



# التلوث الكيميائي واسع الانتشار للكريات البلاستيكية المعاد تدويرها على المستوى العالمي

المؤلفون الرئيسيون:

سارا بروشيه، دكتوراه

جيتكاستراكوفا، ماجستير

لي بيل، ماجستير

تيريز كارلسون، دكتوراه

كانون الأول/ديسمبر 2021



من أجل مستقبل خالٍ من المواد السامة

# التلوث الكيميائي واسع الانتشار للكريات البلاستيكية المعاد تدويرها على المستوى العالمي

المؤلفون

سارا بروشيه، دكتوراه<sup>1</sup>، جيتكا ستراكوفا، ماجستير<sup>2</sup>، لي بيل، ماجستير<sup>1</sup>، تيريز كارلسون، دكتوراه<sup>1</sup>

1 الشبكة الدولية للقضاء على الملوثات (IPEN)، السويد؛ Arnika 2

كانون الأول/ديسمبر 2021

الشبكة الدولية للقضاء على الملوثات (IPEN) هي شبكة تضم أكثر من ستمائة منظمة غير حكومية وتعمل في أكثر من مائة وعشرين بلداً بهدف الحد من الأضرار على صحة الإنسان والبيئة الناجمة عن المواد الكيميائية السامة والقضاء عليها. تسعى حملة الشبكة الدولية للقضاء على الملوثات بشأن المواد الكيميائية في المواد البلاستيكية إلى القضاء على الأضرار الناجمة عن المواد الكيميائية الموجودة في المواد البلاستيكية وذلك جراء إنتاج المواد البلاستيكية أو استخدامها أو إعادة تدويرها أو التخلص منها.



من أجل مستقبل خالٍ من المواد السامة

[www.ipen.org](http://www.ipen.org)

© 2021. الشبكة الدولية للقضاء على الملوثات (IPEN). كافة الحقوق محفوظة

فريق الإنتاج في الشبكة الدولية للقضاء على الملوثات: بيجورن بيلر، بيتي واهلوندا، تيم ورنر

يمكن الإشارة لهذا المنشور كما يلي:

Brosché, S., Strakova, J., Bell, L. and Karlsson, T. *Widespread chemical contamination of recycled plastic pellets globally*. International Pollutants Elimination Network (IPEN). ISBN: 978-1-955400-13-8

تود الشبكة الدولية للقضاء على الملوثات الإقرار بأنه جرى إنتاج هذه الوثيقة بمساهمات مالية من الحكومة السويدية، وصندوق الحلول البلاستيكية وهو أحد مشاريع مستشاري جمعية إحسان روكفيلر، وغيرهما من المانحين. لا ينبغي أن تؤخذ وجهات النظر الواردة هنا على أنها تعكس الرأي الرسمي لأي من هؤلاء المانحين.

الغلاف الأمامي: (الأعلى) كريات بلاستيكية معاد تدويرها. الصورة: PANeM، موريشيوس؛ (الأسفل) تغذية البلاستيك المقطع ضمن آلة الكريات. الصورة: CEJ، سيريلانكا



الصورة: ESDO، بنغلاديش

## المساهمون

تود الشبكة الدولية للقضاء على الملوثات أن تتقدم بالشكر للمنظمات المشاركة التالية لدورها الأساسي في هذه الدراسة:

- العمل من أجل البيئة والتنمية (AED) جمهورية الكونغو
- أجنحة للبيئة والتنمية المسؤولة (AGENDA for Environment and Responsible Development (AGENDA))، تنزانيا
- آرنیکا (Arnika)، جمهورية التشيك
- جمعية الدفاع عن البيئة والمستهلكين (Association pour la Défense de l'Environnement et des Consommateurs (ADEC))، السنغال
- مركز العمل من أجل الأرض (Centre For Earth Works (CFEW))، نيجيريا
- مركز العدالة البيئية (Centre for Environmental Justice (CEJ))، سريلانكا
- مركز الصحة العامة والتنمية البيئية (Center for Public Health and Environmental Development (CEPHED))، النيبال
- مركز صفر نفايات والتنمية (Centre for Zero Waste & Development)، زامبيا
- مجموعة المواطن المستهلك والعمل المدني (Citizen consumer and civic Action Group (CAG))، الهند
- جمعية المستهلكين في بينانغ (Consumers Association of Penang (CAP))، ماليزيا
- التعاون من أجل التنمية المستدامة (Cooperation for Sustainable Development)، كازخستان
- اليقظة البيئية والمعالجة في تايلاند (Ecological Alert and Recovery Thailand (EARTH))، تايلاند
- السفراء البيئيون للتنمية المستدامة (Environmental Ambassadors for Sustainable Development)، صربيا
- منظمة البيئة والتنمية الاجتماعية (Environment and Social Development Organization (ESDO))، بنغلاديش
- الحدود المشتركة (Fronteras Comunes)، المكسيك
- المبادرة العالمية من أجل البيئة والمصالحة (Global Initiative for Environment and Reconciliation (GER))، راوندا
- الربط بين تدخلات التنمية من أجل الاستدامة (Interfacing Development Interventions For Sustainability (IDIS))، الفلبين
- منظمة كنانة غير الحكومية للتنمية المستدامة (Kenana NGO for Sustainable Development)، مصر
- شبكة عمل مبيدات الآفات (Pesticide Action Network (PANeM))، موريشيوس
- مركز أبحاث النوع الاجتماعي والعائلة والبيئية في التنمية (Research Centre for Gender, Family and Environment in Development (CGFED))، فيتنام
- Rozbudovo، أوكرانيا
- ورشة عمل البيئة (Taller Ecologista)، الأرجنتين
- الأرض والتنمية (Terre et Développement)، الكاميرون
- رابط السموم (Toxics Link)، الهند
- جمعية بري في القلب للدفاع القانوني (Wild at Heart Legal Defense Association)، تاوان

الرسائل الأساسية.....	5
معلومات أساسية.....	6
المنهج.....	11
النتائج.....	13
نقاش.....	18
الاستنتاجات والتوصيات.....	22

## الملخص

إعفاءات خاصة بإعادة التدوير. يخضع ثنائي الفينول (أ) إلى التنظيم بشكل متزايد في العديد من البلدان بسبب تأثيراته الصحية على الأطفال، ومع ذلك تم اكتشافه في اثنتين وعشرين من العينات.

احتوت كافة عينات الكريات على مثبت الأشعة فوق البنفسجية UV-326. لا تزال الأدلة تظهر، ولكن هناك مؤشرات بأنه يمكن أن يؤثر على التعبير الجيني المرتبط بالالتهابات والاستجابات المناعية. يصنف الاتحاد الأوروبي مثبت الأشعة فوق البنفسجية UV-327 على أنه مادة تثير القلق الشديد وقد تم اكتشافه في تسعة عشر عينة. يسלט وجود عدد كبير من المواد الكيميائية السامة في العديد من العينات الضوء على الحاجة إلى النظر في إمكانية التأثيرات المركبة.

تعتبر زيادة معدلات إعادة التدوير حلاً مقترحاً للأزمة الصحية والبيئية الحالية الناجمة عن الإفراط الكبير في إنتاج المواد البلاستيكية. ولكن معظم المواد البلاستيكية تقريباً تحتوي على مواد كيميائية لا تتم إزالتها أثناء إعادة التدوير، بل يتم نقلها إلى المنتجات الجديدة. كما يمكن لعملية إعادة التدوير أن تولد مواد كيميائية سامة جديدة مثل الديوكسينات. يتمثل الهدف من زيادة إعادة التدوير في المساهمة بما يسمى «الاقتصاد الدائري»، ولكن لا ينبغي إعادة تدوير المواد البلاستيكية التي تحتوي على مواد كيميائية، بل يجب اعتبارها على أنها مواد غير دائرية.

تهدف هذه الدراسة إلى زيادة المعلومات المتاحة بشأن المواد الكيميائية السامة التي تنتقل من النفايات البلاستيكية إلى الكريات البلاستيكية المعاد تدويرها على المستوى العالمي. وبناء عليه، تم شراء كريات مصنوعة من بولي إيثيلين عالي الكثافة معاد تدويرها، ومخصص ليجري استخدامها في منتجات جديدة، من أربع وعشرين منشأة إعادة تدوير في ثلاثة وعشرين بلداً. تم تحليل الكريات بحثاً عن ثمانية عشر مادة تمثل ثلاثة أنواع من المواد الكيميائية السامة: أحد عشر مثبت لهب مبروم وستة مثبتات أشعة فوق بنفسجية بنزوتريازول وثنائي الفينول (أ).

لم تكن هناك أي عينة خالية من جميع المواد الكيميائية المستهدفة، بينما احتوت إحدى عشرة عينة على الأنواع الثلاثة من المواد الكيميائية. واحتوت أكثر من نصف العينات على إحدى عشرة مادة كيميائية أو أكثر، بينما احتوت سبع عشرة عينة على خمس أو أكثر من المواد الكيميائية المسببة لاضطرابات الغدد الصماء.

عُثر على مثبطات اللهب المبرومة في اثنتين وعشرين من العينات، حيث كان الإيثر عشاري البروم ثنائي الفينيل (DecaBDE) الأكثر اكتشافاً، وذلك على الرغم من إدراجه في اتفاقية ستوكهولم ليتم القضاء عليه عالمياً بحلول عام 2017 دون أي

## الرسائل الأساسية

- لم تكن أي العينات خالية من التلوث الكيميائي
- احتوى أكثر من نصف العينات على إحدى عشرة مادة من أصل ثمانية عشر مادة مستهدفة
- احتوت سبعة عشر عينة على خمس مواد أو أكثر من المواد الكيميائية المسببة لاضطرابات الغدد الصماء
- لا ينبغي إعادة تدوير المواد البلاستيكية التي تحتوي على مواد كيميائية سامة، بل يجب اعتبارها غير دائرية
- يجب على المصنّعين أن يقوموا بالتخلص التدريجي من استخدام المواد الكيميائية السامة في المواد البلاستيكية، والتأكد من الكشف عن أي محتوى سام للمستخدمين والمستهلكين والقائمين على إعادة التدوير والمتعاملين بالنفايات في المراحل اللاحقة
- يجب أن تحظر الحكومات استخدام مجموعات من المواد الكيميائية السامة مثل مثبتات اللهب المبرومة وثنائي الفينول ومثبتات الأشعة فوق البنفسجية بنزوتريازول
- يجب منع تصدير المواد البلاستيكية والنفايات البلاستيكية التي تحتوي على مواد كيميائية سامة، وخصوصاً النفايات الإلكترونية

# معلومات أساسية

## مشكلة المواد الكيميائية السامة في المواد البلاستيكية

يؤدي الإنتاج المفرط على مستوى كبير للمواد البلاستيكية إلى توليد كميات كبيرة من النفايات البلاستيكية التي غالباً ما يتم إحراقها أو رميها في مكبات النفايات مما من شأنه أن يلوث البيئة. كثيراً ما تحتوي المواد البلاستيكية على مواد كيميائية سامة عديدة تتم إضافتها من أجل تؤدي المواد البلاستيكية وظيفة محددة مثل المرونة أو اللون أو المتانة (Hahladakis *et al.*, 2018). ويعني ذلك أنه بالإضافة إلى التأثيرات المرئية للتلوث البلاستيكي، فإن التلوث الكيميائي الناجم عن طريقة إدارة النفايات البلاستيكية في الوقت الحالي يمكن أن يضر بصحة الإنسان ويسبب تلوثاً بيئياً واسع الانتشار (Takada, 2021).

يتمثل الهدف المقترح للأزمة البلاستيكية الراهنة، والذي يكتسب زخماً متصاعداً مع الحكومات والقطاعات الصناعية وغيرها من أصحاب المصلحة، في مفهوم الاقتصاد الدائري. ويعتمد ذلك على النية في الانتقال من نظام خطي غير مستدام حيث يتم استخدام المواد والتخلص منها إلى نظام دوري أكثر استدامة حيث يتم إنتاج المواد واستخدامها وإعادة استخدامها وإعادة تدويرها بطريقة تحد من استخراج الموارد الطبيعية واستخدام الطاقة والتلوث.

ولكن الانتقال من هذه النموذج النظري إلى التطبيق العملي فيما يخص المواد البلاستيكية يرافقه العديد من العوائق. يتمثل أحد التحديات الأساسية في المواد الكيميائية السامة المضافة إلى المواد البلاستيكية (SCP/RAC, 2020). حيث ينبغي اعتبار المواد البلاستيكية التي تحتوي على مواد كيميائية سامة على أنها غير دائرية ومن ثم يجري التخلص منها بما أن إعادة التدوير لا تزيل أي مواد كيميائية، بل يمكن أن تزيد من عدد المواد الكيميائية السامة عن طريق خلط أنواع مختلفة من المواد البلاستيكية (Lowe *et al.*, 2011)، ويمكن كذلك أن تولد ملوثات سامة جديدة مثل الديوكسينات (Budín *et al.*, 2020).

يسعى هذا التقرير إلى تسليط الضوء على المخاوف المرتبطة بإعادة التدوير السامة هذه وتوفير بيانات جديدة بشأن المواد الكيميائية السامة التي يتم نقلها من عملية إعادة التدوير إلى منتجات جديدة من خلال قياسها في الكريات البلاستيكية المعاد تدويرها والتي يتم بيعها حول العالم.

## المنتجات البلاستيكية المعاد تدويرها يمكن أن تحتوي على مواد كيميائية مختلفة

تعد المعلومات المتاحة للجمهور بشأن مدى مشكلة المواد الكيميائية السامة في المواد البلاستيكية المعاد تدويرها محدودة للغاية. كما يعد الوعي بهذه المواد الكيميائية وتأثيراتها الصحية منخفضاً جداً بشكل عام. ولكن أظهرت الدراسات بأن آلاف الإضافات قد تمت الإشارة إليها لإمكانية استخدامها في المنتجات البلاستيكية، وتمتلك العديد منها خصائص خطيرة (Wiesinger *et al.*, 2021).

تفتح أسواق جديدة للمواد البلاستيكية المعاد تدويرها في العديد من البلدان في هذه الآونة، مما يخلق فرص جديدة لشركات إعادة التدوير التجارية الصغيرة والكبيرة الحجم. حتى أن هناك وحدات صغيرة لإعادة التدوير تُباع للاستخدام المنزلي.<sup>1</sup> ولكن ليس هناك شفافية حالياً فيما يخص المواد الكيميائية التي تجري إضافتها إلى المواد البلاستيكية، وليس لدى المستهلكين والمستخدمين في المراحل اللاحقة والقائمين على إعادة التدوير أي فرصة حقيقية لمعرفة ذلك. وبالتالي، فإن منشآت إعادة التدوير تمتلك مقدرات محدودة للغاية كي تقوم باستبعاد تلك المواد البلاستيكية التي تحتوي على مواد كيميائية سامة.

وبما أن تجارة المنتجات والمكونات البلاستيكية شأن عالمي، فإن ذلك يعني أنه من الصعب تتبع المواد الكيميائية في المواد البلاستيكية، خاصة في البلدان ذات الدخل المنخفض والمتوسط والتي تمتلك قدرات منخفضة بالفعل فيما يخص المراقبة والتطبيق. وما يفاقم المشكلة هو الأحجام الضخمة من النفايات البلاستيكية التي يتم شحنها من البلدان ذات الدخل المرتفع، بما في ذلك النفايات الإلكترونية التي تحتوي على نسبة عالية من المواد الكيميائية السامة مثل مثبطات اللهب والمعادن السامة.

للبدء في معالجة هذه القضية، أطلق الاتحاد الأوروبي حديثاً قاعدة بيانات متاحة للجمهور<sup>2</sup> تحتوي على معلومات عن المواد الكيميائية المصنفة كمواد كيميائية تثير القلق الشديد<sup>3</sup> ضمن المنتجات. ويهدف هذا إلى مساعدة المستهلكين في اتخاذ قرارات شراء مستنيرة وتزويد القائمين على النفايات بمعلومات تساعدهم في اتخاذ

1 انظر على سبيل المثال:

<https://www.fastcompany.com/40486883/these-diy-machines-let-anyone-recycle-plastic-into-new-products>

2 <https://echa.europa.eu/sv/scip>

3 <https://echa.europa.eu/candidate-list-table>



الصورة: ESDO، بنغلاديش



الصورة: ESDO، بنغلاديش

في بلاستيك أكريلونتريل بوتادين (ABS)، واسفنج بولي يوريثين (PU)، وبلاستيك البوليسترين (PS).

هناك عدة أنواع مختلفة من مثبطات اللهب المُبرومة، بما في ذلك الإيثرات متعددة البروم ثنائية الفينيل (PBDEs) والدوديكان الحلقي سداسي البروم (HBCD) ورباعي البروم ثنائي الفينول (أ) (TBBPA)، حيث يمتلك كل واحد منها مجموعة من الخصائص السمية. من المعروف أن الإيثرات متعددة البروم ثنائية الفينيل والدوديكان الحلقي سداسي البروم يسببان اضطرابات وظائف الغدد الصماء والمناعة والتناسل لدى الإنسان. وتؤثر سلباً على نمو الجهاز العصبي ويمكن أن تؤثر سلباً على معدل الذكاء عند الأطفال (Vuong *et al.*, 2020, Lyche *et al.*, 2015). وقد تم إدراج كافة الإيثرات متعددة البروم ثنائية الفينيل والدوديكان الحلقي سداسي البروم ضمن معاهدة ستوكهولم ليمت القضاء عليها على المستوى العالمي.<sup>5</sup> أما رباعي البروم ثنائي الفينول (أ)، وهو عبارة عن مادة كيميائية من المعروف أنها تسبب اضطرابات في الغدد الصماء، فهو عبارة عن مثبط اللهب المُبروم الأضخم إنتاجاً في الوقت الراهن (Kodavanti *et al.*, 2014). هناك مثبطات لهب مُبرومة حديثة مثل BTBPE<sup>6</sup> وكذلك OBIND<sup>7</sup> حيث يجري استخدامها بشكل متزايد كبديل عن المواد الكيميائية المدرجة في معاهدة ستوكهولم.

هناك الكثير من الأدلة القائمة على الرصد الحيوي بشأن تعرض الجمهور العام، وكذلك الأطفال، إلى مثبطات اللهب المُبرومة جزاء استخدامها في الأجهزة الإلكترونية وغيرها من المواد. ويتضمن ذلك التعرض للهواء داخل الغرف أو

قرارات بشأن ملاءمة المنتجات لإعادة الاستخدام وإعادة التدوير. في حين تستهدف هذه الأداة بشكل أساسي السوق الداخلية في الاتحاد الأوروبي، فإن هناك إمكانية لاستخدامها كذلك من أجل منع تصدير المنتجات والنفايات المدرجة إلى البلدان ذات الدخل المنخفض والمتوسط.

### الإضافات الكيميائية السامة في المواد البلاستيكية

تتضمن المواد الكيميائية التي تضاف عادة إلى المواد البلاستيكية المواد الكيميائية المسببة لاضطرابات الغدد الصماء مثل ثنائي الفينول والفتلات ومثبطات الأشعة فوق البنفسجية بنزوتريازول والمعادن الثقيلة ومثبطات اللهب المُبرومة. وتتضمن التأثيرات الصحية التي يمكن أن تسببها تلك المواد الكيميائية: السرطانات، وداء السكري، وأضرار الكلية والكبد والغدة الدرقية، واضطرابات في الاستقلاب، وأضرار عصبية، والالتهابات، وحدوث تغيرات في النمو التناسلي لكل من الذكور والإناث، والعقم، وأضرار على الأجيال المستقبلية (Flaws *et al.*, 2020).

كما تمتلك العديد من تلك المواد الكيميائية خصائص سامة أخرى يمكن أن تؤدي إلى تأثيرات صحية عقب التعرض لها كما هو موصوف أدناه.

مثبطات اللهب المُبرومة وهي مواد كيميائية تُضاف إلى المنتجات لمنعها من الاشتعال. بدأت هذه الممارسة في سبعينات القرن المنصرم كاستجابة للحرائق التي بدأت جزاء السجائر المشتعلة، وركزت بشكل ملحوظ على إضافة مواد كيميائية إلى الأثاث المنجد عوضاً عن فرض شروط سلامة للسجائر.<sup>4</sup> يجري استخدامها عادة

<http://chm.pops.int/TheConvention/ThePOPs/AllPOPs/tabid/2509/Default.aspx> 5  
1,2-Bis(2,4,6-tribromophenoxy) ethane 6  
Octabromo-1,3,3-trimethylphenyl-1-indan 7

<https://www.chicagotribune.com/lifestyles/health/ct-met-flames-tobacco-20120508-story.html> 4

والبول البشري (Asimakopoulos *et al.*, 2013)، والأنسجة الدهنية (Wang *et al.*, 2015). هناك عدة أنواع مختلفة من مثبتات الأشعة فوق البنفسجية بنزوتريازول قيد الاستخدام في الوقت الراهن، ولكن المعلومات المنشورة حول تأثيراتها الصحية والبيئية نادرة. ولكن تبين أن عدة مثبتات أشعة فوق بنفسجية بنزوتريازول قادرة على التسبب بأضرار صحية مثل اضطرابات الغدد الصماء (Sakuragi *et al.*, 2021; Liang *et al.*, 2017).



## الهدف والمقاربة

الهدف من هذه الدراسة:

- زيادة كمية البيانات المتوفرة بشأن المواد الكيميائية السامة التي تنتقل من النفايات البلاستيكية إلى الكريات البلاستيكية المعاد تدويرها على المستوى العالمي
- استخدام هذه البيانات لرفع سوية الوعي حيال مشكلة المواد البلاستيكية غير الدائرية التي تدخل إلى النظام
- تسليط الضوء على الحاجة إلى الشفافية والحق في المعرفة على المستوى الدولي فيما يخص المواد الكيميائية الموجودة في المنتجات المصنوعة من مواد بلاستيكية بكر أو مواد بلاستيكية معاد تدويرها
- بناء عليه، تم شراء كريات بلاستيكية معاد تدويرها من أربعة وعشرين بلداً من أقاليم مختلفة في العالم ليجري تحليلها وتقييم فيما إذا كانت تحتوي على مثبتات اللهب المبرومة وثنائي الفينول (أ) ومثبتات الأشعة فوق البنفسجية. يشير وجود هذه المواد الكيميائية إلى مصادر محددة من المواد البلاستيكية المستخدمة لإنتاج الكريات البلاستيكية المعاد تدويرها كما إنها مرتبطة بتأثيرات على صحة الإنسان.

تم اختيار البولي إيثيلين عالي الكثافة (HDPE) كمادة مستهدفة بما أنها أحد أكثر أنواع البلاستيك استخداماً وإعادة للتدوير في يومنا هذا. حيث يمكن أن يُستخدم لمنتجات مشابهة كبولي إيثيلين عالي الكثافة بكر، وتتضمن المنتجات التي يذكرها

التعرض من خلال الغذاء، وتعرض الجنين من خلال المشيمة، وتعرض الرضع من خلال حليب الإرضاع، وتعرض الأطفال من خلال غبار المنزل والألعاب (Fromme *et al.*, 2016; Sugeng *et al.*, 2017).

ثنائي الفينول (أ) (BPA) وهو المادة الكيميائية الأكثر استخداماً في مجموعة ثنائي الفينول. حيث يُستخدم في مجموعة واسعة من المنتجات مثل طلاء الإيبوكسي والغراء وبطانات علب الطعام وإيصالات الورق الحراري. كما يُستخدم كلبنة أساسية في المواد البلاستيكية متعددة الكربونات، وهي عبارة عن مادة بلاستيكية شفافة وقاسية وهشة وتُستخدم في أشياء مثل زجاجات الأطفال والزجاجات الرياضية وعلب الطعام.

يعد ثنائي الفينول (أ) أحد أكثر المواد الكيميائية المسببة لاضطرابات الغدد الصماء دراسة كما جرى التعرف على خصائصه المشابهة للأستروجين في ثلاثينات القرن المنصرم. ومنذ ذلك الحين، قدمت عدة مئات من الدراسات على الحيوانات مع أكثر من مائة دراسة وبائية بشرية أدلة على العديد من التأثيرات الصحية الناجمة عن التعرض إلى ثنائي الفينول (أ)، مثل اضطرابات الوظائف الإنجابية والاستقلاب والاستجابات المناعية والخصائص العصبية والسلوك العصبي (Vandenberg *et al.*, 2013; Vom Saal *et al.*, 2021).

كما ثبت أن ثنائي الفينول (أ) يؤثر على نمو دماغ الجنين، مما أدى إلى وضع ضوابط تنظيمية خاصة باستخدام ثنائي الفينول (أ) في زجاجات الأطفال وغيرها من الأغذية وعلب الطعام والشراب المخصصة للأطفال وذلك في عدد متزايد من البلدان. وفي الاتحاد الأوروبي، تم إدراج ثنائي الفينول (أ) على أنه مادة تثير القلق الشديد (SVHC) وجرى تصنيفه على أنه مادة سامة بالنسبة للجلد ويسبب حساسية الجلد واضطرابات في الغدد الصماء. حيث يعد تصنيفه كمادة تثير القلق الشديد الخطوة الأولى نحو وضع مزيد من الضوابط لمادة كيميائية خطيرة مما يشير إلى ضرورة البدء بالتخلص التدريجي منه. كما يشترط على مصنعي ومستوردي المنتجات التي يزيد تركيز المادة الكيميائية فيها عن 0.1% بأن يقوموا بتزويد المستخدمين (عند الطلب) بمعلومات وافية بشأن الاستخدام الآمن للمنتج والتخلص منه.

تم اكتشاف ثنائي الفينول (أ) في البول والدم واللعب وأنسجة المشيمة والأنسجة الدهنية وحليب الإرضاع لدى الإنسان في العديد من البلدان حول العالم (Vandenberg *et al.*, 2010). حيث تُظهر التقارير تعرضاً واسع الانتشار في كافة الفئات العمرية، ولكن يمتلك الأطفال بشكل عام مستويات بولية أعلى من ثنائي الفينول (أ) مقارنة مع البالغين (Lehmler *et al.*, 2018). وتشير دراسات الرصد البيولوجي الدولية إلى أن أكثر من تسعين بالمائة من الأطفال في الولايات المتحدة وأوروبا وآسيا وأستراليا يتعرضون لثنائي الفينول (أ). وفي حين يصعب تحديد مصادر التعرض بالنسبة للبالغين كونهم يتعاملون مع مجموعة متنوعة من المنتجات التي قد تحتوي على ثنائي الفينول (أ)، فقد تم ربط التعرض لدى الأطفال مع استخدام منتجات مثل زجاجات التغذية والألعاب المصنوعة من المواد البلاستيكية متعددة الكربونات (Healy *et al.*, 2015).

مثبتات الأشعة فوق البنفسجية بنزوتريازول (BUVs) وهي مواد واسعة الاستخدام تتم إضافتها إلى المواد البلاستيكية لمنع تراجع جودتها جراء التعرض لأشعة الشمس. حيث يمكن أن تهاجر من المواد البلاستيكية مثل تلك التي تُستخدم كمواد ملامسة للأغذية وقد عُثر عليها في حليب الإرضاع لدى البشر (Kim *et al.*, 2019).

المنتجون وبائعو التجزئة بخصوص البولي إيثيلين عالي الكثافة وعلى سبيل المثال: الأنابيب البلاستيكية، والخشب البلاستيكي في ملاعب الأطفال، وطاولات المنتزهات، وفناءات المنزل الخارجية، والزجاجات غير المخصصة للأغذية مثل علب مسحوق الغسيل ومنتجات التنظيف وبلسم الشعر والشامبو، وألعاب الأطفال.<sup>9</sup>

أمثلة من <https://www.letsrecycleit.eu/hdpe-recycling/> <https://www.plasticexpert.co.uk/plastic-recy-https://www.aapolymer.com/hdpe-recycling/> تم الوصول إلى هذه المواقع في 12 تشرين الثاني/نوفمبر من عام 2021.



إعادة التدوير الميكانيكية للمواد البلاستيكية. يتم سحق المواد البلاستيكية التي جرى جمعها، ثم يتم فصلها وغسلها وتقطيعها. بعد ذلك تتم إذابة البلاستيك المقطع وبتفه من خلال حمام ماء متصلب. ثم يتم تقطيع الخيوط البلاستيكية إلى خرزات وتعبئتها في أكياس. غالباً ما تُصدر عمليات الإنتاج نفايات غير خاضعة لرقابة أنظمة المياه البلدية أو مكبات النفايات أو المحارق.

الصورة: ESDO، بنغلاديش، CAG، الهند، CEJ، سريلانكا

يمكن الاطلاع على المنهج المتبع في التحليل والنتائج في الملحق (1).

جرى تحليل الكريات بحثاً عن وجود مثبتات اللهب التالية:

الخلاط التجارية المكونة من الإيثر خماسي البروم ثنائي الفينيل (PentaBDE) والإيثر ثنائي البروم ثنائي الفينيل (OctaBDE) والإيثر عشاري البروم ثنائي الفينيل (DecaBDE)؛ والدوديكان الحلقي سداسي البروم (HBCD)؛ والإيثان عشاري البروم ثنائي الفينيل (DBDPE)؛ والبنزين سداسي البروم (HBB)؛ وإيثيل البنزين خماسي البروم (PBEB)؛ وبولي بيوتيلين تريفتالات (PBT)؛ ورباعي البروم ثنائي الفينول (أ) (TBBPA)؛ وBTBPE؛ وOBIND.

جرى تحليل الكريات بحثاً عن وجود مثبتات الأشعة فوق البنفسجية بنزوتريازول التالية:

UV-234، UV-326، UV-327، UV-328، UV-329، UV-P.

تم شراء ما مجموعه أربعة وعشرين كيساً من الكريات البلاستيكية من قطاع إعادة التدوير المحلي كانت معروضة للبيع على شكل بولي إيثيلين عالي الكثافة من أجل هذه الدراسة من قبل المنظمات غير الحكومية المشاركة في الشبكة الدولية للقضاء على الملوثات (IPEN) في ثلاثة وعشرين بلداً<sup>10</sup>. وفي الهند تم شراء الكريات من منشآت إعادة تدوير في مدينتين مختلفتين.

جرى جمع عينات الكريات المعاد تدويرها بحيث توفر تنوعاً جغرافياً للعينات وتمثل معظم أقاليم العالم: أفريقيا وأمريكا اللاتينية وآسيا وأوروبا.

جرى أخذ عينة عشوائية من الكريات من كل كيس وإرسالها إلى جامعة الكيمياء والتكنولوجيا في براغ في جمهورية التشيك. ومن تلك العينة، تم استخدام 2 غرام ليتم تحليلها كيميائياً. استهدف التحليل ثلاث مجموعات من المواد الكيميائية: مثبتات اللهب المُبرومة وثنائي الفينول (أ) ومثبتات الأشعة فوق البنفسجية بنزوتريازول.

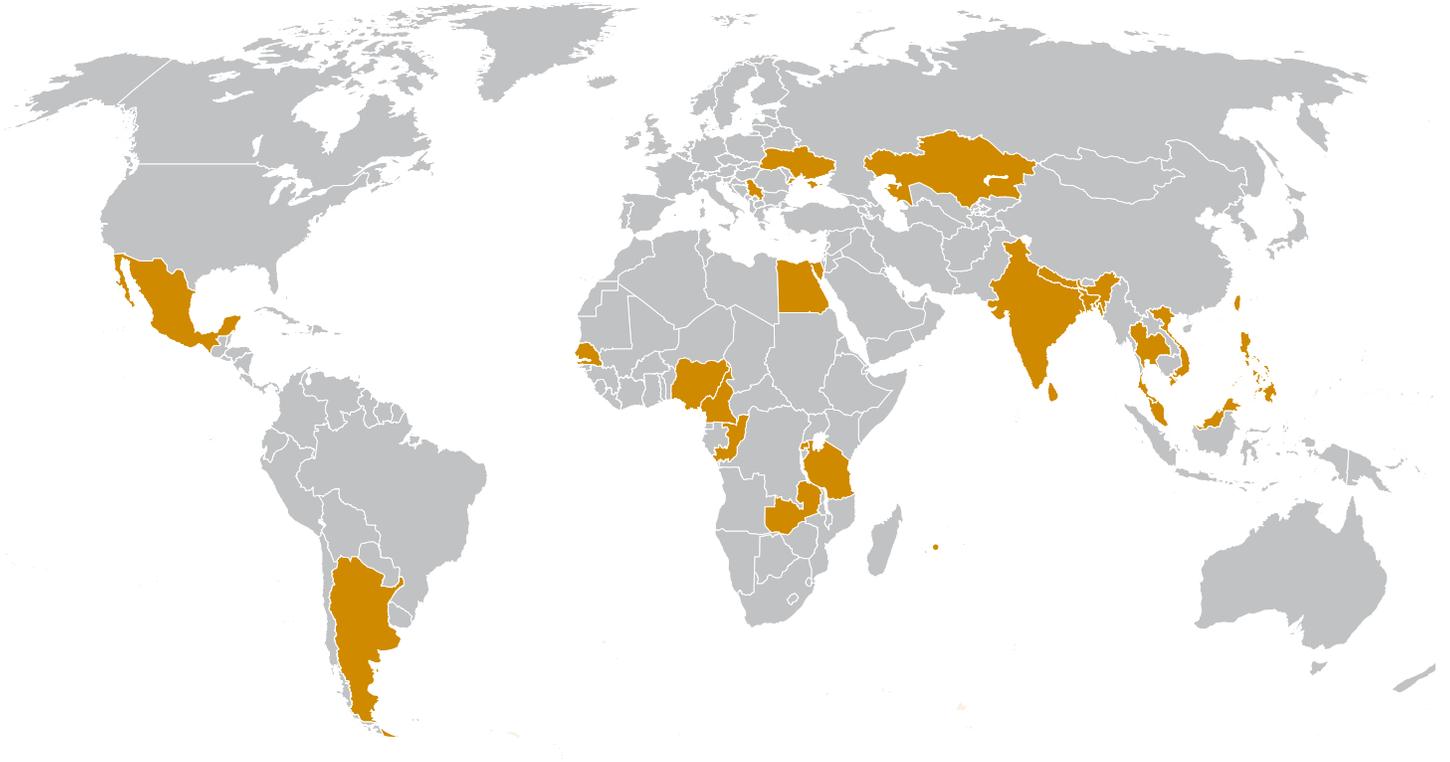
10 الأرجنتين وبنغلاديش والكاميرون والكونغو ومصر والهند وكراخستان وماليزيا وموريشيوس والمكسيك والنيبال ونيجريا والفلبين ورواندا والسنگال وصربيا وسريلانكا وتايوان وتانزانيا وتايلاند وأوكرانيا وفيتنام وزامبيا



الصورة: Terre et Développement، الكاميرون



الصورة: CEJ، سريلانكا



الشكل رقم 1. البلدان التي تم شراء العينات فيها.



الصورة: PANeM، موريشيوس



الصورة: ESDO، بنغلاديش

أنواع مختلفة من البوليمرات المعاد تدويرها وذلك عند شراء أنقى وأجود أنواع بلاستيك البولي إيثيلين وبلاستيك البولي برويلين المعاد تدويرهما من شركات إعادة تدوير في النمسا وألمانيا (Gall et al., 2021).

## التلوث الكيميائي واسع الانتشار في الكريات البلاستيكية

نظراً لعدم وجود شفافية فيما يخص المواد الكيميائية التي تتم إضافتها إلى المواد البلاستيكية أثناء الإنتاج، فمن الصعوبة بمكان بالنسبة للقائمين على إعادة التدوير، ودون أن يكون لديهم إمكانية للوصول إلى أجهزة تحليلية مثل المطياف الضوئي للأشعة السينية، أن يحددوا ماهية المواد الكيميائية الموجودة في المواد البلاستيكية التي تدخل ضمن عملية إعادة التدوير. نتيجة لذلك، تُظهر هذه الدراسة بأن التلوث الكيميائي للكريات البلاستيكية المعاد تدويرها عبارة عن مشكلة واسعة الانتشار.

وقد بينت الشبكة الدولية للقضاء على الملوثات سابقاً، وفي سلسلة من التقارير، بأنه عند إعادة تدوير النفايات الإلكترونية التي تحتوي على مثبطات اللهب المُبرومة، فإن هذه المواد الكيميائية السامة، بالإضافة إلى الديوكسينات المُبرومة شديدة السمية، سينتهي المطاف بها ضمن مجموعة من المنتجات الاستهلاكية مثل أدوات المطبخ والألعاب (Budín et al., 2020; Petrlik et al., 2021; Strakova et al., 2018). تُظهر النتائج من هذا الدراسة نتائج مشابهة بالنسبة إلى الكريات البلاستيكية المعاد تدويرها. كان أكثر مثبط لهب مُبروم تم اكتشافه هو DecaBDE (22 عينة)، يليه بديله DBDPE (18 عينة) ثم OBIND (14 عينة). تجدر الإشارة إلى أن كافة عينات الكريات تقريباً احتوت على DecaBDE. حيث تم إدراجه في معاهدة ستوكهولم ليتم القضاء عليه على المستوى العالمي بحلول عام 2017 دون أي إعفاءات بالنسبة لإعادة التدوير. وقد صادق سبع عشرة بلداً من أصل ثلاثة وعشرين بلداً في هذه الدراسة على هذا القرار، بما في ذلك البلدان اللذان لم يُكتشف فيهما عن DecaBDE<sup>11</sup> أما PentaBDE و OctaBDE، المدرجان في معاهدة ستوكهولم ليتم القضاء عليهما على المستوى العالمي بحلول عام 2009 مع بعض الإعفاءات بالنسبة لإعادة التدوير، فقد عُثر عليهما بتكرار أقل ومستويات أدنى، مما يشير إلى أن مثبطات اللهب القديمة هذه في طريقها أخيراً ليتم التخلص من استخدامها.

كما تم اكتشاف ثنائي الفينول (أ) في معظم العينات (92%) على الرغم من تزايد خضوعه للوائح تنظيمية في العديد من البلدان جراء تأثيراته الصحية، وخاصة بالنسبة إلى الأطفال. بالإضافة إلى ذلك، من المهم الإشارة إلى وجود العديد من مثبتات الأشعة فوق البنفسجية بنزوتريازول في الكريات. ومع أنها مواد كيميائية صناعية متواجدة بأحجام كبيرة وتتم إضافتها إلى العديد من أنواع المواد البلاستيكية، إلا أنها لم تخضع للتدقيق التنظيمي الشامل إلا في الفترة الأخيرة. حيث يخضع UV-328 للتقييم من قبل لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة في معاهدة ستوكهولم، حيث جرى التوافق على أنه يحقق معايير الفرز بشأن الثبات والتراكم البيولوجي والسمية والانتقال بعيد المدى إلى مواقع نائية. ويعد أول مادة كيميائية

بشكل إجمالي، شملت التحليلات ثمانية عشر مادة كيميائية مضافة إلى المواد البلاستيكية (جرى احتساب خلائط PentaBDE و OctaBDE كخليط واحد لكل منهما). احتوت عينتان على ستة عشرة مادة من تلك المواد الكيميائية. وبشكل عام، احتوت أكثر من نصف العينات (54%) على إحدى عشرة مادة كيميائية أو أكثر (راجع الشكل رقم 2).

ومن أصل أربع وعشرين عينة كريات جرى تحليلها، احتوت إحدى وعشرون منها (88%) المجموعات المستهدفة الثلاث من المواد الكيميائية (راجع الشكل رقم 3). واحتوت عينة واحدة (4%) على مجموعة واحدة فقط من المواد الكيميائية، بينما احتوت عينتان (8%) على مجموعتين من المواد الكيميائية. لم تكن هناك أي عينات الحبيبات خالية تماماً من التلوث بالمواد الكيميائية المستهدفة.

## مؤشرات بشأن عدة أنواع من المواد البلاستيكية تدل على أنها المادة المصدر للكريات

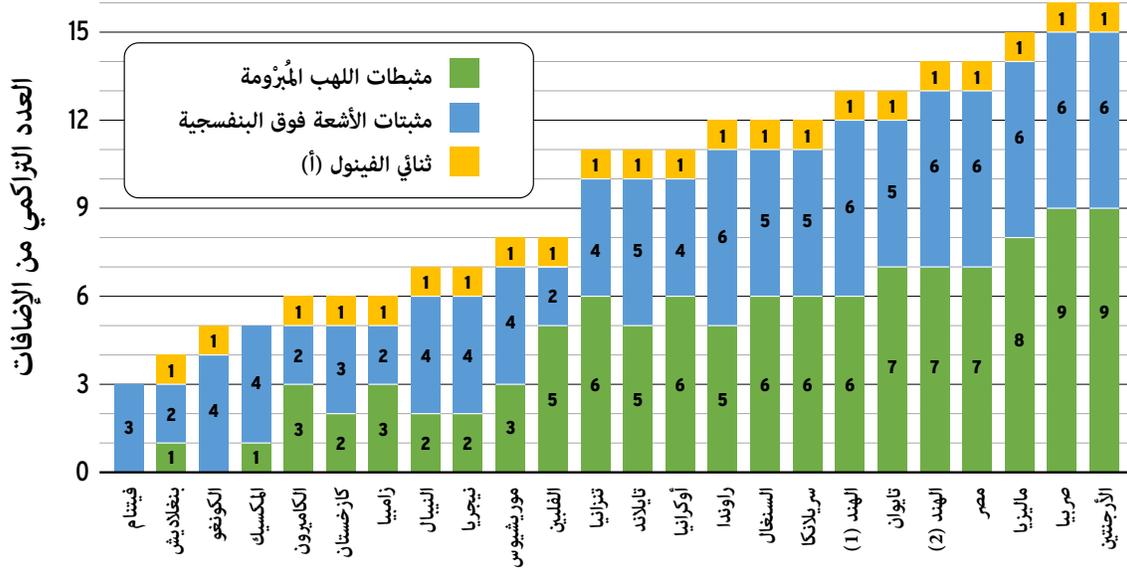
من أصل أربع وعشرين عينة، كانت العينة من فيتنام الوحيدة الخالية من التلوث بمثبطات اللهب المُبرومة وثنائي الفينول (أ). ويشير ذلك إلى أن مواد النفايات في معظم الحالات لم يتم فرزها بشكل صحيح قبل إعادة التدوير. تُستخدم مثبطات اللهب المُبرومة في بلاستيك أكريلونتريل بوتادين ستيرين وبلاستيك البوليستيرين عالي التأثير (HIPS) ويُستخدم ثنائي الفينول (أ) بشكل شائع في صناعة المواد البلاستيكية متعددة الكربونات. لا تستخدم أي من هذه الأنواع من المواد الكيميائية في البولي إيثيلين عالي الكثافة بشكل عام.

تتمثل أحد التقنيات الفعالة المستخدمة في العديد من البلدان من أجل فصل الأنواع المختلفة من المواد البلاستيكية في الفصل القائم على التعويم/الكثافة. تمتلك المواد البلاستيكية المعالجة بالبرومين والمواد البلاستيكية متعددة الكربونات كثافتين مختلفتين تماماً عن كثافة البولي إيثيلين عالي الكثافة، مما يعني بأنهما يغرقان في المياه العذبة بينما يطفو البولي إيثيلين عالي الكثافة. لقد جرى استخدام هذه التقنية على سبيل المثال بنجاح في قطاع إعادة التدوير غير الرسمي في الهند (Haarman, 2016). ومع ذلك، احتوت العينتان من الهند على جميع الأنواع الثلاثة من المواد الكيميائية، مما يشير إلى عدم القيام بإجراء الفرز هذا.

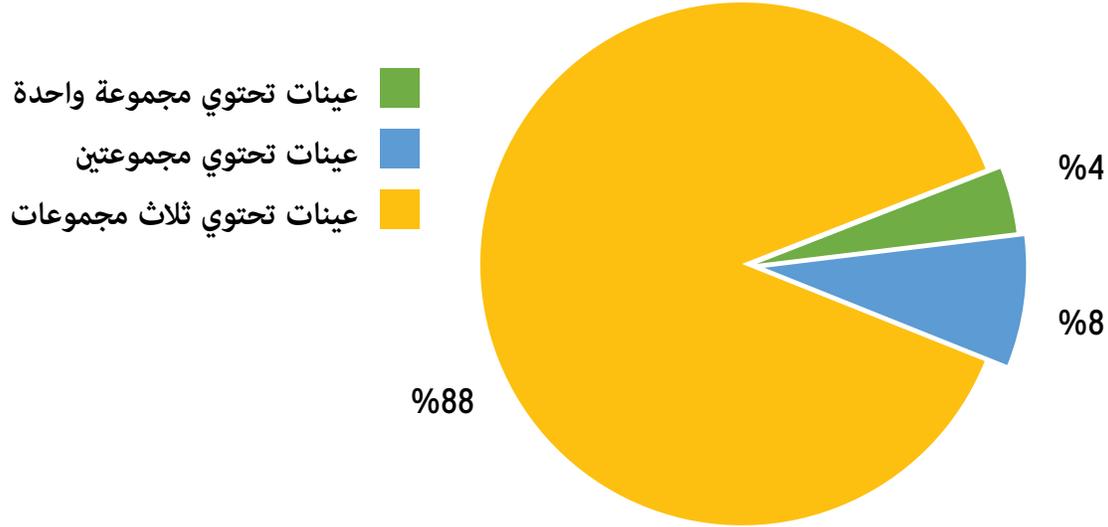
كما تعد إمكانية فرز البلاستيك القادم إلى المنشأة مسألة قدرات ووعي. وبالنظر إلى الكميات الضخمة من النفايات البلاستيكية التي يتم توليدها محلياً، بالإضافة إلى النفايات المستوردة، يصبح الفرز ذا أولوية أقل مقارنة بتغذية البلاستيك القادم بشكل سريع إلى داخل العملية. كما قد يكون هناك انخفاض في مستوى الوعي لدى العاملين بمنشأة إعادة التدوير بشأن المواد الكيميائية السامة في المواد البلاستيكية والحاجة لاستبعاد المواد البلاستيكية التي تحتوي على مثبطات اللهب المُبرومة وثنائي الفينول (أ).

ولكن انتقال التلوث بين الأنواع المختلفة من المواد البلاستيكية يعد مشكلة بالنسبة للقائمين على إعادة التدوير في كافة البلدان وليس فقط في البلدان ذات الدخل المنخفض والمتوسط. على سبيل المثال وفي دراسة حديثة، لوحظ وجود تلوث بين

<sup>11</sup> تم الوصول في 24 تشرين الثاني/نوفمبر من عام 2021 <http://chm.pops.int/Countries/StatusofRatifications/2021/Amendmentstoannexes/tabid/3486/Default.aspx>



الشكل رقم 2. المواد الكيميائية لكل عينة. يُظهر الرقم داخل العمود عدد المواد الكيميائية المكتشفة من كل مجموعة في كل عينة.



الشكل رقم 3. نسبة العينات التي تحتوي على مواد كيميائية من مجموعة واحدة أو مجموعتان أو ثلاث مجموعات من المجموعات .

مثل الفثالات والمعادن الثقيلة والبارافينات الكلورة (McGrath *et al.*, 2021; Strakova *et al.*, 2018; Palacios-Arreola *et al.*, 2021). وقد بدأت أدلة حول الانتشار الواسع للتلوث في المواد البلاستيكية المعاد تدويرها بالظهور في السنوات الماضية وما زال عددها يزداد. ونظراً لعدد الإضافات البلاستيكية التي

يجري تقييمها وفقاً للمعاهدة يكون الأسلوب الرئيسي للانتقال بعيد المدى فيها هو أحد مكونات الحطام البلاستيكي.

اقتصرت هذه الدراسة على ثلاثة أنواع من المواد الكيميائية، ولكن هناك العديد من المواد الكيميائية السامة المعروفة الأخرى التي تجري إضافتها إلى المواد البلاستيكية

والأوعية الدموية (Jing *et al.*, 2019) وبأن BTBPE يمكن أن يسبب تأثيرات سامة للخلايا لدى البشر (Shi *et al.*, 2021).

احتوت تسعة عشر عينة من عينات الكريات على UV-327 الذي سبق وأن تم تصنيفه على أنه مادة تثير القلق الشديد في الاتحاد الأوروبي ويُشترط الحصول على تصريح محدد قبل استخدامه. وتشير الإشارات التي تقدمها الشركات بأنه قد يسبب أضراراً في الأعضاء، وبأنه مؤدٍ بالنسبة للحياة المائية مع تأثيرات طويلة المدى، ويسبب تهيجاً خطيراً في العينين، ويسبب تهيجاً في الجلد، وقد يسبب تهيجاً تنفسياً.<sup>13</sup>

في المحصلة، هناك القليل من المعلومات المنشورة بشأن التأثيرات الصحية المحتملة لعدد من مثبطات اللهب المُبرومة الجديدة ومثبات الأشعة فوق البنفسجية بنزوتريازول، ولكن وجود أي منها مثير للقلق. احتوت كافة العينات على مثبت الأشعة فوق البنفسجية بنزوتريازول UV-326، ولكن هناك القليل من الدراسات قد نظرت في قدرته على التأثير في الصحة. ولكن هناك مؤشرات بأنه قادر على التأثير على التعبير الجيني المرتبط بالالتهابات والاستجابات المناعية (Li *et al.*, 2019; Nagayoshi *et al.*, 2015).

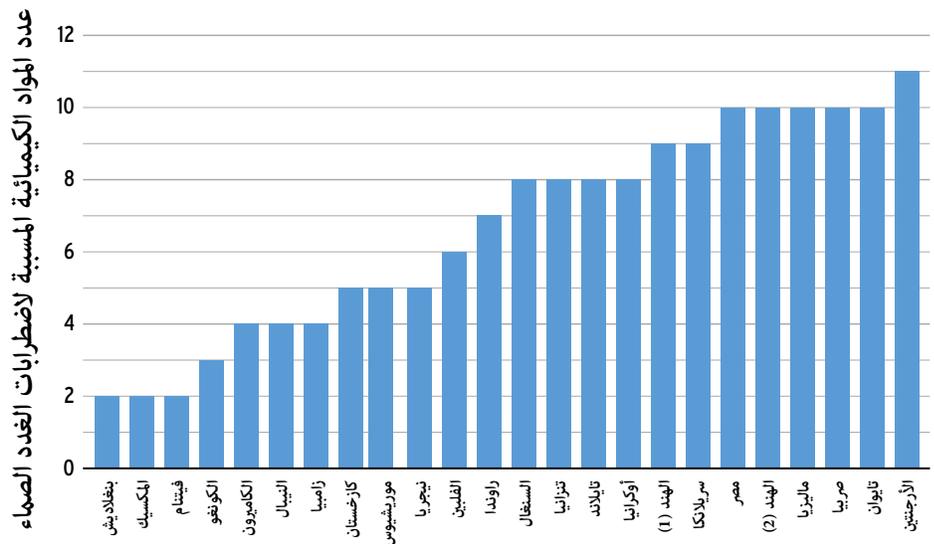
يسلط العدد الكبير من المواد الكيميائية السامة في العديد من العينات الضوء على الحاجة إلى النظر في إمكانية حدوث تأثيرات جِراء الخلائط. فمن الموثق بشكل جيد أن خلائط المواد الكيميائية المسببة لاضطرابات الغدد الصماء يمكن أن تسبب تأثيراً مشتركاً أكبر من مجرد تأثير كل مادة كيميائية مسببة لاضطرابات الغدد الصماء على حدة (Koretenkamp, 2014). ونظراً للنطاق الواسع من الاستخدامات المحتملة للكريات المعاد تدويرها، بما في ذلك الألعاب والحاويات البلاستيكية، فإن هذه النتائج تثير القلق بشأن التأثيرات الصحية المحتملة وتعرض المجموعات المستضعفة مثل الأطفال.

تمتلك خصائص خطرة معروفة أو مشتبه بها (Wiesinger *et al.*, 2021)، فإن هناك ما يدعو للقلق.

## المحتوى الكيميائي الخطر يثير المخاوف حيال التأثيرات الصحية

يمكن للأصناف الثلاثة من المواد الكيميائية التي تم اختبارها في هذه الدراسة أن تسبب أضراراً لصحة الإنسان. وهناك دراسات علمية تدعم الاستنتاج القائل بأن ثنائي الفينول (أ) (Flaws *et al.*, 2020) وثمانية من مثبطات اللهب المُبرومة<sup>12</sup> (Lyche *et al.*, 2016; Lu *et al.*, 2020; Dong *et al.*, 2021; X. Wang *et al.*, 2019) وثلاثة مثبات أشعة فوق بنفسجية (UV-P، UV-329، UV-328) (Sakuragi *et al.*, 2021) تمتلك خصائص تسبب اضطرابات في الغدد الصماء. ولكن ليس هناك ما يكفي من المعلومات المنشورة بشأن المواد الكيميائية المتبقية تمكننا من استخلاص استنتاج بشأن خصائصها المسببة لاضطرابات الغدد الصماء. وكما يظهر في الشكل رقم 4، احتوت كافة العينات اثنتين على الأقل من المواد الكيميائية المسببة لاضطرابات الغدد الصماء الاثنتي عشرة واحتوت معظم العينات على أكثر من خمس من تلك المواد.

بالإضافة إلى قدرتها على إحداث اضطراب في الغدد الصماء، فإن العديد من المواد الكيميائية تمتلك مزيداً من الخصائص السامة. وبالنظر إلى المواد الأكثر شيوعاً التي يتم اكتشافها في الكريات المعاد تدويرها، فمن المعروف أن مثبطات اللهب متعددة البرومة مثل DecaBDE تمتلك خصائص سمية عصبية (Hendriks *et al.*, 2015). وهناك أدلة ناشئة أيضاً بأن مثبطات اللهب المُبرومة الجديدة، مثل الإيثان عشاري البروم ثنائي الفينيل (DBPE)، تمتلك هذه الخاصية أيضاً بالإضافة إلى خصائصها المسببة لاضطرابات الغدد الصماء (Jin *et al.*, 2018). وهناك مؤشرات كذلك بأن الإيثان عشاري البروم ثنائي الفينيل يمكن أن يسبب أضراراً بالنسبة إلى القلب



الشكل رقم 4. عدد المواد الكيميائية المسببة لاضطرابات الغدد الصماء في كل عينة.



## الاستنتاجات والتوصيات

- استخدام الضوابط التنظيمية لتعزيز البدائل الآمنة غير الكيميائية التي تدعم الانتقال إلى اقتصاد دائري.
  - التوقف عن تصدير النفايات البلاستيكية التي تحتوي على إضافات كيميائية سامة، وخاصة الإلكترونيات. ويجب على الجهات المصنعة أن تقوم بما يلي:
  - إعادة تصميم منتجاتها لإتاحة المجال لاقتصاد دائري خالٍ من السموم، بما في ذلك التخلص التدريجي من الإضافات الكيميائية السامة وتجنب استخدام البدائل التي يُعرف بأنها سامة أو يشتبه بأنها كذلك.
  - إدراج المكونات البلاستيكية، بما في ذلك الإضافات، على الملصقات التعريفية وجعل المحتوى الكيميائي للمواد الكيميائية قابلاً للتتبع على امتداد مراحل الحياة والنفايات.
- بشكل عام، يجب أن تعمل الحكومات على خفض إنتاج المواد البلاستيكية غير الأساسية، بما في ذلك إنهاء الدعم لاستخراج الوقود الأحفوري ومنشآت إنتاج المواد البلاستيكية. يجب أن تمنع الاتفاقيات العالمية تسرب المواد البلاستيكية إلى البيئة.
- تبين هذه الدراسة وجود تلوث واسع الانتشار للكريات البلاستيكية المعاد تدويرها بمواد كيميائية سامة. ومن المرجح أن يعود سبب ذلك جزئياً لاستخدام النفايات الإلكترونية والمواد البلاستيكية متعددة الكربونات كمصادر لإعادة التدوير، ولكن قد يكون ذلك أيضاً بسبب الاستخدام واسع الانتشار للمواد الكيميائية السامة في المواد البلاستيكية بشكل عام. لا تعد هذه الكريات مقبولة للاستخدام كمواد خام عند إنتاج منتجات جديدة، وخاصة المنتجات التي يمكن أن تعرّض الأطفال لتلك المواد الكيميائية.
  - تؤكد نتائج هذه الدراسة على الحاجة إلى النظر إلى المواد الكيميائية السامة في ضوء مقاربة الاقتصاد الدائري، وأن الاستمرار في استخدام تلك المواد الكيميائية سيجعل معظم المواد البلاستيكية المستخدمة في يومنا هذا غير دائرية. وتتمثل الطريقة الوحيدة لمعالجة هذه المشكلة في الضبط الصارم للمواد الكيميائية التي يُسمح بها في المواد البلاستيكية.
  - من أجل منع الإضافات الكيميائية السامة في المواد البلاستيكية من الإضرار بالاقتصاد الدائري، ينبغي على الوكالات الدولية وصانعي السياسات أن يقوموا بما يلي:
  - تطبيق قواعد السلامة الكيميائية الخاصة بالمواد المصنوعة من مواد بلاستيكية بكر على المواد المصنوعة من مواد بلاستيكية معاد تدويرها.
  - تسريع التخلص التدريجي من 'مجموعات' المواد الكيميائية السامة، عوضاً عن اتباع نهج كل مادة على حدة.

# الملحق 1 - النتائج التحليلية

كافة التراكيز المذكورة هي في الميكروغرام/كيلوغرام.

## مبثبات اللهب المبرومة

هناك ثلاث خلاط تجارية لمبثبات اللهب متعددة البرومة، وتسمى وفقاً لمتوسط البرومات الملتصقة بتركيبية الإيثر ثنائي الفينيل. تتضمن مكونات خلاط OctaBDE التجارية المتجانسات التالية: 206, 203, 197, 196, 183, 154, 153 BDE. أما مكونات خليط DecaBDE التجاري فهي 209 BDE، بينما يتضمن HBCD ثلاث إيزومرات  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -HBCD.

تم عزل مبثبات اللهب من خلال الاستخراج بواسطة  
 n-hexane: dichloromethane (v/v, 1:4) وتم تحديدها باستخدام  
 كروماتوغرافيا الغاز إلى جانب قياس طيف الكتلة في وضع التأين الكيميائي  
 للأيونات السلبية (GC-MS-NICI). جرى تحديد إيزومرات HBCD وتقدير  
 كميتها بواسطة كروماتوغرافيا السائل المرابطة بمطياف الكتلة الترادفي مع التأين  
 بالرش الكهربائي في الوضع السليبي (UHPLC-MS/MS-ESI-)

كانت عتبة تحديد 209 PBDE, 207 PBDE, 206 PBDE, 207 PBDE, 206 PBDE عند 1.0 ميكروغرام/كيلوغرام، بينما بلغت 5.0 ميكروغرام/كيلوغرام بالنسبة لـ DBDPE، وبلغت 0.5 ميكروغرام/كيلوغرام لكل ما تبقى.

دبل ا	الخليط التجاري لـ PentaBDE							الخليط التجاري لـ OctaBDE							Deca-BDE			HBCD			HBB			
	PBDE 100	PBDE 99	PBDE 85	PBDE 66	PBDE 49	PBDE 47	PBDE 28	PBDE 209	PBDE 207	PBDE 206	PBDE 203	PBDE 197	PBDE 196	PBDE 183	PBDE 154	PBDE 153	γ-HBCD	β-HBCD	α-HBCD	OBIND		PBEB	PBT	BTPE
الأرجنتين	*	*	*	*	1.02	*	*	68.5	6.00	7.75	*	*	*	0.509	*	25.5	*	*	0.534	6.42	*	*	2.13	434
بنغلاديش	*	*	*	*	*	*	1.21	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
الكاميرون	*	*	*	*	*	*	14.7	2.00	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
الكونغو	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
مصر	*	*	*	*	*	*	12283	815	1136	33.6	117	400	106	*	49.7	*	*	*	477	545	1.43	5.26	298	
الهند 1	*	*	*	*	*	*	382	27.2	27.7	0.764	3.96	3.12	4.78	*	5.29	*	*	*	15.6	3.45	*	*	17.7	
الهند 2	*	*	*	*	0.660	*	250	28.6	32.0	0.917	1.20	1.92	1.07	*	*	*	*	11.0	3.21	*	*	*	181	
كازخستان	*	*	*	*	*	*	1.38	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	42.3
ماليزيا	*	*	*	*	*	*	2103	235	351	6.64	7.40	16.7	2.36	*	*	*	*	*	6.22	1334	2.80	70.3	654	
موريشيوس	*	*	*	*	*	*	26.5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	4.51	*	*	*	133
المكسيك	*	*	*	*	*	*	3.40	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
النيبال	*	*	*	*	*	*	19.1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	15.6
نيجيريا	*	*	*	*	*	*	2.88	*	*	*	*	*	*	*	0.842	*	*	*	*	*	*	*	*	*
الفلبين	*	*	*	*	*	*	348	33.6	35.9	0.700	1.03	2.65	0.526	*	1.93	*	*	*	3.03	3.30	*	*	69.1	
راوندا	*	*	*	*	*	*	211	11.9	14.6	*	*	*	*	*	13.5	*	*	*	*	35.7	0.546	*	*	1515
السنغال	*	*	*	*	*	*	702	26.4	31.9	1.57	1.21	1.97	0.643	*	6.34	*	*	*	4.28	16.8	*	*	1102	
صربيا	*	*	*	*	*	*	728	103	95.5	1.72	3.81	5.23	2.85	*	1.11	*	*	*	3.23	34.0	1.14	*	590	
سريلانكا	*	*	*	*	*	*	204	13.3	18.1	*	0.521	0.786	0.547	*	3.96	*	*	*	3.05	1.98	*	*	124	
تايوان	*	*	*	*	*	0.585	493	45.3	50.8	1.06	3.08	3.76	2.15	*	64.7	*	2.27	*	34.4	21.0	*	*	1201	
تنزانيا	*	*	*	*	*	0.743	675	27.9	34.4	*	0.952	1.13	1.03	*	5.91	*	*	*	2.41	*	*	*	42.4	
تايلاند	*	*	*	*	*	*	3.59	*	8.36	*	1.36	1.94	3.95	*	*	*	*	*	94.6	*	*	*	837	
أوكرانيا	*	*	*	*	*	*	20.6	*	4.32	*	*	*	*	*	0.522	*	*	*	1.71	2.16	*	*	78.4	
فيتنام	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
زامبيا	*	*	*	*	*	*	28.2	2.68	4.82	*	*	*	*	*	3.43	*	*	*	*	*	*	*	*	47.0

\* - لم يتم الكشف عنها

## ثنائي الفينول (أ)

تم استخراج ثنائي الفينول (أ) من الكريات باستخدام الاستخراج بالأموح فوق الصوتية مع ثنائي كلورو الميثان، وبعد ذلك تم تحديد التركيز باستخدام كروماتوغرافيا السائل فائقة الأداء-مقياس طيف الكتلة/ مقياس طيف الكتلة (UHPLC-MS/MS).

بلغت عتبة التحديد 1.25 ميكروغرام/كيلوغرام.

البلد	ثنائي الفينول (أ)
الأرجنتين	1,256
بنغلاديش	60
الكاميرون	178
الكونغو	5
مصر	61,489
الهند 1	10,367
الهند 2	35,225
كازخستان	665
ماليزيا	2,295
موريشيوس	4,621
المكسيك	*
النيجال	173
نيجريا	139
الفلبين	172
راوندا	126
السنغال	691
صربيا	19,755
سريلانكا	226
تايوان	994
تنزانيا	742
تايلاند	1,090
أوكرانيا	478
فيتنام	*
زامبيا	859

\* - لم يتم الكشف عنها

## مثبتات الأشعة فوق البنفسجية

تم استخراج مثبتات الأشعة فوق البنفسجية من الكريات باستخدام الاستخراج بالأمواج فوق الصوتية مع ثنائي كلورو الميثان، وبعد ذلك تم تحديد التركيز باستخدام كروماتوغرافيا السائل فائقة الأداء-مقياس طيف الكتلة/ مقياس طيف الكتلة (UHPLC-MS/MS).

كانت عتبة تحديد UV-234, 326, 327 عند 0.01 ميكروغرام/كيلوغرام، وبلغت 0.03 ميكروغرام/كيلوغرام بالنسبة إلى UV-328 بينما بلغت 0.1 ميكروغرام/كيلوغرام بالنسبة إلى UV-P.

البلد	UV-234	UV-326	UV-327	UV-328	UV-329	UV-P
الأرجنتين	18.6	1,724	546	92.0	5.64	3.36
بنغلاديش	*	1.42	0.070	*	*	*
الكاميرون	*	0.258	0.393	*	*	*
الكونغو	*	83,228	56,178	*	9,552	560
مصر	498	4,788	1,012	334	1,950	699
الهند 1	72.7	1,309	18.4	6.57	3.98	384
الهند 2	10.7	165	376	15.7	157	37.1
كازخستان	*	1,546	*	*	*	76.4
ماليزيا	9.62	1,105	215	39.3	3.91	185
موريشيوس	*	821	427	10.9	1.65	*
المكسيك	0.225	3.82	3.54	0.365	*	*
النيبال	1.69	313	4.93	1.66	*	*
نيجيريا	*	427	48.0	1.63	1.03	*
الفلبين	*	4,877	*	*	173	*
راوندا	1.42	318	212	19.9	0.654	0.344
السنغال	27.5	344	121	2.20	3.29	*
صربيا	5.50	906	10.7	0.102	1.17	7.65
سريلانكا	*	758	86.1	101	7.79	99.6
تايوان	*	3,511	165	66.2	11.4	97.0
تنزانيا	0.496	1,115	129	1.81	*	*
تايلاند	23.8	1,069	*	87.3	124	216
أوكرانيا	43.0	14,638	*	21.0	*	82.2
فيتنام	*	11,769	*	*	*	22.9
زامبيا	*	1,667	39.7	*	*	*

\* - لم يتم الكشف عنها

- Kortenkamp, A. (2014). Low dose mixture effects of endocrine disruptors and their implications for regulatory thresholds in chemical risk assessment. *Current Opinion in Pharmacology*, 19, 105-111. doi:https://doi.org/10.1016/j.coph.2014.08.006
- Lehmler, H.-J., Liu, B., Gadogbe, M., & Bao, W. (2018). Exposure to Bisphenol A, Bisphenol F, and Bisphenol S in U.S. Adults and Children: The National Health and Nutrition Examination Survey 2013–2014. *ACS Omega*, 3(6), 6523-6532. doi:10.1021/acsomega.8b00824
- Li, Z. T., Li, W. J., Zha, J. M., Chen, H. H., Martyniuk, C. J., & Liang, X. F. (2019). Transcriptome analysis reveals benzotriazole ultraviolet stabilizers regulate networks related to inflammation in juvenile zebrafish (*Danio rerio*) brain. *Environmental Toxicology*, 34(2), 112-122. doi:10.1002/tox.22663
- Liang, X. F., Li, J. J., Martyniuk, C. J., Wang, J., Mao, Y. F., Lu, H., & Zha, J. M. (2017). Benzotriazole ultraviolet stabilizers alter the expression of the thyroid hormone pathway in zebrafish (*Danio rerio*) embryos. *Chemosphere*, 182, 22-30. doi:10.1016/j.chemosphere.2017.05.015
- Lowe, C. N., Phillips, K. A., Favela, K. A., Yau, A. Y., Wambaugh, J. F., Sobus, J. R., . . . Isaacs, K. K. (2021). Chemical Characterization of Recycled Consumer Products Using Suspect Screening Analysis. *Environmental science & technology*, 55(16), 11375-11387. doi:10.1021/acs.est.1c01907
- Lu, L., Wu, H., Cui, S., Zhan, T., Zhang, C., Lu, S., . . . Zhuang, S. (2020). Pentabromomethylbenzene Exposure Induces Transcriptome Aberration and Thyroid Dysfunction: In Vitro, in Silico, and in Vivo Investigations. *Environmental science & technology*, 54(19), 12335-12344. doi:10.1021/acs.est.0c03308
- Lyche, J. L., Rosseland, C., Berge, G., & Polder, A. (2015). Human health risk associated with brominated flame-retardants (BFRs). *Environ Int*, 74, 170-180. doi:10.1016/j.envint.2014.09.006
- McGrath, T. J., Poma, G., Matsukami, H., Malarvannan, G., Kajiwarra, N., & Covaci, A. (2021). Short- and Medium-Chain Chlorinated Paraffins in Polyvinylchloride and Rubber Consumer Products and Toys Purchased on the Belgian Market. *Int J Environ Res Public Health*, 18(3), 1069. Retrieved from https://www.mdpi.com/1660-4601/18/3/1069
- Nagayoshi, H., Kakimoto, K., Takagi, S., Konishi, Y., Kajimura, K., & Matsuda, T. (2015). Benzotriazole Ultraviolet Stabilizers Show Potent Activities as Human Aryl Hydrocarbon Receptor Ligands. *Environmental science & technology*, 49(1), 578-587. doi:10.1021/es503926w
- Palacios-Arreola, M. I., Morales-Montor, J., Cazares-Martinez, C. J., Gomez-Arroyo, S., & Nava-Castro, K. E. (2021). Environmental pollutants: an immunendocrine perspective on phthalates. *Frontiers in Bioscience-Landmark*, 26(3), 401-430. doi:10.2741/4899
- Petrlik, J., Beeler, B., Strakova, J., Møller, M., Allo'o Allo'o, S.M., Amera, T., Brosché, S., Gharbi, S., Hajri, I., Kuepouo, G., Mng'anya, S., Ngakeng, A., Ochieng Ochola, G., Rhalem, N. and Zulkovska, K. (2021). Hazardous Plastic Waste Found in Toys and Consumer Products Sold in Africa: Brominated flame retardants in consumer products made of recycled plastic from seven African countries. Retrieved from https://ipen.org/documents/hazardous-chemicals-found-plastic-products-africa
- Regional Activity Centre for Sustainable Consumption and Production (SCP/RAC). (2020). Plastic's toxic additives and the circular economy. Retrieved from http://www.cprac.org/en/news-archive/general/toxic-additives-in-plastics-hidden-hazards-linked-to-common-plastic-products
- Sakuragi, Y., Takada, H., Sato, H., Kubota, A., Terasaki, M., Takeuchi, S., . . . Kojima, H. (2021). An analytical survey of benzotriazole UV stabilizers in plastic products and their endocrine-disrupting potential via human estrogen and androgen receptors. *Science of The Total Environment*, 800. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.149374
- Asimakopoulos, A. G., Wang, L., Thomaidis, N. S., & Kannan, K. (2013). Benzotriazoles and benzothiazoles in human urine from several countries: A perspective on occurrence, biotransformation, and human exposure. *Environ Int*, 59, 274-281. doi:10.1016/j.envint.2013.06.007
- Budin, C., Petrlik, J., Strakova, J., Hamm, S., Beeler, B., Behnisch, P., . . . Brouwer, A. (2020). Detection of high PBDD/Fs levels and dioxin-like activity in toys using a combination of GC-HRMS, rat-based and human-based DR CALUX (R) reporter gene assays. *Chemosphere*, 251. doi:10.1016/j.chemosphere.2020.126579
- Dong, L., Wang, S., Qu, J., You, H., & Liu, D. (2021). New understanding of novel brominated flame retardants (NBFRs): Neuro(endocrine) toxicity. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 208, 111570. doi:https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111570
- Flaws J. D. P., Patisaul H B., Gore A, Raetzman L, Vandenberg L N. (2020). Plastics, EDCs & Health: A Guide for Public Interest Organizations and Policymakers on Endocrine Disrupting Chemicals & Plastics. Retrieved from https://ipen.org/documents/plastics-edcs-health
- Fromme, H., Becher, G., Hilger, B., & Völkel, W. (2016). Brominated flame retardants – Exposure and risk assessment for the general population. *Int J Hyg Environ Health*, 219(1), 1-23. doi:https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2015.08.004
- Gall, M., Freudenthaler, P. J., Fischer, J., & Lang, R. W. (2021). Characterization of Composition and Structure–Property Relationships of Commercial Post-Consumer Polyethylene and Polypropylene Recyclates. *Polymers*, 13(10), 1574. Retrieved from https://www.mdpi.com/2073-4360/13/10/1574
- Haarman, A. M. G. (2016). Managing hazardous additives in WEEE plastic from the Indian informal sector. A study on applicable identification & separation methods. Retrieved from https://www.sustainable-recycling.org/reports/managing-hazardous-additives-in-weee-plastic-from-the-indian-informal-sector/
- Hahladakis, J. N., Velis, C. A., Weber, R., Iacovidou, E., & Purnell, P. (2018). An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling. *J Hazard Mater*, 344, 179-199. doi:10.1016/j.jhazmat.2017.10.014
- Healy, B. F., English, K. R., Jagals, P., & Sly, P. D. (2015). Bisphenol A exposure pathways in early childhood: Reviewing the need for improved risk assessment models. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 25(6), 544-556. doi:10.1038/jes.2015.49
- Hendriks, H. S., & Westerink, R. H. S. (2015). Neurotoxicity and risk assessment of brominated and alternative flame retardants. *Neurotoxicology and Teratology*, 52, 248-269. doi:10.1016/j.ntt.2015.09.002
- Jin, M. Q., Zhang, D., Zhang, Y., Zhou, S. S., Lu, X. T., & Zhao, H. T. (2018). Neurological responses of embryo-larval zebrafish to short-term sediment exposure to decabromodiphenylethane. *Journal of Zhejiang University-Science B*, 19(5), 400-408. doi:10.1631/jzus.B1800033
- Jing, L., Sun, Y. M., Wang, Y. W., Liang, B. L., Chen, T., Zheng, D., . . . Shi, Z. X. (2019). Cardiovascular toxicity of decabrominated diphenyl ethers (BDE-209) and decabromodiphenyl ethane (DBDPE) in rats. *Chemosphere*, 223, 675-685. doi:10.1016/j.chemosphere.2019.02.115
- Kim, J. W., Chang, K. H., Prudente, M., Viet, P. H., Takahashi, S., Tanabe, S., . . . Isobe, T. (2019). Occurrence of benzotriazole ultraviolet stabilizers (BUVS) in human breast milk from three Asian countries. *Science of The Total Environment*, 655, 1081-1088. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.11.298
- Kodavanti, P. R. S., & Loganathan, B. G. (2014). Chapter 25 - Polychlorinated biphenyls, polybrominated biphenyls, and brominated flame retardants. In R. C. Gupta (Ed.), *Biomarkers in Toxicology* (pp. 433-450). Boston: Academic Press.

- Vandenberg, L. N., Ehrlich, S., Belcher, S. M., Ben-Jonathan, N., Dolinoy, D. C., Hugo, E. R., . . . vom Saal, F. S. (2013). Low dose effects of bisphenol A. *Endocrine Disruptors*, 1(1), e26490. doi:10.4161/endo.26490
- Vom Saal, F. S., & Vandenberg, L. N. (2021). Update on the Health Effects of Bisphenol A: Overwhelming Evidence of Harm. *Endocrinology*, 162(3). doi:10.1210/endo/bqaa171
- Vuong, A. M., Yolton, K., Cecil, K. M., Braun, J. M., Lanphear, B. P., & Chen, A. M. (2020). Flame Retardants and Neurodevelopment: an Updated Review of Epidemiological Literature. *Current Epidemiology Reports*, 7(4), 220-236. doi:10.1007/s40471-020-00256-z
- Wang, L., Asimakopoulos, A. G., & Kannan, K. (2015). Accumulation of 19 environmental phenolic and xenobiotic heterocyclic aromatic compounds in human adipose tissue. *Environ Int*, 78, 45-50. doi:10.1016/j.envint.2015.02.015
- Wang, X., Ling, S., Guan, K., Luo, X., Chen, L., Han, J., . . . Zhou, B. (2019). Bioconcentration, Biotransformation, and Thyroid Endocrine Disruption of Decabromodiphenyl Ethane (Dbdpe), A Novel Brominated Flame Retardant, in Zebrafish Larvae. *Environmental science & technology*, 53(14), 8437-8446. doi:10.1021/acs.est.9b02831
- Wiesinger, H., Wang, Z., & Hellweg, S. (2021). Deep Dive into Plastic Monomers, Additives, and Processing Aids. *Environmental science & technology*, 55(13), 9339-9351. doi:10.1021/acs.est.1c00976
- Shi, J., Wang, X. T., Chen, L. L., Deng, H. P., & Zhang, M. (2021). HBCD, TBECH, and BTBPE exhibit cytotoxic effects in human vascular endothelial cells by regulating mitochondria function and ROS production. *Environmental Toxicology*, 36(8), 1674-1682. doi:10.1002/tox.23163
- Strakova, J., DiGangi, J., Jensen, G.K. (2018). Toxic Loophole: Recycling Hazardous Waste into New Products. Retrieved from: <https://ipen.org/documents/toxic-loophole-recycling-hazardous-waste-new-products>
- Sugeng, E. J., de Cock, M., Schoonmade, L. J., & van de Bor, M. (2017). Toddler exposure to flame retardant chemicals: Magnitude, health concern and potential risk- or protective factors of exposure: Observational studies summarized in a systematic review. *Chemosphere*, 184, 820-831. doi:https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.06.041
- Takada, H., Bell, L. (2021). Plastic Waste Management Hazards: Waste-to-Energy, Chemical Recycling, and Plastic Fuels. Retrieved from: <https://ipen.org/documents/plastic-waste-management-hazards-waste-energy-chemical-recycling-and-plastic-fuels>
- Vandenberg, L. N., Chahoud, I., Heindel, J. J., Padmanabhan, V., Paumgarten, F. J. R., & Schoenfelder, G. (2010). Urinary, Circulating, and Tissue Biomonitoring Studies Indicate Widespread Exposure to Bisphenol A. *Environ Health Perspect*, 118(8), 1055-1070. doi:10.1289/ehp.0901716





من أجل مستقبلٍ خالٍ من المواد السامة

[www.ipen.org](http://www.ipen.org)

[ipen@ipen.org](mailto:ipen@ipen.org)

@ToxicsFree