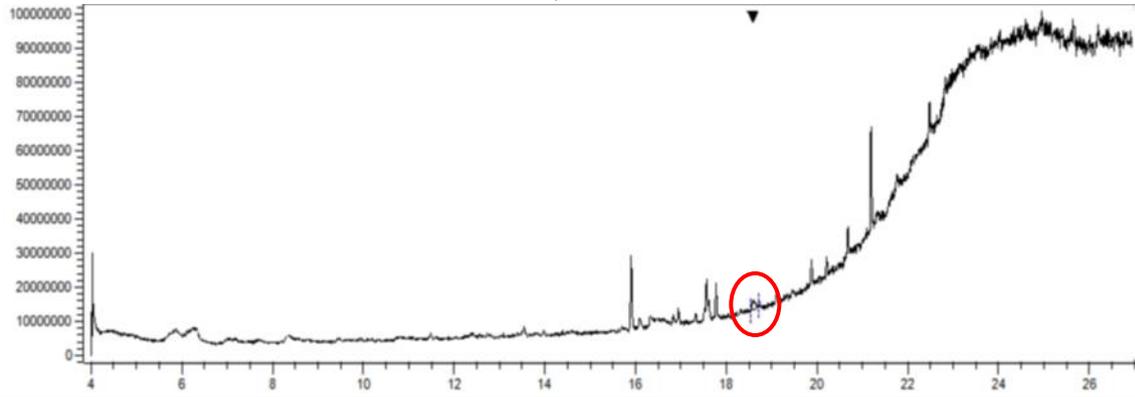
الشكل (6) : الكروماتوغرام الناتج عن حقن العينة المدروسة المخزنة لمدة 60 يوم عند الدرجة 42,2C°



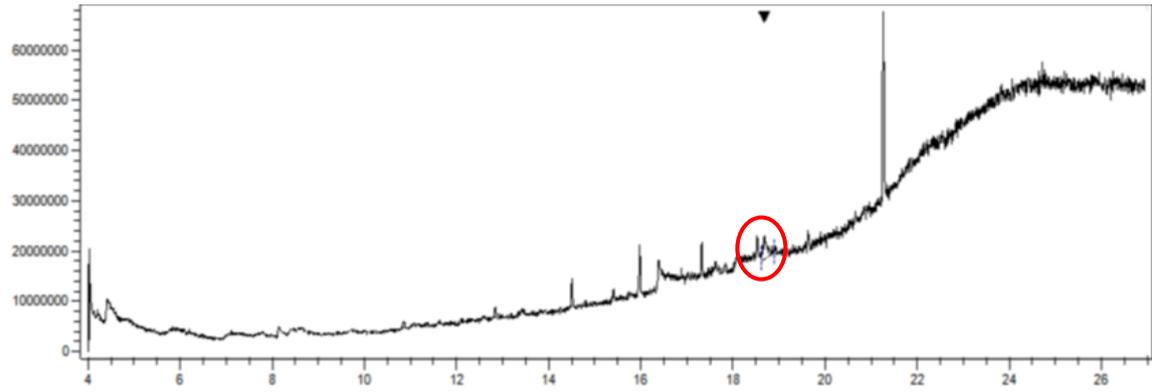
الشكل (7) : الكروماتوغرام الناتج عن حقن العينة المدروسة المخزنة لمدة 90 يوم عند الدرجة $43,1^{\circ}\text{C}$

بمقارنة الشكل (8) مع الشكل (4) تبين أن تخزين عينة المياه في شهر آب عند متوسط درجة حرارة $44,1^{\circ}\text{C}$ لمدة أربعة أشهر أدى إلى هجرة بيسفينول A إلى محتوى العبوة بشكل واضح، حيث تم ملاحظة ظهور قمة واضحة تعود لمركب BPA عند زمن الحجز $T_R = 18,673\text{min}$ ، وبلغ متوسط تركيز بيسفينول A ($3,11\ \mu\text{g/ml}$). ومن مقارنة الشكل (9) مع الشكل (3) تبين أن تخزين عينة المياه لمدة خمسة أشهر عند متوسط درجة حرارة $45,5^{\circ}\text{C}$ ظهر قمة واضحة تعود لمركب BPA عند زمن الاحتفاظ $T_R = 18,615\text{min}$ ، حيث بلغ تركيز بيسفينول A في عينة المياه المدروسة ($3,38\ \mu\text{g/ml}$).

بمقارنة نتائج التحليل نلاحظ زيادة تركيز بيسفينول A في العينات المدروسة مع ارتفاع درجة الحرارة التخزين ووقت التخزين، حيث تم الحصول على أعلى تركيز للبيسفينول A في شهر أيلول.



الشكل (8) : الكروماتوغرام الناتج عن حقن العينة المدروسة المخزنة لمدة 120 يوم عند الدرجة $44,1^{\circ}\text{C}$



الشكل (9) : الكروماتوغرام الناتج عن حقن العينة المدروسة المخزنة لمدة 150 يوم عند الدرجة 45,5C°

وهذا يتوافق مع بعض ما ذكرته بعض الدراسات المرجعية، كما في الدراسة التي قامت بها Zana M.Abdulazeez et [14] في تركيا 2024 حيث تمت دراسة تعريض عينات مياه الشرب المعبأة بأوعية (PET) لدرجات حرارة مختلفة باستخدام الكروماتوغرافيا السائلة عالية الكفاءة (HPLC_ FLD)، وتوصلت الدراسة إلى أن تخزين العينات عند الدرجة 25 C° في الأسبوع الأول والثاني كان محتوى بيسفينول A أقل من حد كشف الجهاز (> LOD) ، بينما عند درجات الحرارة 35C° و 40 C° لوحظ الحصول على هجرة أعلى للبيسفينول A الذي بلغ $(14.40-61.09) \mu\text{g/L}$. وفي دراسة أخرى قام بها [15] (fan et al 2014) تم تخزين عبوات مياه الشرب (PET) عند درجات حرارة مختلفة $C^\circ (4_25_70)$ لمدة 4 أسابيع، وجد أن تركيز بيسفينول A ازداد مع زيادة فترة التخزين ودرجة الحرارة، حيث تم الحصول على أعلى بيسفينول A عند درجة الحرارة 70 C° فقد بلغ $(2.89-38.9) \text{ ng/l}$.
 _أنجزت الحسابات الإحصائية للمعطيات التحليلية وهي موضحة في الجدول (1) ، ومن معادلة الخط البياني الناتج تم حساب تركيز للبيسفينول A في العينات المدروسة .

جدول (1) : المعطيات التحليلية والحسابات الإحصائية لها (n=3)

مدة التخزين (يوم)	الشهر	درجة حرارة التخزين	متوسط مساحة القمة (AU)	C̄ (ppm)	SD الانحراف المعياري	RSD% الانحراف المعياري المئوي	CL (P=0.95) مجال الثقة
30	آيار	35C°	-	-	-	-	-
60	حزيران	42.2C°	-	-	-	-	-
90	تموز	43.1C°	-	-	-	-	-
120	آب	44.1 C°	1154881.6	3.11	± 0.26	8.36	3.11±0.417
150	أيلول	45.5C°	1263162.3	3.38	0.24±	7.10	3.11± 0.385

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات:

استخدام طرائق الاستخلاص على الطور الصلب بهدف تركيز عينة بيسفينول A، واعتماد الكروماتوغرافية الغازية-مطيافية الكتلة لتحديد بيسفينول A كان فعالاً. تبين أن زيادة فترة التخزين وارتفاع درجة الحرارة أدت إلى زيادة هجرة بيسفينول A إلى محتوى العبوة، حيث وجد أعلى تركيز بيسفينول A في العينات التي خزنت لمدة 5 أشهر بمتوسط درجة حرارة (45.5 C°) بلغ (3.38 µg/ml). كما أن وجود بيسفينول A في عينات المياه المعبأة في أوعية من PET قد يعزى إلى عدة عوامل، مثل إطلاق مركب بيسفينول A من خلال استخدام عبوات بولي إيثيلين تيرفتالات المعاد تدويرها، أو قد يضاف كمثبت أو ملين في بعض الصناعات البلاستيكية. وهذا يتوافق مع ما ذكرته بعض الدراسات المرجعية.

تشير النتائج التي حصلنا عليها أيضاً بأن محتوى مادة بيسفينول A لها القدرة على الانتقال والنفوذ من العبوة البلاستيكية إلى الماء بشكل واضح، ويعزى ذلك إلى جودة وتركيب العبوة أو بسبب فترة التخزين ودرجة حرارة التخزين، حيث التناسب طردي ما بين زمن التخزين ودرجة الحرارة وكمية بيسفينول A المتحررة في المياه .

إن تراكيز البيسفينول A في عينات المياه المدروسة كانت أعلى من الحد اليومي المسموح به الذي اقترحه المفوضية الأوروبية للأغذية (EFSA) البالغ (0.6 mg/kg)، ولكن لا يزال إلى الآن يخضع لمراجعات وتقييمات العديد من المنظمات العالمية للتوصل إلى حد يومي يتوافق مع معايير الصحة العالمية. الأمر الذي يدل على خطورة مثل هذه النشاطات والتي تعرض المستهلكين لخطر الإصابة بأمراض مزمنة مع مرور الوقت.

كما ينصح عدم تخزين العبوات البلاستيكية عند درجة حرارة تخزين C° 44.1 ولمدة أربعة أشهر لأنها تؤدي إلى هجرة بيسفينول A متجاوزاً بذلك الحد المسموح به الذي اقترحه المفوضية الأوروبية للأغذية، والاكتفاء بالاحتفاظ بها عند درجات منخفضة لمدة لا تتجاوز 5 أشهر.

References

- [1] Bi, X., Xie, M., Zhang, C., Lin, J.-M., Zhao, R. *Composite SPE Paper Membrane Based on the Functional Superstructure of Metal-Organic Frameworks and Ionic Liquids for Detection of Tetracycline-like Antibiotics*. ACS applied materials & interfaces., 9(4), 245-34). (2021)
- [2] MAHESH, J., HASINI, P. *Migration of phthalates from PET water bottle in events of repeated uses and associated risk assessment Environmental Science and Pollution Research* 9(4), 243-24(2020).
- [3] AMIRIDOU, D., VOUTSA, D. *Alkylphenols and phthalates in bottled waters. Journal of Hazardous Materials*, , 185(1), 281-286. (2011)
- [4] CHAILURKIT, L., SRIJARUSKUL, K., ONGPHIPHADHANAKUL, B. *Bisphenol a in canned carbonated drinks and plastic-bottled water from supermarkets. Exposure and Health*, 9(4), 243-24 plastic-bottled water from supermarkets. *Exposure and Health*, 9(4), 243-248. (2016).
- [5] XIAO, C., WANG, L., ZHOU, Q., HUANG, X. *Hazards of bisphenol a (BPA) exposure: A systematic review of plant toxicology studies. Journal of Hazardous Materials*, 384, 121488, (2020)

- [6] LI X, YING GG, SU HC, YANG XB, WANG, L. *Simultaneous determination and assessment of 4-nonylphenol, bisphenol A and triclosan in tap water, bottled water and baby bottles*. 254,1234123. (2010)
- [7]- ELHAM, K., MARYAM, B. *Migration of Bisphenol A and several phthalate acid contaminants into bottled drinking water: influence of storage conditions and their health risks*. 965,432. (2023)
- [8] Baz, L., ALHARBI, A., AL-ZAHRANI, M., ALKHABBAZ, S., ALSOUSOU, R., and ALJAWADRIL, H.. *The effect of different storage conditions on the levels of bisphenol a in bottled drinking water in Jeddah city, Saudi Arabia*. *Advances in Public Health*, 1-6. , 2023
- [9] BANADERAKHSHAN, R.; KEMP, P .; BRUEL , L.; STEINBICHL, P.; HARTMANN , C.; and FURHACKER , M. *Bisphenol A and its alternatives in Austrian thermal paper receipts, and the migration from reusable plastic drinking bottles into water and artificial saliva using UHPLC-MS/MS* . *Chemosphere* 286, 131842. (2022)
- [10] ELOBEID, M., ALMARHOON, Z., VIRK, P., HASSAN, Z., OMER, S., EIAMIN, M., DAGHESTANI, M., and AIOlayan, E. *Bisphenol a detection in various brands of drinking bottled water in Riyadh, Saudi Arabia using gas chromatography/Mass spectrometer*. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 11. (2012).
- [11] HAO, P. *Determination of bisphenol a in barreled drinking water by a SPE–LC–MS method*. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 55(6), 697-703. (2020).
- [12] BADAWY, M .E., EI-NOUBY, M. A., KIMANI, P.K., LIM, L. W., and RABEA, E . *A review of the modern principles and applications of solid- phase extraction techniques in chromatographic analysis*. *Analytical Sciences*, ,38(12). .(2022)
- [13] MOID AIAMMARI, A., RIZWAN, KHAN, M., and AQEL, A. *Trace identification of endocrine-disrupting bisphenol a in drinking water by solid-phase extraction and ultra-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry*. *Journal of King Saud University - Science*, 32(2), 1634-1640. (2020)
- [14] ZANA, M .ABDULAZEEZ , FEHMI, Y. , ABDURRAHAMAN, Aksoy *Influence of UV light, ultrasound, and heat treatment on the migration of bisphenol A from polyethylene terephthalate bottled into food stimulant.*,198,112-110. (2024)
- [15] FAN, Y., ZHENG, J., REN, J., LUO, J., CUI, X., and Ma, L. Q. *Effects of storage temperature and duration on release of antimony and bisphenol a from polyethylene terephthalate drinking water bottles of China*. *Environmental Pollution*, 192, 113-120. . (2014)
- [16] SANTHI, V., SAKAI, N., AHMAD, E., MUSTAFA, A. *Occurrence of bisphenol a in surface water, drinking water and plasma from Malaysia with exposure assessment from consumption of drinking water*. *Science of The Total Environment*, 427-428, 332-338. (2012)
- [17] WEN M . Y., YU B. HO. *Release of Bisphenol A From Polycarbonate and Polyethylene Terephthalate Drinking Water Bottles Under Different Storage Conditions and Its Associated Health Risk.*,112,654-123. (2018)
- [18] EUROPEAN COMMISSION. *The safety of the use of bisphenol A in medical devices*. Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks. Adopted 18.FEB.112,543-32. (2015)