

KHẢO SÁT THÓI QUEN SỬ DỤNG NHỰA VÀ ĐÁNH GIÁ ĐỘ AN TOÀN CỦA CÁC VẬT DỤNG NHỰA SỬ DỤNG Ở MỘT SỐ HỘ GIA ĐÌNH TẠI QUẬN GÒ VẤP, THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

NGUYỄN TRUNG HOÀNG, NGUYỄN THỊ LAN BÌNH

*Viện Khoa học Công nghệ và Quản lý Môi trường, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh
nguyenthilanbinh@iuh.edu.vn*

Tóm tắt: Hiện nay, do sự tiện dụng và giá thành rẻ, nên các sản phẩm nhựa được sử dụng phổ biến. Tuy nhiên, do mật độ sử dụng dày đặc và tái sử dụng nhiều lần có thể dẫn đến nguy cơ nhiễm các chất độc hại được sử dụng như phụ gia trong quá trình sản xuất nhựa. Trong bài nghiên cứu này, chúng tôi tiến hành khảo sát thói quen sử dụng nhựa qua kênh online và khảo sát thực tế 63 hộ gia đình thuộc quận Gò Vấp, thu được 76 mẫu nhựa các loại. Các mẫu nhựa thu được này đã được tiến hành phân loại theo tên nhựa cấu thành nên (PET, PP, PS, PVC, PC, HDPE) sau đó đem xử lý và phân tích định lượng 9 nguyên tố hóa học Clo (Cl), Antimon (Sb), Thủy Ngân (Hg), Chì (Pb), Brom (Br), Crom (Cr), Cadimi (Cd), Thiếc (Sn) và lưu huỳnh (S) bằng máy huỳnh quang tia X – Shimadzu EDX 7000. Kết quả nồng độ các nguyên tố trong mẫu nhựa được đánh giá và so sánh với các chỉ tiêu an toàn trên thế giới và Việt Nam; cụ thể là tiêu chuẩn REACH/RoHS của Châu Âu, quy chuẩn an toàn với nhựa tiếp xúc với thực phẩm QCVN 12-1:2011/BYT, tiêu chuẩn thời nhiễm các chất độc hại trong đồ chơi trẻ em TCVN 6238-3:2011. Kết quả cho thấy có 7/9 nguyên tố được phát hiện có trong các mẫu nhựa. Hầu hết các nguyên tố đều có nồng độ thấp hoặc nằm trong ngưỡng an toàn. Ngoại trừ Clo có khoảng nồng độ 59,4 – 951802 ppm và Antimon có khoảng nồng độ 77 – 466,3 pm ở mức nồng độ cao, vượt cao so với các chuẩn so sánh. Người sử dụng cần rất lưu ý khi tái sử dụng các vật dụng nhựa trong thời gian dài và trong điều kiện nhiệt độ cao, dầu mỡ, và những điều kiện khác là những nhân tố khiến các chất độc di chuyển vào thực phẩm chứa trong các vật dụng nhựa này.

Từ khoá: Hợp chất độc hại trong nhựa, An toàn nhựa trong hộ gia đình, Tiêu chuẩn an toàn nhựa, QCVN 12-1:2011/BYT, TCVN 6238-3:2011, REACH/RoHS

PLASTIC USING HABITS INVESTIGATION AND ESTIMATING SAFETY OF PLASTIC PRODUCTS IN SOME HOUSEHOLDS IN GO VAP DISTRICT, HO CHI MINH CITY

Abstract: Nowadays, since convenience and low price, plastic products have been used frequently and widely. However, the habit of frequent use and re-use can cause health risks from exposure to hazardous substances as known as additives in plastic production. In this study, plastic using habits in households were investigated through online channels and direct at 63 houses in Go Vap district in which 76 plastic products were collected. Plastic samples were prepared and classified following their polymer types, namely PET, PP, PS, PVC, PC, and HDPE. 9 elements: Chlorine (Cl), Antimony (Sb), Mercury (Hg), Lead (Pb), Brom (Br), Chrome (Cr), Cadmium (Cd), Tin (Sn) and Sulfur (S) were examined by Energy Dispersive X-ray Fluorescence (EDXRF) – Shimadzu EDX7000. The content of these elements was compared with plastic safety Vietnam national regulation and international regulation such as QCVN 12-1:2011/BYT for plastic materials contact with foods; TCVN 6238-3:2011 for plastic toys; and REACH/RoHS from EU for packaging plastics and electrical/electronic equipment. The results showed that 7/9 elements could be detected in plastic samples. Most of them are under the risk threshold, except Chlorine and Antimony. The range of Chlorine concentration and Antimony concentration are 59,4 – 951.802ppm and 77 – 466,3ppm, respectively that much higher than the Chlorine and Antimony upper limits when compared to the above regulations. Consumers should be careful when reuse plastic products to contain food under heat, fat, oil, or other conditions which are factors that lead to hazardous substances immigrate into food.

Keywords: Hazardous substances in plastics, household plastic safety, plastic safety regulation, QCVN 12-1:2011/BYT, TCVN 6238-3:2011, REACH/RoHS

1. GIỚI THIỆU

1.1. Nhựa và các vật dụng nhựa trong gia đình

Nhựa là những hợp chất cao phân tử được tổng hợp từ dầu mỏ, khí tự nhiên hoặc điện tái tạo. Nó được coi như là một trong những phát minh vĩ đại nhất trong lịch sử loài người. Hiện nay, nhựa và các vật dụng từ nhựa được sử dụng rộng rãi trên thế giới. Những hợp chất polyme đầu tiên được phát hiện và tổng hợp thành công vào những năm giữa thế kỷ 20. Những sản phẩm từ nhựa cũng bắt đầu đi vào sản xuất công nghiệp trong thời gian này. Các hợp chất polyme dễ dàng được thổi hay đúc khuôn để tạo thành các vật dụng nhựa như bàn ghế, cốc chén hay bất cứ thứ gì khác [1].

Vật liệu nhựa được chia thành nhiều dạng và chủng loại, bao gồm polyme tự nhiên, polyme tự nhiên có chỉnh sửa, nhựa nhiệt rắn (thermosetting plastics), nhựa nhiệt dẻo (thermo plastics) và gần đây nhất là nhựa phân huỷ sinh học. Nhựa có một số tính chất đặc biệt giúp nó trở thành vật liệu có tính áp dụng cao trong mọi lĩnh vực như bao bì, xây dựng, điện tử, năng lượng...; nó có thể chịu nhiệt tốt, kháng hoá chất, kháng ánh sáng, có độ cứng và chịu lực tốt, dễ tạo hình. Hơn thế nữa, nhựa có giá thành rẻ hơn so với các vật liệu khác. Mặc dù, có hàng trăm vật liệu nhựa đang hiện hữu trên thị trường nhưng những loại nhựa thuộc nhóm nhựa nhiệt dẻo chiếm số lượng lớn và phổ biến nhất, chiếm đến 90% tổng nhu cầu về nhựa, theo Plastics Europe 2008 [1]. Những loại nhựa thuộc nhóm này bao gồm polyethylene (PET), polyethylene cao phân tử (HDPE), polyethylene thấp phân tử (LDPE), polypropylene (PP), polystyrene (PS), polyvinyl chloride (PVC). Chúng có thể được bắt gặp hàng ngày ở khắp mọi nơi, tùy vào mục đích sử dụng mà các loại nhựa được chọn phù hợp. Trong phạm vi hộ gia đình, ngoài PVC, PS thường dùng cho bao bọc thiết bị điện, ống nước, sàn, đồ chơi..., các loại nhựa như PET, HDPE, LDPE, PP được sử dụng chủ yếu cho việc chứa đựng, bao bọc thực phẩm. Các loại nhựa thuộc nhóm nhựa nhiệt dẻo có thể bị nóng chảy và tái chế được. Vì vậy, để phục vụ cho việc phân loại trong chu trình tái chế, vào năm 1988 Hiệp hội công nghiệp nhựa của Hoa Kỳ đã đặt ra bộ mã cho từng loại nhựa. Hình 1.1 biểu thị các dấu hiệu chứa mã nhận diện loại nhựa được in trên các sản phẩm nhựa. Theo đó, mã 1 (PET) và 2 (HDPE) thường được tái chế; mã 3 (PVC) được phân loại và tái chế riêng; mã 4 (túi nhựa hoặc vật liệu LDPE) các vật dụng có mã này có thể tái sử dụng; mã 5 (PP) và mã 6 (PS) có thể phân loại để tái chế; riêng với mã 7 (acrylic, nylon) sẽ không được tái chế và được xử lý bằng phương pháp đốt hoặc chôn lấp [2].

Tại Việt Nam, nhựa được sử dụng rất phổ biến. Theo khảo sát của tổ chức WWF trên 10 tỉnh thành của Việt Nam từ năm 2019 đến 2020, trung bình mỗi hộ gia đình sử dụng 2-4 túi nylon và 2-4 chai nhựa và/xoặc hộp xốp mỗi ngày. Chỉ tính riêng thành phố Hồ Chí Minh, lượng rác thải nhựa ước tính 1800 tấn/ngày, trong đó khoảng 1000 tấn từ hộ gia đình. Nhưng chỉ hơn 900 tấn được thu gom đến bãi xử lý, còn lại khoảng 100 tấn được xử lý đốt tại chỗ và có phần nhỏ sử dụng cho mục đích khác [3].

1.2. Những hợp chất nguy hại và tác động của chúng đến sức khỏe

Tuy có rất nhiều điểm lợi thế nhưng nhựa hay các vật dụng từ nhựa có thể là nguồn phát sinh các chất độc hại trực tiếp đối với người sử dụng, đặc biệt trên các sản phẩm nhựa tiếp xúc với thực phẩm. Những chất



Hình 1.1: Mã định dạng nhựa (nguồn stopwaste.org)

có tiềm năng gây độc hại thường là những chất phụ gia được thêm vào nhựa để tạo độ cứng, độ màu, kháng khuẩn, chống tia UV, chống cháy...[4]. Theo các nhà khoa học, các đồ dùng nhựa như chai nước, hộp xốp, hộp nhựa đựng thức ăn, ly nhựa có khả năng cao bị rò rỉ các chất độc như bisphenol A (BPA), phthalate, formaldehyde, styrene, chất chống cháy từ brom (BFRs), antimon trioxide, kim loại nặng...[5], [6]. Qua quá trình sử dụng lâu dài hay tái sử dụng nhiều lần, các tác nhân như nhiệt, axit, chất béo làm tăng khả năng thôi nhiễm các hợp chất độc hại vào thức ăn [5]. Bảng 1.1 liệt kê các hợp chất có trong các vật dụng nhựa và tác động tiềm ẩn của chúng đến sức khỏe con người.

Bảng 1.1: Các chất phụ gia chính sử dụng trong nhựa và tác hại của chúng đến sức khỏe con người

| Tên hợp chất | Công dụng | Ảnh hưởng đến sức khỏe con người | Tham khảo |
|--------------------------------|---|--|--------------------|
| Bisphenol A (BPA) | Làm cứng các loại nhựa, đặc biệt là polycarbonate. Sử dụng trong đóng gói thực phẩm, đồ hộp. | Gây thay đổi nhanh hệ miễn dịch, tổn thương nhiễm sắc thể buồng trứng, giảm tinh trùng, dậy thì sớm, béo phì, rối loạn tim mạch... Làm tăng khả năng gây ung thư như ung thư vú, ung thư tuyến tiền liệt... | [4], [5], [6], [7] |
| Phthalates | Là chất tạo dẻo chính trong nhựa. Những hợp chất của Phthalates có tác dụng làm tăng độ dẻo, bền, trong suốt, tuổi thọ. | Gây mất cân bằng hooc-môn, ảnh hưởng đến khả năng sinh sản. Là một chất gây ung thư. | [6], [4] |
| Styrene | Nhựa polystyrene là chất tạo ra các sản phẩm hộp xốp, khay xốp, ly tự phân hủy... | Là chất gây ung thư, thường là ung thư tuyến tụy, thực quản | [5], [7], [8] |
| Polybrominated biphenyls (PBB) | Chất chống cháy | Gây rối loạn tuyến giáp, béo phì, sức khỏe sinh sản, ung thư, rối loạn thần kinh. | [9], [10] |
| Cadmium (Cd) | Ổn định nhiệt, Ổn định UV, màu nhuộm vô cơ | Thay đổi chuyển hoá Cadmium. Gây ra chứng nhũn xương. Rụng tế bào, methyl hoá DNA. Chất gây ung thư. | [8], [4], [11] |
| Đồng (Cu) | Chất chống nhiễm khuẩn | Gây gãy và oxi hoá dây DNA. | [4], [8], [11] |
| Thủy ngân (Hg) | Chất chống nhiễm khuẩn | Chất gây đột biến, ung thư. Phá cấu trúc DNA. Gây tổn thương não | [4], [8], [11] |
| Arsenic (As) | Chất chống nhiễm khuẩn | Gây dị tật bẩm sinh. Ung thư: phổi, da, gan, thận. Tổn thương dạ dày – ruột. Gây tử vong. | [4], [8], [11] |
| Thiếc (Sn) | Chất ổn định UV, chống nhiễm khuẩn | Gây ung thư vú. Gây chứng phát ban, buồn nôn, tiêu chảy, đau đầu. Chất có khả năng gây đột biến | [4], [8], [11] |
| Chì (Pb) | Chất ổn định nhiệt, ổn định UV và chất tạo màu vô cơ | Thiếu máu, tăng huyết áp, sảy thai. Phá vỡ hệ thần kinh, tổn thương não và các mô. | [4], [8], [11] |
| Coban (Co) | Chất tạo màu vô cơ | Tạo ra các chất oxi hoá. Gây tổn thương hệ thần kinh (nghe, nhìn). Thâm hụt các chất nội tiết. | [4], [8], [11] |
| Crom (Cr) | Chất tạo màu vô cơ | Gây dị ứng, u xơ vách ngăn mũi. Ảnh hưởng nặng đến hệ tim mạch, hô hấp, tiêu hoá, gan và thần kinh. Có thể gây tử vong. | [4], [8], [11] |
| Antimony (Sb) | Chất chống cháy, chống nhiễm khuẩn | Gây rối loạn hooc môn Estrogen, ung thư vú | [4], [8], [11] |

1.3. Quy chuẩn về các hợp chất độc hại trong nhựa và vật dụng nhựa

Để bảo vệ sức khỏe người tiêu dùng cũng như bảo vệ môi trường khỏi nguy cơ phơi nhiễm các chất gây hại từ các chất phụ gia trong nhựa, các quốc gia, vùng lãnh thổ, hay các tổ chức đưa ra các quy chuẩn riêng trong việc hạn chế các chất phụ gia độc hại trong nhựa, đặc biệt trong các loại nhựa dùng cho thực phẩm, dược phẩm, và đồ chơi trẻ em.

Bảng 1.2: Tổng hợp một số quy chuẩn, hướng dẫn về mức an toàn của các hợp chất độc hại được đưa vào sản phẩm nhựa dưới dạng chất phụ gia.

| | Quy chuẩn | Nội dung |
|------------|---|--|
| Việt Nam | QCVN 12-1:2011/BYT | Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn vệ sinh đối với bao bì, dụng cụ tiếp xúc trực tiếp với thực phẩm bằng nhựa tổng hợp |
| | TCVN 6238-3:2011 | Tiêu chuẩn quốc gia về “An toàn đồ chơi trẻ em” |
| Châu Âu | RoHS (Directive 2011/65/EC) | Tiêu chuẩn hạn chế hàm lượng chất độc hại trong các sản phẩm nhựa dùng cho điện tử |
| | Directive 94/62/EC | Quy chuẩn an toàn cho các chất hoá học, hợp chất độc trong sản phẩm đóng gói – bao bì |
| | Directive 2002/72/EC | Quy chuẩn liên quan đến vật liệu có tiếp xúc với thực phẩm như nhựa, kim loại... |
| | Directive 2009/48/EC | Quy chuẩn liên quan đến an toàn đồ chơi trẻ em. |
| | Phụ lục XVII của REACH | Danh sách các chất bị giới hạn trong sản phẩm nhựa. |
| | EFSA (Ban an toàn thực phẩm Châu Âu) | Quy định về hàm lượng tối đa hợp chất nguy hại thời nhiễm vào thức ăn |
| USA | Toxics in Packaging Clearhouse (TPCH) bởi CONEG trong 19 bang USA | Cấm buôn bán, phân phối các sản phẩm nhựa đóng gói bao bì có chứa các kim loại nặng. |
| Trung Quốc | GB 9685-2016 (phụ lục A1: nhựa tiếp xúc với thực phẩm) | Quy chuẩn quốc gia về an toàn thực phẩm: chất phụ gia trong vật liệu tiếp xúc với thực phẩm. |

Cụ thể hơn với một số quy chuẩn quan trọng sẽ được trình bày dưới đây. Tại Châu Âu, RoHS (Restriction of Hazardous Substances Directive; tạm dịch là Chỉ thị hạn chế các hợp chất độc hại) và REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals; tạm dịch là Đăng ký, Đánh giá, Cấp phép và Hạn chế cho hoá chất) là 2 quy chuẩn tin cậy nhất để đảm bảo an toàn sử dụng cho vật dụng nhựa. RoHS được chính thức áp dụng tại Châu Âu từ tháng 7 năm 2006 để hạn chế các chất độc hại trong các sản phẩm nhựa hoặc nhựa tái chế dùng cho ngành điện tử hoặc vật có liên quan đến điện tử. Những hợp chất bị kiểm soát bao gồm kim loại nặng bao gồm chì (Pb), thủy ngân (Hg), cadmium (Cd), và crom VI (Cr VI), chất chống cháy polybrominated biphenyls (PBB) hoặc polybrominated diphenyl ethers (PBDE). Đến cuối tháng 3 năm 2015, RoHS 2 bổ sung thêm các chất phthalates gồm Bis(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP), butyl benzyl phthalate (BBP), dibutyl phthalate (DBP), diisobutyl phthalate (DIBP) vào danh sách hạn chế. Nồng độ các hợp chất được quy định trong RoHS không được vượt quá 0.1% tương đương 1000ppm, ngoại trừ Cadmium không được vượt quá 0.01% tương đương 100ppm [12].

Năm 2006, Liên minh Châu Âu đưa ra quy chuẩn REACH cho thành phần hoá chất trong sản phẩm nhựa nhằm đảm bảo các hợp chất phụ gia được sử dụng an toàn. Quy chuẩn này được áp dụng vào năm 2007 đối với những sản phẩm sản xuất tại Châu Âu và nhập khẩu vào Châu Âu [13],[14]. Theo quy chuẩn này, một số áp dụng hạn chế hoá chất cho sản phẩm nhựa như nồng độ phthalate <0.1% theo khối lượng, cadmium <0.01% theo khối lượng, chất chống cháy PPB, PBDE bị cấm đối với các sản phẩm tiếp xúc với da, hay Bisphenol A bị cấm trong bình sữa trẻ em (theo <http://echa.europa.eu>). Ngoài ra, các sản phẩm nhựa tái chế phải đáp ứng đúng quy định REACH với thành phần hoá chất, tỷ lệ phối trộn [15]. Đối với nhựa dành cho đóng gói và bao bì, hướng dẫn Directive 94/62 EC của REACH quy định một số chuẩn an toàn nhựa, đặc biệt quy định về hàm lượng kim loại nặng (Pb, Cd, Hg, CrVI) trong những sản phẩm nhựa này không vượt quá 100ppm.

Tại Mỹ cũng ban hành quy chuẩn hạn chế các hợp chất độc hại, kim loại nặng trong nhựa đóng gói thực phẩm trên 19 bang dự vào luật ban hành vào năm 1989 bởi Liên minh các thống đốc Đông Bắc Mỹ (CONEG) và được cập nhật năm 1998. Quy chuẩn này quy định tổng nồng độ của kim loại nặng Pb, Cd, Hg, Cr(VI) không vượt quá 100ppm [16].

Tại Việt Nam, để bảo vệ sức khoẻ người dân, có rất nhiều quy chuẩn, tiêu chuẩn an toàn cho vật dụng nhựa như tính cơ lý, hoá học... Nhưng để tránh thời nhiễm các hợp chất hoá học độc hại vào cơ thể người, nhất là qua đường tiêu hoá, quy chuẩn QCVN 12-1:2011/BYT và tiêu chuẩn TCVN 6238-3:2011 là hai văn bản quy định mức an toàn cho các hợp chất độc hại trong dụng cụ nhựa.

Trong quy chuẩn QCVN 12-1:2011/BYT – Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn vệ sinh đối với bao bì, dụng cụ bằng nhựa tổng hợp tiếp xúc trực tiếp với thực phẩm, quy chuẩn áp dụng cho các tổ chức, cá nhân sản xuất, nhập khẩu, buôn bán và sử dụng các sản phẩm bao bì, dụng cụ nhựa có tiếp xúc với thực phẩm. Yêu cầu chung với nồng độ chì và cadmium không vượt quá 100 μ g/g tương đương 100ppm. Các chỉ tiêu khác như styrene, formaldehyd, antimony... được quy định tùy theo loại nhựa của vật dụng. [17]

Tiêu chuẩn TCVN 6238-3:2011 giới hạn mức phơi nhiễm của một số nguyên tố độc hại trong sản phẩm đồ chơi trẻ em, bao gồm antimony <60ppm, arsen <25ppm, bari <1000ppm, cadmium <75ppm, crom <60ppm, chì <90ppm, thủy ngân <60ppm, và selen <500ppm. [18]

1.4. Các nghiên cứu về những hợp chất nguy hiểm tồn tại trong các đồ dùng nhựa trong gia đình

Trong những năm gần đây đã có rất nhiều các bài nghiên cứu sử dụng nhiều phương pháp khác nhau như GC-MS, FITR, quang phổ hấp thụ nguyên tử (AAS), quang phổ huỳnh quang tia X (XRF), và một số phương pháp khác để đánh giá các độc chất có trong sản phẩm nhựa. Năm 2005, tác giả Joanna Wolksa sử dụng phương pháp quang phổ huỳnh quang tia X để bước đầu xác định kim loại nặng trong nhựa polyethylene theo chuẩn RoHS. Tuy kim loại nặng gồm Cr, Ni, Cu, Zn, As, Br, Cd, Ba, Hg, Pb tìm thấy trong mẫu nhựa có nồng độ không đáng kể nhưng kết quả đo bằng phương pháp này có độ lặp tốt sau 20 lần đo liên tiếp và kết quả chênh lệch nhỏ sau 3 tuần [19]. Sử dụng cùng phương pháp phân tích XRF, tác giả F.A.I Chaqmaqchee tại Iraq đã đánh giá thành phần kim loại nặng có trong các loại nhựa khác nhau như PET, PETE, HDPE, PVC, LDPE... Kết quả cho thấy một số thành phần kim loại nặng xuất hiện trong các mẫu nhựa phế thải. Đáng chú ý, antimony (Sb) xuất hiện trong các loại nhựa như PET, HDPE, PVC có nồng độ từ 0.0009 đến 0.0022%. Và chì (Pb), crom (Cr) tồn tại trong nhựa LDPE đều có nồng độ 0.0011% [20]. Ở một nghiên cứu khác, nhóm tác giả từ Ấn Độ đánh giá nồng độ kim loại nặng có trong các đồ chơi bằng nhựa ở các tỉnh khác nhau khắp Ấn Độ. Bằng phương pháp phân tích quang phổ hấp thụ nguyên tử AAS, sáu nguyên tố kim loại nặng Pb, Cd, Ni, Zn, Cr, Co và Mn có nồng độ đáng chú ý khi hầu hết các kết quả có nồng độ kim loại nặng vượt qua 1ppm [21]. Vấn đề ô nhiễm kim loại nặng trong sản phẩm nhựa dễ tiếp xúc với con người như hộp đựng thức ăn, chai nhựa, đồ chơi cho trẻ em rất được quan tâm. Năm 2010, J.A. Omolaoye và cộng sự xác định 75% đồ chơi thu thập được ở Nigeria được làm từ PVC và có nồng độ kim loại nặng Pb, Cd, Ni, Zn, Cr, Co và Mn ở mức rất cao, từ vài ppm đến vài ngàn ppm. Các mẫu nhựa được phá mẫu bằng HNO₃ và H₂O₂ rồi phân tích bằng quang phổ hấp thụ nguyên tử bằng ngọn lửa [22].

1.5. Mục đích của nghiên cứu

Các nghiên cứu trước đó trên thế giới đã cho thấy lượng các hợp chất độc hại tồn tại trong vật dụng nhựa khá phong phú. Trong trường hợp các đồ dùng nhựa được tái sử dụng nhiều lần, các hợp chất này dễ dàng phơi nhiễm sang đồ ăn, nước uống chứa trong đó sau đó tích tụ trong cơ thể. Tuy nhiên, tại Việt Nam chưa có nhiều bài nghiên cứu về đánh giá mức độ an toàn cho các vật dụng nhựa này. Thêm vào đó, nhu cầu sử dụng vật dụng nhựa cao và thói quen tái sử dụng của người Việt Nam gây nguy cơ phơi nhiễm độc cao trong hộ gia đình. Trong nghiên cứu này, chúng tôi tập trung đánh giá sự tồn tại các kim loại nặng Cd, Pb, Hg, Cr, Sb, Sn và một số nguyên tố khác tiềm ẩn nguy cơ ảnh hưởng tới sức khỏe người sử dụng như Cl, S, Br. Nghiên cứu này được áp dụng trên các vật dụng nhựa sử dụng trong các hộ gia đình tại địa bàn quận Gò Vấp, thành phố Hồ Chí Minh bao gồm các chai nhựa tái sử dụng nhiều lần, hộp đựng thức ăn, hũ nhựa, bút, đồ chơi trẻ em. Các mẫu nhựa được phân tích bằng phương pháp quang phổ huỳnh quang tia X (XRF) do một số ưu điểm của phương pháp này: không cần phá mẫu trên vật liệu đồng chất; ít tốn thời gian chuẩn bị mẫu; không sử dụng các acid độc hại; thời gian đo mẫu nhanh. Kết quả sẽ là số liệu tham khảo cho những nghiên cứu tiếp theo, cũng như để nâng cao nhận thức cho những người dân đang sử dụng các sản phẩm từ nhựa để tránh hoặc giảm nguy cơ phơi nhiễm độc.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Khảo sát – lấy mẫu

2.1.1. Khảo sát thói quen sử dụng nhựa trong hộ gia đình bằng mẫu khảo sát online

Nhằm đánh giá thói quen sử dụng nhựa và tái sử dụng các vật dụng nhựa trong nhà, phiếu khảo sát gồm 12 câu hỏi liên quan đến kiến thức cơ bản về nhựa, số sản phẩm nhựa mỗi cá nhân đang sử dụng, thói quen sau khi sử dụng sản phẩm nhựa, mức độ tái sử dụng nhựa, những sản phẩm có khả năng được tái chế và quan điểm về sản phẩm tái sử dụng nhựa.

2.1.2. Khảo sát thực địa và lấy mẫu trực tiếp tại hộ gia đình

Nghiên cứu này được thực hiện tại 63 hộ gia đình thuộc quận Gò Vấp, thành phố Hồ Chí Minh. Quận Gò Vấp là một quận điển hình ở thành phố Hồ Chí Minh với dân số 561.068 người và mật độ 28.423 người/km² (số liệu 2011, Cục thống kê thành phố Hồ Chí Minh). Hộ gia đình trong khu vực nghiên cứu được khảo sát các câu hỏi có nội dung tương tự với phiếu khảo sát online. Các mẫu nhựa tại các hộ gia đình sẽ được thu thập, tập trung vào các vật dụng nhựa dùng một lần, nhựa tiếp xúc với thức ăn và đồ chơi trẻ em.

2.2. Phương pháp phân tích mẫu nhựa

2.2.1. Phân loại và xử lý mẫu

Có 76 mẫu nhựa đã được thu thập từ 63 hộ gia đình tham gia khảo sát, mỗi gia đình 1-2 sản phẩm thường được sử dụng hoặc tái sử dụng. Mẫu vật được phân loại dựa vào tên nhựa có in trên sản phẩm và phân loại bằng trực quan. Sau khi phân loại, có 46 mẫu nhựa PET gồm chai nước, hũ nhựa; 10 mẫu nhựa PS gồm gồm bút bi, đĩa nhựa; 12 mẫu nhựa PP gồm ly nhựa dùng một lần, hộp đựng thức ăn, 3 mẫu nhựa PC gồm nắp hũ; 2 mẫu nhựa HDPE gồm tuýp sữa rửa mặt và bình nước giặt; 3 mẫu nhựa PVC gồm đồ chơi trẻ em. Các mẫu nhựa sau khi thu thập về sẽ được làm sạch bề mặt bằng nước cất, cắt nhỏ theo kích thước 1x1cm và bảo quản trong các túi zip.

Bảng 1.3: Phân loại mẫu theo loại nhựa và công dụng của chúng đang được sử dụng trong những hộ khảo sát

| Công dụng | Loại nhựa | Tên mẫu |
|--|-----------|---|
| Lưu trữ thức ăn trực tiếp (hũ, chai nước, ly nhựa...) | PET | M5, M6, M13, M15, M16, M17, M18, M19, M21, M22, M23, M25, M26, M27, M28, M29, M31a, M32, M33, M33a, M34, M35, M37, M38, M39, M40, M44, M45a, M46, M50, M53, M54, M55, M56, M57, M58, M59, M60, M61, M66, M67, M70 |
| | PS | M3 |
| | PP | M7, M9, M10, M20, M36, M42, M43, M47, M62, M64 |
| Lưu trữ thức ăn gián tiếp (hũ, vỉ trứng...) | PC | M31 |
| | PET | M4 |
| Đồ chơi trẻ em | PVC | M41, M69 |
| Chứa hóa chất giặt tẩy, mỹ phẩm | HDPE | M12, M30, M49 |
| | PS | M49a, M11, M24, M50a, M52 |
| Khác | PVC | M49 |

2.2.2. Phân tích nguyên tố tồn tại trong mẫu vật

Dựa vào tiêu chuẩn RoHS, 7 nguyên tố có tiềm năng gây nguy hại đến sức khỏe được phân tích và đánh giá bao gồm Cadmium, Chì, Thủy ngân, Crom, Brom, Clo, Antimony, Thiếc, và Lưu huỳnh. Để định tính và định lượng những nguyên tố này, chúng tôi sử dụng thiết bị Quang phổ huỳnh quang tia X tán xạ (EDXRF) – EDX 7000 của Shimadzu Nhật Bản với ống phóng tia X có nguồn điện 50kV/1000 μ A. Độ mỏng vật liệu có thể đo được lên đến 1.8 μ m. Giới hạn xác định của EDX-7000 tùy thuộc vào thành phần nguyên tố; Pb, Hg, Br là 0.1ppm; Cd, Sn, Sb, Cr là 1ppm; Cl, S là 10ppm. Mỗi mẫu nhựa được tiến hành đo từ 3 – 5 lần để đảm bảo độ lặp. Kết quả tính trung bình của 3 mẫu có kết quả phân tích gần nhau nhất. Phương pháp quang phổ huỳnh quang tia X tán xạ (EDXRF) được chấp nhận rộng rãi trong việc xác định thành phần nguyên tố trong mẫu bề mặt như sơn, đất, than, nhựa. Cơ chế của EDXRF là tia X mang theo năng lượng bắn vào mẫu vật, khi năng lượng đủ để một electron lớp trong cùng bật ra, sẽ có một electron lớp ngoài bù vào lỗ trống và phát ra một năng lượng photon. Năng lượng photon này đại diện cho một nguyên tố trong bảng tuần hoàn, từ đó định danh các nguyên tố trong mẫu vật. Thiết bị sẽ dùng đường chuẩn có sẵn để tính toán nồng độ nguyên tố vừa xác định [23].

3. Kết quả và thảo luận

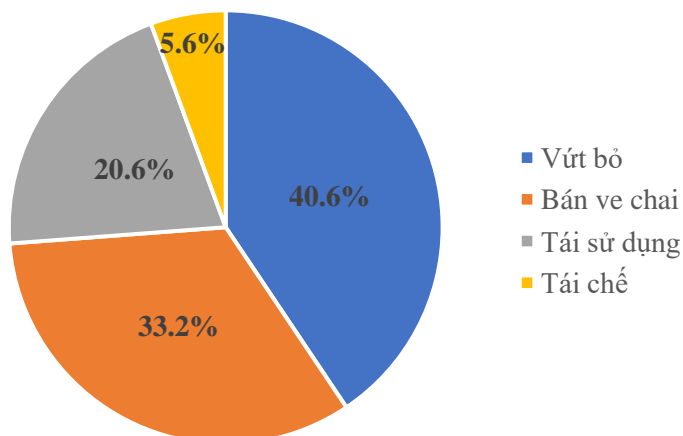
3.1. Thói quen sử dụng nhựa trong hộ gia đình thông qua đánh giá khảo sát online tại khu vực chủ yếu là thành phố Hồ Chí Minh và một số khu vực nhỏ khác

Qua quá trình khảo sát online, chúng tôi nhận được 511 phiếu trả lời với 82,1% hộ gia đình tại thành phố Hồ Chí Minh, còn lại 17,9% thuộc các tỉnh thành khác như Đồng Nai, Bình Thuận, Kiên Giang, Bình Định. Kết quả tổng hợp cho thấy 78,4% người tham gia khảo sát sở hữu ít hơn 50 vật dụng nhựa, thường là chai nước, vỉ phòng phẩm, ốp điện thoại, hộp đựng thức ăn, túi nylon, ly, chén, nội thất nhựa... Trong đó, thời gian lưu trữ hoặc sử dụng các vật dụng cũng cho thấy sự khác nhau do mục đích sử dụng. Bảng 3.1

cho thấy kết quả thời gian lưu giữ của từng vật dụng khác nhau. Điểm chung của thời gian lưu trữ là vật dụng có giá trị càng lớn, khó hư hỏng sẽ được lưu giữ lâu hơn trong gia đình.

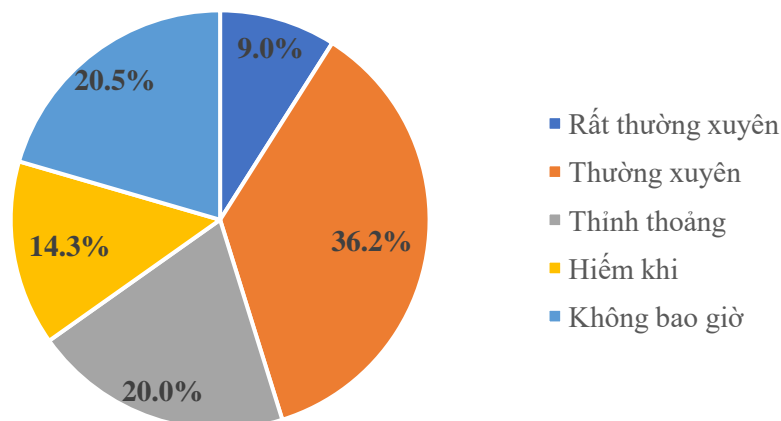
Bảng 3.1: Thời gian lưu giữ các vật dụng nhựa trong hộ gia đình

| Vật dụng nhựa | Thời gian sử dụng hoặc lưu giữ |
|---|--------------------------------|
| Nội thất nhựa | > 1 năm |
| Văn phòng phẩm, ốp điện thoại, bình tẩy rửa | 1 – 6 tháng |
| Chai nước, hộp đựng thức ăn, túi nylon, ly, chén, đĩa nhựa... | 0 – 5 ngày |



Biểu đồ 3.1: Thói quen xử lý các vật dụng nhựa sau khi sử dụng

Bên cạnh đó, các phương án xử lý vật dụng nhựa sau khi sử dụng được thể hiện trong Biểu đồ 3.1. Có đến 40,6% người khảo sát chọn vứt bỏ các vật dụng qua sử dụng; trong khi đó 33,2% số người chọn bán ve chai; số lượng tái sử dụng lại các vật dụng nhựa khá lớn chiếm đến 20,6%; và còn lại 5,6% chọn phương án tái chế. So sánh với thói quen xả thải hàng ngày của hộ gia đình tại các tỉnh thành trên cả nước do WWF thống kê năm 2019 thì lượng rác thải nhựa vứt bỏ ở quận Gò Vấp thấp hơn nhiều so với trung bình cả nước 91% [3]. Tuy nhiên, số lượng nhựa bán ve chai tại quận này lại tăng gấp 3 lần từ 10% lên 33,2% [3]. Trong thống kê của WWF không nhắc đến lượng nhựa tái sử dụng, tuy nhiên trên thực tế do thói quen tiêu dùng, số lượng nhựa tái sử dụng ở các hộ gia đình Việt Nam là khá lớn. Do lượng nhựa tái sử dụng chiếm tỉ lệ cao 20,6%, khả năng thôi nhiễm các hợp chất độc hại có sẵn trong sản phẩm nhựa cũng tăng lên. Việc tái sử dụng trong gia đình khiến các sản phẩm nhựa có khả năng tiếp xúc với nhiệt, acid béo hoặc dùng cho lò vi sóng với nhựa không phù hợp... là những tác nhân giải phóng hợp chất độc vào thức ăn. Những sản phẩm nhựa gồm chai nước, túi nylon, và hộp thức ăn là 3 sản phẩm được tái sử dụng phổ biến nhất trong



Biểu đồ 3.2: Mức độ thường xuyên của việc tái sử dụng vật dụng nhựa

cuộc khảo sát. Có thể thấy tại Biểu đồ 3.2, tỷ lệ rất thường xuyên tái sử dụng vật dụng nhựa khá thấp, chỉ khoảng 9%. Trong khi đó, mức độ thường xuyên và thỉnh thoảng chiếm hơn 50% số hộ khảo sát. Ta thấy được nhu cầu của việc tái sử dụng là rất lớn, do tiết kiệm chi phí và sự tiện dụng của các vật dụng nhựa có thể sử dụng cho nhiều mục đích khác nhau. Một điểm thú vị là mức độ hiếm khi và không bao giờ sử dụng tái sử dụng nhựa chiếm đến 1/3 lượng phiếu khảo sát. Nhóm này có thể thuộc vào nhóm hộ gia đình có kinh tế tốt hạn chế sử dụng các sản phẩm nhựa, hoặc ý thức cao trong việc bảo vệ sức khỏe và môi trường. Bên cạnh đó, được hỏi về độ sẵn sàng đón nhận các sản phẩm thay thế nhựa thân thiện với môi trường, có 56,5% số người trả lời rất sẵn lòng. Số người này đã có ý thức về tác hại của nhựa, rác thải nhựa và có sẵn sàng sử dụng các sản phẩm thân thiện và tốt cho sức khỏe. Tuy nhiên hơn 30% người khảo sát lại e dè với giá thành của các sản phẩm thay thế nhựa. Họ sẵn sàng thay đổi thói quen sử dụng nhựa nếu như các sản phẩm thay thế có giá thành không chênh lệch nhiều. Hơn 10% còn lại đánh giá cao giá thành và độ tiện dụng của các sản phẩm nhựa dùng trong hộ gia đình nên chưa sẵn sàng để thay đổi. Theo kết quả khảo sát này, xu hướng hạn chế và từ bỏ các vật dụng nhựa ngày càng cao trong cộng đồng dân cư, góp phần hạn chế rác thải nhựa trong tình hình thế giới phải đối mặt với 275 triệu tấn rác thải nhựa mỗi năm.

3.2. Thói quen sử dụng nhựa trong hộ gia đình thông qua đánh giá khảo sát trực tiếp

Theo số liệu thu thập được từ các phiếu khảo sát trực tiếp từ 63 hộ gia đình tại quận Gò Vấp, tỷ lệ số người chọn vứt bỏ các vật dụng nhựa đã qua sử dụng chiếm 51,7%, bán ve chai chiếm 27%, tái sử dụng chiếm 18,8% và tái chế chiếm 2,5%. Kết quả này khá phù hợp với kết quả khảo sát online được thể hiện ở **Biểu đồ 3.1**. Ở nội dung khảo sát mức độ tái sử dụng nhựa, số người chọn mức độ thỉnh thoảng chiếm số lượng lớn nhất 49,2%. Trong khi đó, số lượng phiếu chọn rất thường xuyên chỉ chiếm 9%, hiếm khi chiếm 26% và không bao giờ chiếm 15,8%. Đến đây, ta thấy kết quả đánh giá trực tiếp đã có sai khác với kết quả đánh giá online (Biểu đồ 3.2). Nhưng theo chúng tôi, kết quả không có quá nhiều khác biệt và có thể chấp nhận được khi so sánh 49,2% mức độ thỉnh thoảng của phần đánh giá trực tiếp với 56,2% mức độ thường xuyên + thỉnh thoảng của phần đánh giá online, và các chỉ số khác cũng khá tương đồng. Vì vậy, tuy số lượng hộ gia đình khảo sát nhỏ (63 hộ) nhưng nó vẫn có tính đại diện cho các hộ gia đình khác trên địa bàn thành phố Hồ Chí Minh.

3.3. Đánh giá các nguyên tố có tiềm năng gây hại đến sức khỏe tồn tại trong vật dụng nhựa

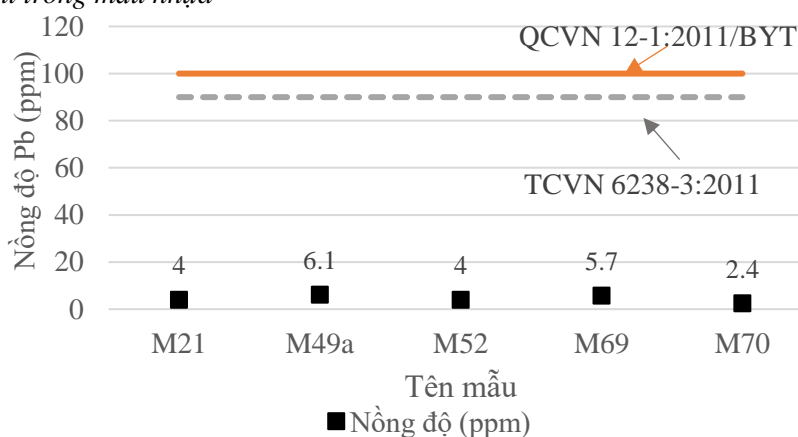
Kết quả phân tích 76 mẫu nhựa thu thập được ở các hộ gia đình tại Gò Vấp được thể hiện trong Bảng 3.2. Có 57 mẫu được xác định có sự xuất hiện của các nguyên tố gây độc hại, bao gồm Pb, Hg, Cr, Br, Cl, Sb, S. Hai nguyên tố Cd và Sn không xác định trong mẫu nhựa. Bước đầu sàng lọc cho thấy, nhựa PET trong nghiên cứu này là các chai nhựa, ly nhựa và hũ nhựa có xuất hiện 7/7 các nguyên tố gây hại: Pb, Hg, Cr, Br, Cl, Sb, và S. Đáng chú ý nhất trong kết quả này là 2 nguyên tố Antimony và lưu huỳnh xuất hiện trong hầu hết các mẫu nhựa PET, lần lượt là 37/46 và 41/46 mẫu. Phải lưu ý rằng, nhựa PET là loại nhựa thường dùng trong thực phẩm, với sự xuất hiện nhiều của nguyên tố độc hại thì việc thường xuyên tái sử dụng sẽ làm tăng nguy cơ thời nhiễm vào cơ thể. Trong trường hợp các nguyên tố còn lại, Cr, Br, và Cl, chỉ xuất hiện ở một vài mẫu nhựa PET. Tiếp đến, nhựa PP cũng là loại nhựa thường xuyên được dùng trong thực phẩm; hộp đựng thức ăn, ly nhựa nên cần được chú ý. Số lượng mẫu nhựa PP thu được là 12 mẫu. Trong đó, chỉ ngoại trừ Pb, các nguyên tố khác như Hg, Cr, Br, Cl, Sb và S đều có xuất hiện ít nhất trong 1 mẫu nhựa PP. Số lượng mẫu PP có chứa Cl chiếm nhiều nhất với 9/12 mẫu. Ngược lại, nhựa PS ít được dùng tiếp xúc trực tiếp với thực phẩm, mẫu nhựa PS thu được từ hộ gia đình chủ yếu là bút bi. Vì vậy khả năng thời nhiễm chất độc hại vào cơ thể con người ở mẫu nhựa này nhỏ hơn PET và PP. Bên cạnh đó, số lượng mẫu PS được xác định có sự tồn tại của các nguyên tố gây hại cũng khá ít. Trong trường hợp nhựa PVC gồm 3 mẫu đồ chơi trẻ em là những vật dụng tiềm ẩn nguy cơ gây hại cho trẻ qua đường tiêu hoá vì trẻ có thể vô thức nhai đồ chơi của chúng. Hệ tiêu hoá của trẻ có thể hấp thu 50% lượng chì đi vào dạ dày sau bữa ăn và 100% lượng chì nếu dạ dày rỗng (ATSDR 2020) [24]. Trong 3 mẫu nhựa PVC có 1 mẫu chứa Pb, 1 mẫu chứa Br, 3 mẫu chứa Cl, và 2 mẫu chứa lưu huỳnh. Việc đồ chơi trẻ em nhiễm kim loại nặng phụ thuộc vào nhiều yếu tố như nguyên liệu, phương thức sản xuất, màu... Theo các nghiên cứu trước đây, kim loại nặng trong sản phẩm đồ chơi thường là Pb (1ppm tới 1500ppm), Cd (01.ppm tới >300ppm), Ni (1ppm tới 100ppm), Zn (1ppm tới 2000ppm), Cr (1ppm tới 200ppm) và một số kim loại khác như Cu, Co, Mn [21], [22], [25]. Các mẫu nhựa còn lại có 3 mẫu nhựa PC và 2 mẫu HDPE, các mẫu nhựa này đều là các vật dụng ít tiếp xúc trực tiếp với thức ăn hay dễ gây nguy hiểm đến con người. Tuy nhiên, mẫu nhựa HDPE cũng đáng quan tâm vì có chứa các nguyên tố Br, Cl, và S.

Bảng 3.2: Kết quả số lượng mẫu nhựa có sự xuất hiện của nguyên tố độc hại

| Chỉ tiêu | Số lượng | Phân loại |
|----------------|----------|---|
| Chì (Pb) | 5 | 2 PET, 2 PS, 1 PVC |
| Thủy ngân (Hg) | 2 | 1 PET, 1 PP |
| Crom (Cr) | 14 | 7 PET, 5 PP, 1 PS, 1 HDPE |
| Brom (Br) | 7 | 2 PET, 2 PP, 1 PS, 1 PVC, 1 HDPE |
| Clo (Cl) | 29 | 10 PET, 9 PP, 5 PS, 3 PVC, 1 PC, 1 HDPE |
| Antimony (Sb) | 40 | 37 PET, 3 PP |
| Lưu huỳnh (S) | 57 | 41 PET, 10 PP, 3 PS, 1 HDPE, 2 PVC |

Theo nghiên cứu của Chaqmaqchee và cộng sự (2017), các mẫu nhựa mới PET, PP, HDPE, PVC, PS phân tích bằng thiết bị XRF đều có xuất hiện những nguyên tố Pb, Hg, Cr, Br, Cl, Sb, S như trong bài nghiên cứu này [20]. Vì vậy, chúng tôi cho rằng các nguyên tố này tồn tại nguyên bản trong các mẫu nhựa chứ không phải do tác động bên ngoài gây biến tính hoặc nguyên tố ngoại lai. Lưu ý rằng một hạn chế của phương pháp XRF là một phương pháp sàng lọc bước đầu, vì thế chúng tôi không thể xác định được các hợp chất cụ thể của các nguyên tố này và cần một nghiên cứu với phương pháp khác như GC-MS, FTIR hoặc Raman để xác định cụ thể hợp chất gây hại. Ví dụ trong trường hợp này, chúng tôi chỉ ghi nhận sự tồn tại của các nguyên tố có tiềm năng gây độc hại.

3.3.1. Nồng độ Chì trong mẫu nhựa



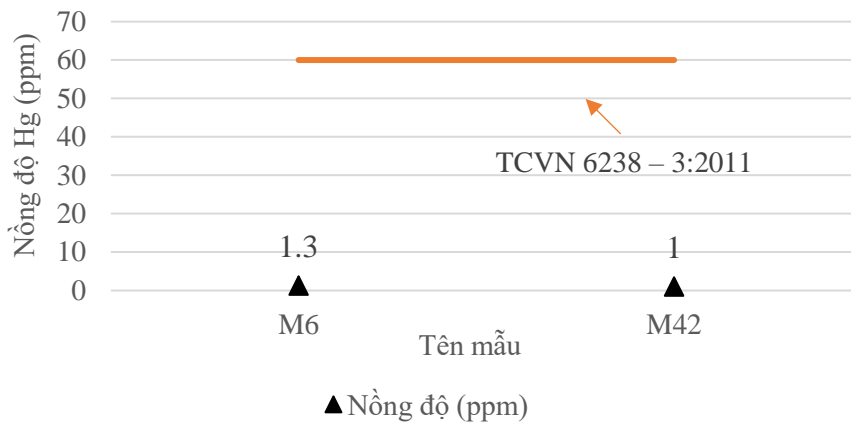
Biểu đồ 3.3: Nồng độ Chì (Pb) trong các mẫu nhựa và so sánh với QCVN 12-1:2011 đối với vật dụng nhựa tiếp xúc với thực phẩm, TCVN 6238-3:2011 đối với đồ chơi trẻ em.

Biểu đồ 3.3 biểu diễn nồng độ Pb trong các mẫu nhựa có sự tồn tại của chúng đo được bằng thiết bị EDX-7000. 5 mẫu nhựa có nồng độ Pb thấp từ 2,4ppm tới 6,1ppm. Trong đó, mẫu M21, M70 là nhựa PET, cụ thể lần lượt là chai nhựa và hũ nhựa có tiếp xúc với thức ăn. Tuy nhiên, nồng độ Pb trong 2 mẫu này rất thấp, chỉ 4ppm và 2,4ppm. So sánh với quy chuẩn QCVN 12-1:2011/BYT về nồng độ kim loại nặng thời nhiệm từ vật dụng nhựa có tiếp xúc với thức ăn, nồng độ chì của 2 mẫu này thấp hơn 20 – 40 lần. Tương tự với các quy chuẩn về nhựa bao gói thực phẩm của EU và Mỹ đều ở ngưỡng 100ppm [26], nồng độ chì phát hiện được trong các mẫu nhựa này ở mức an toàn và khó thể ảnh hưởng trong điều kiện bình thường. Các mẫu khác gồm M49a và M52 là mẫu bút bị (nhựa PS), M69 là mẫu đồ chơi trẻ em (nhựa PVC). Ở Việt Nam chưa có quy định nồng độ kim loại nặng trong nhựa không liên quan tới thực phẩm và đồ chơi. Tuy nhiên tiêu chuẩn về nồng độ chì có trong nhựa ở Châu Âu không được vượt quá 1000ppm (RoHS). Đối với mẫu nhựa số M69 là mẫu nhựa thuộc nhóm đồ chơi trẻ em, tiêu chuẩn thời nhiệm TCVN 6238-3:2011 quy định nồng độ Pb ở mức 60ppm. Vì vậy mẫu đồ chơi này an toàn với người sử dụng.

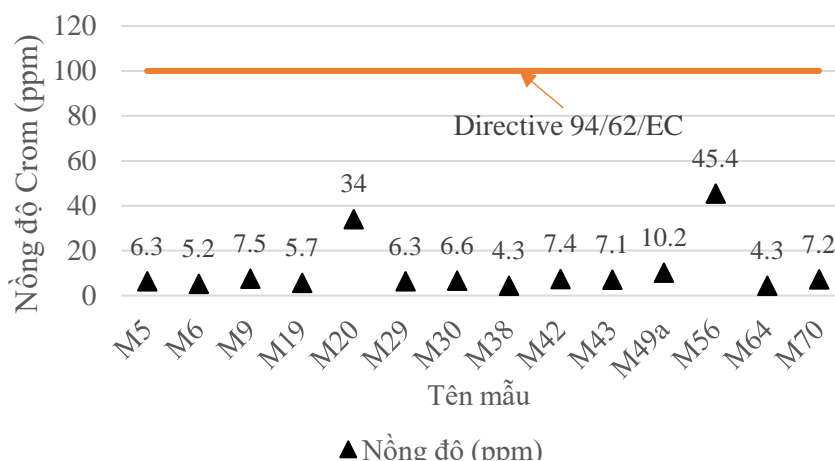
3.3.2. Nồng độ Thủy ngân trong mẫu nhựa

Thủy ngân cũng là kim loại nặng được quan tâm trong các sản phẩm nhựa, nhất là nhựa bao bì thực phẩm. Biểu đồ 3.4 cho thấy nồng độ thủy ngân trong mẫu được phân tích. Chỉ có 2 mẫu nhựa thu từ các hộ gia đình được tìm thấy sự có mặt của nguyên tố Hg, lần lượt là mẫu M6 (chai nhựa) và M42 (ly nhựa). Nồng độ thủy ngân thấp ở mức không đáng kể, trong khoảng 1ppm. Đáng chú ý là QCVN 12-1:2011/BYT không có quy định hạn chế mức thủy ngân trong nhựa. Trong khi đó TCVN 6238-3:2011 lại quy định ngưỡng độc hại nồng độ thủy ngân cho đồ chơi trẻ em ở ngưỡng 60ppm. Và các nước Châu Âu hay Mỹ đều có quy định

chung cho hàm lượng Hg trong sản phẩm bao bì không được vượt quá 100ppm [15], [16]. Nồng độ thủy ngân tuy ở mức thấp, nhưng sự tồn tại của nó có thể tiềm ẩn nguy cơ gây hại cho con người. Theo một nghiên cứu mới đây, năm 2020, Xianglian Peng và cộng sự thí nghiệm sự trên nhựa PE tiếp xúc với thức ăn nước, thức ăn có acid, thức ăn có chứa ethanol... để tìm ra mức độ phơi nhiễm Hg từ nhựa vào thức ăn. Nồng độ xác định của Hg trong các mẫu nhựa trong khoảng 0,1 – 0,15 $\mu\text{g}/\text{mL}$. Ở 20°C, mức phơi nhiễm lớn nhất trong điều kiện 5% acid acetic, 10% ethanol, 20% ethanol, và 50% ethanol lần lượt là 30ng/mL, 23ng/mL, 20ng/mL, và 20ng/mL tại ngày thứ 10. Tương tự thí nghiệm này khi nâng nhiệt độ lên 60°C, nồng độ phơi nhiễm Hg đạt nồng độ của thí nghiệm trên chỉ trong khoảng 24h. Nồng độ phơi nhiễm ở môi trường 5% acid acetic > 10% ethanol > 20% ethanol > 50% ethanol ở cùng mức nhiệt độ [27]. Như vậy, nồng độ thủy ngân di chuyển vào thức ăn có thể lên đến 20% lượng thủy ngân có trong sản phẩm nhựa theo kết quả nghiên cứu trên. Tuy chỉ ở mức độ thấp nhưng thủy ngân có thể tích tụ và gây hại cho cơ thể người khi sử dụng thời gian dài. Cơ thể người có thể hấp thụ 7 – 15% lượng hợp chất thủy ngân vô cơ bằng đường tiêu hoá [28]. Theo quy định của bộ y tế Việt Nam, mức nguy hiểm đối với thủy ngân có trong thực phẩm đa phần ở mức 0,05 $\mu\text{g}/\text{mL}$, ở nước khoáng và nước suối được quy định ở mức 0,001 $\mu\text{g}/\text{mL}$ và 0,006 $\mu\text{g}/\text{mL}$ [29]. Sự ảnh hưởng đến sức khỏe khi bị nhiễm thủy ngân là không thể bàn cãi, các nước tiên tiến đều có những quy chuẩn nghiêm ngặt để hạn chế hàm lượng thủy ngân trong sản phẩm nhựa, Việt Nam nên bổ sung nguyên tố này vào danh sách kiểm soát an toàn nhựa để đảm bảo sức khỏe cộng đồng.



Biểu đồ 3.4: Nồng độ Thủy ngân (Hg) trong các mẫu nhựa và so sánh với TCVN 6238-3:2011 đối với đồ chơi trẻ em.



Biểu đồ 3.5: Nồng độ nguyên tố Crom trong các mẫu nhựa

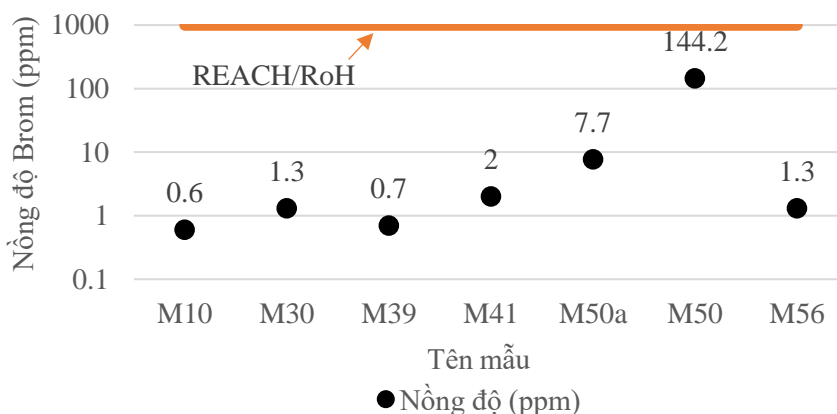
3.3.3. Nồng độ Crom trong mẫu nhựa

Theo Bảng 1.1, Crom là chất tạo màu vô cơ được thêm vào để tạo màu thích hợp cho nhựa. Có 14 mẫu nhựa được phát hiện có nguyên tố Crom trong chúng. 8 mẫu nhựa PET gồm mẫu M5 (chai nhựa), M6 (chai

nhựa), M19 (ly nhựa), M29 (chai nhựa), M38 (Chai nhựa), M56 (hũ nhựa), M70 (hũ nhựa). 4 mẫu nhựa PP gồm mẫu M9 (ly nhựa), M20 (ly nhựa), M42 (ly nhựa), M43 (ly nhựa), M64 (ly nhựa). 1 mẫu nhựa HDPE gồm M30 (tuýp sửa rửa mặt). 1 mẫu nhựa PS gồm M49a (bút bi). Nhìn vào Biểu đồ 3.5, 86% số mẫu trên có nồng độ crom nằm trong khoảng 4 – 10ppm. 2 mẫu M20 và M56 có nồng độ crom vượt trội hơn lần lượt là 34ppm và 45,4ppm. Điều thú vị là 2 mẫu M20 và M56 đều là nhựa trong và bề ngoài giống với các mẫu ly nhựa hay chai nhựa khác. Có thể nồng độ Crom trong 2 mẫu này cao hơn so với phần còn lại là do bị ảnh hưởng trong quá trình sản xuất, tái chế. Những mẫu nhựa trên đều thuộc nhóm nhựa tiếp xúc trực tiếp với thực phẩm, nhưng nồng độ crom không được quy định trong QCVN 12-1:2011/BYT. Theo Directive 94/62/EC của Châu Âu, nồng độ Crom nằm trong giới hạn 100ppm [26]. 100ppm cũng là mức giới hạn với Cr(VI) tại Mỹ [16]. M20 và M56 nằm trong khoảng 1/2 so với giới hạn của Châu Âu. Tuy rằng tất cả các mẫu nhựa đều an toàn với chỉ tiêu Crom, nhưng các nước trên thế giới đã có quy định giới hạn với nguyên tố Cr, thế nên Việt Nam nên xem xét đưa nguyên tố Crom vào danh sách các nguyên tố cần kiểm soát. Tuy nhiên phải lưu ý rằng, chỉ có Crom (VI) được ghi nhận gây ra nguy hại đến sức khỏe con người. Thiết bị EDX-7000 là thiết bị sàng lọc bước đầu nên không thể phân biệt được Cr (III) và Cr (VI). Trong trường hợp mẫu nhựa vượt chuẩn cao và nghi ngờ về tính độc hại của sản phẩm thì mẫu vật sẽ được phân tích bằng những phương pháp tinh vi hơn.

3.3.4. Nồng độ Brom trong mẫu nhựa

Brom xuất hiện trong mẫu nhựa như là chất chống cháy. Rất nhiều hợp chất Brom (Polybrominated biphenyls, Pentabromodiphenylether, octabromodiphenylether, Decabromodiphenylether, Tetrabromobisphenol A, Hexabromocyclododecane) được Liên minh Châu Âu, hay Mỹ đưa vào pháp chế để hạn chế nồng độ chất độc hại trong nhựa. Tuy nhiên, Việt Nam hiện nay chưa có quy định cho Brom trong nhựa và sử dụng quy chuẩn REACH hoặc RoHS cho các sản phẩm nhựa xuất khẩu. Trong nghiên cứu này, có 7 mẫu nhựa được đánh giá có sự xuất hiện của Brom trong đó. Nồng độ Brom trong từng mẫu được biểu diễn ở Biểu đồ 3.6. Nhìn chung nồng độ Brom trong các mẫu nhựa rất thấp (6/7 mẫu chưa vượt quá 10ppm), không đáng kể so với giới hạn nồng độ của REACH/RoHS (Phụ lục XVII của REACH) ở 1000ppm. Riêng mẫu M50, mẫu hộp đựng thức ăn, nồng độ Brom có vượt lên trên 100ppm. Do mẫu nhựa này là mẫu tiếp xúc trực tiếp với thức ăn nên cần phải chú ý trong việc tái sử dụng. Các hợp chất của Brom làm chất chống cháy thường là những hợp chất thích Lipid. Vì vậy, khi chứa đựng thức ăn nóng có dầu mỡ sẽ tạo động lực cho các hợp chất của Brom di chuyển vào thức ăn từ đó đi vào cơ thể người.

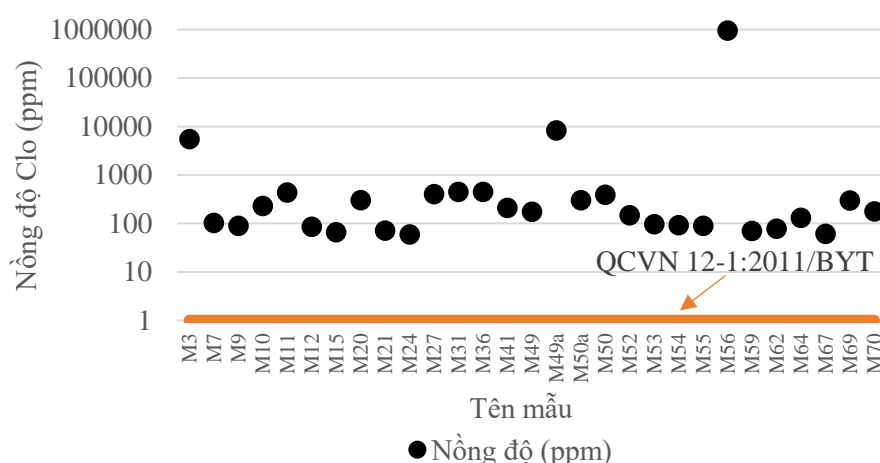


Biểu đồ 3.6: Nồng độ nguyên tố Br trong các mẫu nhựa và so sánh với tiêu chuẩn an toàn nhựa của Châu Âu REACH/RoHS

3.3.5. Phân tích nồng độ Clo trong mẫu nhựa

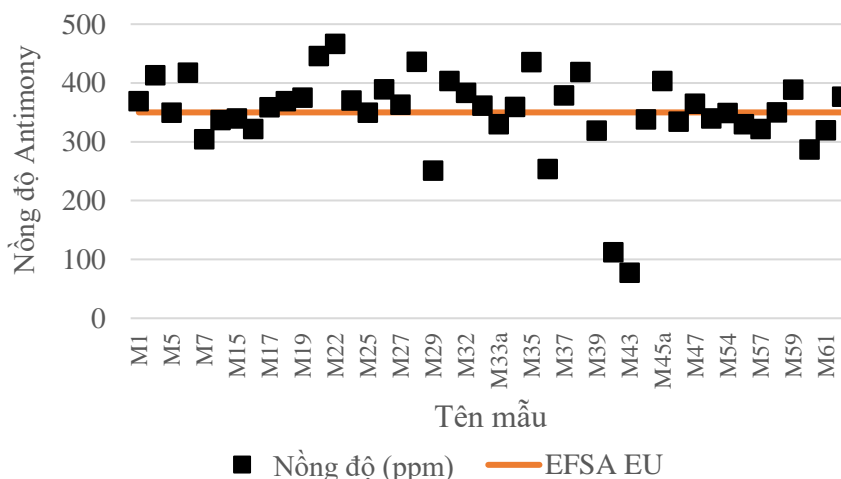
Số lượng mẫu nhựa được xác định có Clo khá lớn, 29 mẫu gồm 10 mẫu PET, 9 mẫu PP, 5 mẫu PS, 3 mẫu PVC, 1 mẫu PC, 1 mẫu HDPE (Bảng 3.2). Tất cả các mẫu nhựa này đều có nồng độ Clo rất lớn từ 100ppm đến khoảng 950.000ppm. PVC là loại nhựa hiện nhiên tồn tại Clo trong nó, điều đó hợp lý khi 3 mẫu đồ chơi là 3 mẫu PVC (M49, M41, M69) thu được ở hộ gia đình đều phát hiện được Clo. Nồng độ Clo trong các mẫu M41, M49, và M69 lần lượt là 210,2ppm, 174ppm, và 296,8ppm. Theo polymer science, để sản xuất nhựa PVC, Clorin chiếm khoảng 57% về khối lượng tương đương 57.000ppm, còn lại 43% là ethylene [30]. Các mẫu nhựa trong nghiên cứu này không thuộc nhóm tiếp xúc với thực phẩm nên nồng độ Clo trong

mẫu là chấp nhận được. Đối với các mẫu nhựa còn lại đều là nhựa có khả năng tiếp xúc với thực phẩm. Do Clorin là chất có thể biến đổi thành dioxin và furan là chất gây ung thư trong nhựa khi gặp nhiệt độ cao nên các loại nhựa PET, PP, HDPE thường không có Clo trong đó hoặc nồng độ thấp. Theo QCVN 12-1:2011/BYT, nồng độ cho phép của Clorin trong nhựa PVC có tiếp xúc với thực phẩm không được vượt quá 1ppm. Điều đáng quan ngại rằng tất cả các loại nhựa ở hộ gia đình đều có nồng độ Clo cao. Đặc biệt ở các mẫu M3 (nhựa PS – đĩa nhựa) có nồng độ gần 10.000ppm và mẫu M56 (nhựa PET – hũ nhựa) khoảng 950.000ppm. 2 mẫu nhựa này tuy đã được xử lý bề mặt kỹ càng và đo lặp lại nhiều lần nhưng kết quả vẫn không thay đổi. Việc mẫu M3 và M56 có nồng độ Clo quá cao dẫn đến nguy cơ cao tích tụ chất độc vào cơ thể người sử dụng nếu tái sử dụng nhiều lần. Tương tự với 9 mẫu nhựa PET còn lại và 9 mẫu nhựa PP, các chai nhựa, ly nhựa đều có nồng độ Clo cao trong khoảng 200 – 400ppm. Để đảm bảo sức khỏe người sử dụng, những vật dụng nhựa này không nên tái sử dụng nhiều lần với trường hợp tiếp xúc với nhiệt và thực phẩm dầu mỡ.



Biểu đồ 3.7: Nồng độ Clo trong mẫu nhựa và so sánh với QCVN 12-1:2011/BYT

3.3.6. Phân tích nồng độ Antimony trong mẫu nhựa



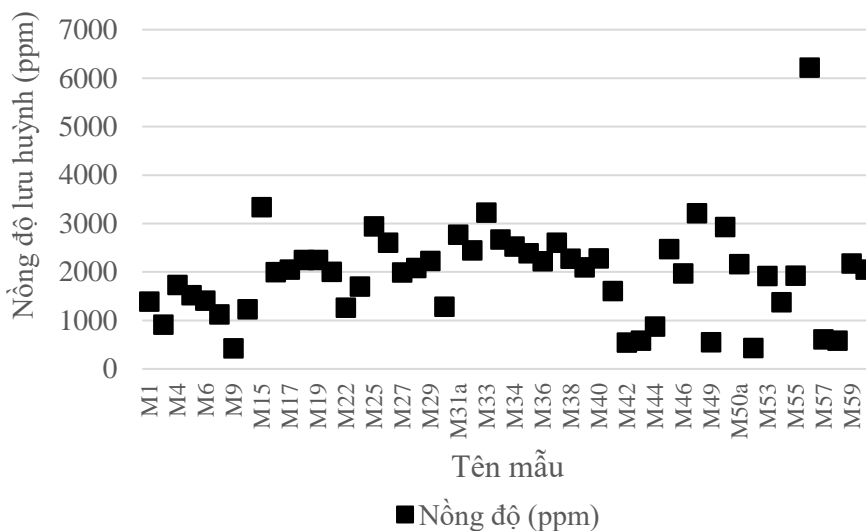
Biểu đồ 3.8: Nồng độ Antimony trong mẫu nhựa và so sánh với Tiêu chuẩn an toàn thực phẩm của EU (The European Food Safety Authority - EFSA)

Biểu đồ 3.8 biểu diễn nồng độ Antimony đo được trong các mẫu nhựa. Có 40 mẫu nhựa (chai nhựa, ly nhựa, hũ nhựa) có sự xuất hiện antimony trong đó. Antimony là chất phụ gia chống cháy được dùng phổ biến trong nhựa với mức quy định. Lượng antimony thường dùng trong nhựa PET vào khoảng 100 – 300ppm, chai nhựa 1L có thể chứa khoảng 3-9mg antimony [31]. Theo tiêu chuẩn an toàn thực phẩm của EU – EFSA, tổng nồng độ antimony có trong sản phẩm nhựa dùng cho thực phẩm có giới hạn nồng độ 350mg

antimony/kg nhựa [32]. Tại Việt Nam, theo QCVN 12-1:2011/BYT, giới hạn phơi nhiễm antimony từ vật dụng nhựa khi ngâm vào acid acetic 4% là 0,05µg/mL. Kết quả phân tích antimony trong mẫu nhựa từ các hộ gia đình tại Gò Vấp cho thấy, có 24 mẫu có nồng độ Sb từ 350ppm đến 466ppm, vượt chuẩn an toàn. Tuy nhiên, để đánh giá an toàn nhựa một cách hoàn chỉnh, các mẫu nhựa này cần phải thí nghiệm mức phơi nhiễm. Ngoại trừ các mẫu M43, M40 có mức ô nhiễm antimony thấp, các mẫu còn lại đều xấp xỉ trong khoảng nguy hiểm 350ppm. Các nghiên cứu chỉ ra rằng antimony sẽ bị rò rỉ ở nhiệt độ cao, ví dụ ở 80°C trong 48 tiếng, nồng độ antimony có thể tăng từ 0,2µg/L tới 8µg/L hoặc 9µg/L [31]. Một số yếu tố ảnh hưởng đến sự rò rỉ của antimony là pH, điều kiện lưu trữ... Mức nồng độ antimony an toàn trong nước đóng chai quy định ở Việt Nam (QCVN 6-1:2010/BYT) và Châu Âu (Directive 2003/40/EC) ở mức 5µg/L trong khi đó ở Mỹ là ở ngưỡng 6µg/L (EPA) [31]. So sánh mức phơi nhiễm theo nghiên cứu trên với ngưỡng an toàn antimony, người tái sử dụng các chai nhựa để chứa đựng các chất lỏng khác có nguy cơ cao bị nhiễm độc antimony. Theo đó, người tiêu dùng nên hạn chế sử dụng nhiều lần các chai nhựa PET để tránh phơi nhiễm chất độc vào cơ thể.

3.3.7. Phân tích nồng độ Lưu huỳnh trong mẫu nhựa

Lưu huỳnh (Sulfur) là nguyên tố được tìm thấy trong 75% số lượng mẫu thu được. Sulfur là phế phẩm từ ngành công nghiệp lọc dầu và khí đốt. Vì vậy lượng sulfur dư thừa rất nhiều. Chúng được sử dụng như nguyên tố thay thế cho carbon trong sản xuất polymer và sử dụng quá trình lưu hoá ngược để làm ổn định polymer. Tiến trình sản xuất nhựa bằng sulfur yêu cầu nhiệt độ cao (thường >160°C) và thời gian phản ứng lâu dài [33]. Mặt khác, trong trường hợp này, có thể nguyên tố lưu huỳnh xuất hiện trong mẫu nhựa là do các phụ gia muối sulfide kim loại như kẽm sulfide, cadmium sulfide, chì sulfide được thêm vào nhựa nhằm cải thiện tính cơ học của polymer [34]. Hiện nay, trên thế giới và ở Việt Nam vẫn chưa có quy chuẩn an toàn hạn chế cho sulfur trong nhựa và chưa có báo cáo nào về khả năng gây độc hại của nguyên tố này đến sức khoẻ con người khi phơi nhiễm vào thực phẩm. Biểu đồ 3.9 thể hiện kết quả nồng độ nguyên tố S trong 57 mẫu nhựa. Nồng độ lưu huỳnh tập trung trong khoảng từ 1000ppm đến 3000ppm. Đáng chú ý với mẫu M56 (hũ nhựa) có mức lưu huỳnh khá cao tới hơn 6000ppm. Hiện nay chúng ta chưa thể kết luận sự tồn tại của lưu huỳnh trong nhựa có ảnh hưởng đến sức khoẻ hay không. Với nghiên cứu này ghi nhận sự tồn tại của lưu huỳnh trong nhựa và làm số liệu cho những nghiên cứu tiếp theo.



Biểu đồ 3.9: Nồng độ lưu huỳnh trong các mẫu nhựa từ hộ gia đình

4. KẾT LUẬN

Qua nghiên cứu này, chúng ta có thể thấy thói quen tái sử dụng khá phổ biến với người dân tại thành phố Hồ Chí Minh, chiếm 20% tổng số khảo sát. Phải công nhận rằng việc tái sử dụng lâu dài những vật dụng nhựa dùng một lần tiềm ẩn nguy cơ phơi nhiễm chất độc hại vào cơ thể. Các hợp chất độc hại như kim loại nặng, BPA, Phthalates... có thể xâm nhập khi ở nhiệt độ cao, tiếp xúc với các dung môi như dầu mỡ, chất béo. Qua quá trình phân tích 9 nguyên tố có khả năng gây hại cao bao gồm Pb, Cd, Hg, Cr, Br, Cl, Sb, Sn và S bằng thiết bị phân tích Quang phổ huỳnh quang tia X. Ngoại trừ Cd và Sn, các nguyên tố còn lại đều

tồn tại trong mẫu nhựa thu được. Các nguyên tố Pb, Hg, Cr, Br đều nằm trong giới hạn an toàn về nồng độ trong vật dụng nhựa. Tuy nhiên, nguyên tố Cl và Sb là 2 nguyên tố xuất hiện trong hầu hết các mẫu vật đều có nồng độ vượt tiêu chuẩn an toàn nhiều lần. Các mẫu nhựa có chứa Cl và Sb đều là mẫu nhựa có tiếp xúc với thực phẩm như chai nhựa, ly nhựa. Nếu sử dụng trong thời gian dài, nguy cơ ảnh hưởng đến sức khỏe rất cao. Nguyên tố lưu huỳnh cũng là nguyên tố được phát hiện nhiều trong các mẫu nhựa. Tuy nhiên chưa có đánh giá nào về độc tính của nguyên tố này khi xâm nhập từ nhựa vào cơ thể. Cuối cùng, người tiêu dùng cần cảnh giác cao với việc tái sử dụng các vật dụng từ nhựa PET (chai nước suối, nước giải khát, ly nhựa dùng một lần), nhựa PP (ly nhựa dùng một lần, hộp thức ăn) vì 2 loại nhựa này chiếm đa số trong các vật dụng tái sử dụng thường xuyên trong nhà nhưng lại có kết quả các nguyên tố độc hại tồn tại với nồng độ cao trong chúng. Bên cạnh đó, các quy chuẩn quốc gia về an toàn nhựa cần xem xét bổ sung các nguyên tố có độc tính cao như Hg, Cr vào danh sách kiểm soát an toàn. Trong tương lai, với mục đích xác định hàm lượng nguyên tố độc hại tích tụ vào cơ thể người, chúng tôi sẽ nghiên cứu tiếp tục sự thôi nhiễm của các nguyên tố trên trực tiếp vào thức ăn bằng các phương pháp phân tích chính xác hơn như ICP-EOS, FTIR.

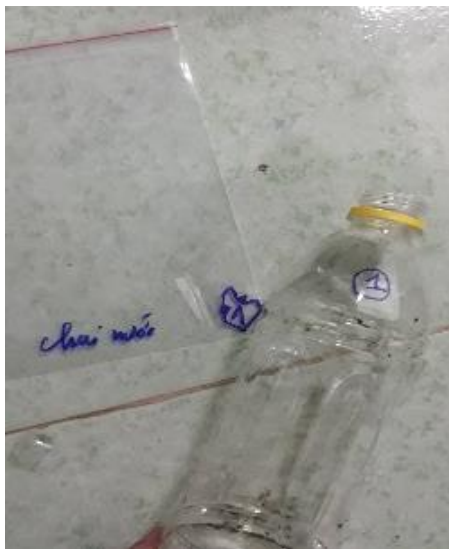
TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A. L. Andrady and M. A. Neal, "Applications and societal benefits of plastics," *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.*, vol. 364, no. 1526, pp. 1977–1984, 2009.
- [2] "Plastics - Resin codes. What they mean?," 2018. [Online]. Available: <https://www.2ea.co.uk/Plastics--Resin-Codes-What-do-they-mean.html>. [Accessed: 17-Jun-2020].
- [3] T. T. Huong, "Nghiên cứu khảo sát hiện trạng chất thải nhựa tại Việt Nam," in *Plastic Smartcities WWF*, 2020.
- [4] C. Campanale, C. Massarelli, I. Savino, V. Locaputo, and V. F. Uricchio, "A detailed review study on potential effects of microplastics and additives of concern on human health," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 17, no. 4, 2020.
- [5] A. H. Hanga, "Disposable Plastic Food Container and Its Impacts on Health," *J. Energy Environ. Sci.*, vol. 130, no. 12, pp. 618–623, 2015.
- [6] R. U. Halden, "Plastics and Health Risks," *Annu. Rev. Public Health*, vol. 31, no. 1, pp. 179–194, 2010.
- [7] R. Proshad, T. Kormoker, M. S. Islam, M. A. Haque, M. M. Rahman, and M. M. R. Mithu, "Toxic effects of plastic on human health and environment: A consequences of health risk assessment in Bangladesh," *Int. J. Heal.*, vol. 6, no. 1, p. 1, 2017.
- [8] E. Hansen, N. Nilsson, and K. Slot Ravnholt Vium, *Hazardous substances in plastics. Survey of chemical substances in consumer products No. 132*, no. 132. 2014.
- [9] Y. R. Kim, F. A. Harden, L. M. L. Toms, and R. E. Norman, "Health consequences of exposure to brominated flame retardants: A systematic review," *Chemosphere*, vol. 106, pp. 1–19, 2014.
- [10] C. Thomsen, H. Stigum, M. Frøshaug, S. L. Broadwell, G. Becher, and M. Eggesbø, "Determinants of brominated flame retardants in breast milk from a large scale Norwegian study," *Environ. Int.*, vol. 36, no. 1, pp. 68–74, 2010.
- [11] J. N. Hahladakis, C. A. Velis, R. Weber, E. Iacovidou, and P. Purnell, "An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling," *J. Hazard. Mater.*, vol. 344, pp. 179–199, 2018.
- [12] "Regulations: restriction of hazardous substances (RoHS)." [Online]. Available: <https://www.gov.uk/guidance/rohs-compliance-and-guidance>. [Accessed: 17-Jun-2020].

- [13] Å. Stenmarck *et al.*, *Hazardous substances in plastics*. 2019.
- [14] D. Lithner, *Environmental and health hazards of chemicals in plastic polymers and products*, vol. Ph.D. thes. 2011.
- [15] “REACH legislation.” [Online]. Available: <https://echa.europa.eu/regulations/reach/legislation>. [Accessed: 17-Jun-2020].
- [16] “Toxics in Packaging Legislation at the State Level,” 2004. [Online]. Available: <https://www.packaginglaw.com/special-focus/toxics-packaging-legislation-state-level>. [Accessed: 20-Jun-2020].
- [17] “Cộng hoà xã hội chủ nghĩa việt nam QCVN 12-1 : 2011 / BYT quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn vệ sinh đối với bao bì , dụng cụ bằng nhựa tổng hợp,” 2011.
- [18] “Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 6238-3:2011,” 2011. [Online]. Available: <http://luattrongtay.vn/ViewFullText/Id/c6412a14-b61a-42e0-8f1e-5accf2165c36>. [Accessed: 17-Jun-2020].
- [19] J. Wolksa, “Safeguarding the environment - XRF analysis of heavy metals in polyethylene,” *Plast. Addit. Compd.*, vol. 7, no. 1, pp. 36–39, 2005.
- [20] F. Adel Ismael Chaqmaqchee, “Comparison of Various Plastics Wastes Using X-ray Fluorescence,” *Am. J. Mater. Synth. Process.*, vol. 2, no. 2, p. 24, 2017.
- [21] N. Ahmad *et al.*, “Heavy Metal Assessment of Leachates of some Plastic Toys Purchased from Different Districts of UP, India,” no. December 2014, 2012.
- [22] J. Omolaoye, A. Uzairu, and C. Gimba, “Heavy metal assessment of some soft plastic toys imported into Nigeria from China,” *Arch App Sci Res*, vol. 2, no. 5, pp. 120–125, 2010.
- [23] B. Goodlaxson, “Studies to evaluate methodologies used for determining heavy metal content in polyethylene terephthalate food packaging,” Iowa State University, 2017.
- [24] “Lead Toxicity What is the Biological Fate of Lead in the Body?,” *Agency for Toxic Substances and Disease Registry*, 4770 Buford Hwy NE, Atlanta, GA 30341, 2019. [Online]. Available: <https://www.atsdr.cdc.gov/csem/csem.asp?csem=34&po=9>. [Accessed: 20-Jun-2020].
- [25] A. O. Oyeyiola, M. I. Akinyemi, I. E. Chiedu, O. T. Fatunsin, and K. O. Olayinka, “Statistical analyses and risk assessment of potentially toxic metals (PTMS) in children’s toys,” *J. Taibah Univ. Sci.*, vol. 11, no. 6, pp. 842–849, 2017.
- [26] “Parliament and council directive 94/62/EC on packaging and packaging waste,” 1994. [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/environment/waste/packaging/legis.htm>. [Accessed: 20-Jun-2020].
- [27] X. Peng, H. Fu, J. Hu, and F. Luo, “Investigation on mercury migration discipline in different paper-plastic food packaging containers,” *J. Food Sci.*, vol. 85, no. 4, pp. 1186–1192, 2020.
- [28] J. D. Park and W. Zheng, “Human exposure and health effects of inorganic and elemental mercury,” *J. Prev. Med. Public Heal.*, vol. 45, no. 6, pp. 344–352, 2012.
- [29] Ministry of Health of Vietnam, “Prescribed Maximum Limit of Chemical and Biological Contamination in Food,” 2010.
- [30] J. P. Pascualt, R. Höfer, and P. Fuertes, *Mono-, Di-, and Oligosaccharides as Precursors for Polymer Synthesis*, vol. 10. Elsevier B.V., 2012.
- [31] “Antimony and bottled water,” *Packaging Europe*, 2019. .

- [32] S. M. Snedeker, Ed., “Antimony in food contact materials and household plastics,” in *Toxicants in food packaging and household plastics: Exposure and health risks to consumers*, Humana Press, p. 209.
- [33] X. Wu *et al.*, “Catalytic inverse vulcanization,” *Nat. Commun.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–9, 2019.
- [34] G. S. Jha, G. Seshadri, A. Mohan, and R. K. Khandal, “Sulfur containing optical plastics and its ophthalmic lenses applications,” *E-Polymers*, no. 035, pp. 1–27, 2008.

PHỤ LỤC HÌNH ẢNH MẪU NHỰA CÓ HÀM LƯỢNG NGUYÊN TỐ GÂY HẠI CAO



Hình 4.1: Hình ảnh mẫu nhựa M1 có hàm lượng Sb = 369.1ppm, S = 1385.1ppm



Hình 4.2: Hình ảnh mẫu nhựa M3 có hàm lượng Cl = 5529.3ppm, S = 911.3ppm



Hình 4.3: Hình ảnh mẫu nhựa M21 có hàm lượng Pb = 4ppm, Cl = 71.2ppm, Sb = 445.7ppm, S = 2002.4ppm



Hình 4.4: Hình ảnh mẫu nhựa M22 có hàm lượng Sb = 466.3ppm, S = 1260ppm



Hình 4.5: Hình ảnh mẫu nhựa M27 có hàm lượng Cl = 400.5ppm, Sb = 363.1ppm, S = 1992.3ppm



Hình 4.6: Hình ảnh mẫu nhựa M28 có hàm lượng Sb = 436ppm, S = 2081.4ppm



Hình 4.7: Hình ảnh mẫu nhựa M36 có hàm lượng Cl = 445.1ppm, Sb = 253.5ppm, S = 2221.6ppm



Hình 4.8: Hình ảnh mẫu nhựa M46 có hàm lượng Sb = 334.1ppm, S = 1966.7ppm



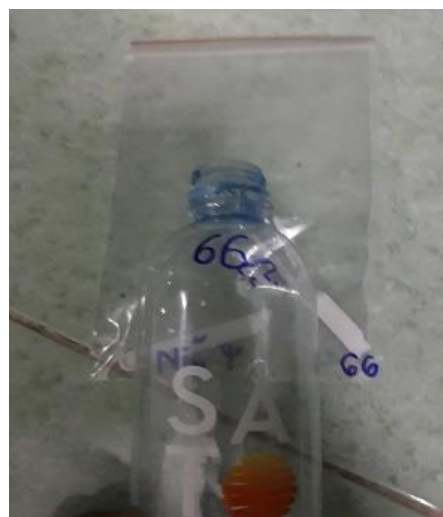
Hình 4.9: Hình ảnh mẫu nhựa M50 có hàm lượng Br = 144.2ppm, Cl = 391.4ppm, S = 430ppm



Hình 4.10: Hình ảnh mẫu nhựa M56 có hàm lượng Cr = 45.4ppm, Cl = 951802.3ppm, S = 6217.8ppm, Sn = 4295.1ppm



Hình 4.11: Hình ảnh mẫu nhựa M59 có hàm lượng Cl = 69.9ppm, Sb = 388.8ppm, S = 2177.1ppm



Hình 4.12: Hình ảnh mẫu nhựa M66 có hàm lượng Sb = 376.6ppm, S = 1294.2ppm

Ngày nhận bài: 08/07/2020

Ngày chấp nhận đăng: 09/11/2020