Caracterización microscópica-elemental del adhesivo y empaque empleado en una toalla femenina

Microscopic-elemental Characterization of the Adhesive and Packaging Used in a Feminine Pad

María Guadalupe Padilla-Solís[1], Patricia Quintana-Owen[2], Tomás Jesús Madera-Santana[3], Jesús Rubén Rodríguez-Núñez[1*]
[1]Programa de Ingeniería en Biotecnología, Universidad de Guanajuato. Mutualismo #303, Colonia la Suiza, Celaya, C.P. 38060, Guanajuato, México.
[2]Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Unidad Mérida, Yucatán, 97310, Mérida, México
[3]Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. CTAOV, Carretera Gustavo Enrique Astiazaran Rosas, No. 46. C.P. 83304, Hermosillo, Sonora, México.

jesus.rodriguez@ugto.mx[1]

Resumen

Las toallas de higiene femenina se encuentran entre los productos necesarios para la vida diaria y se estima que una mujer utiliza entre 10,000 y 13,000 toallas sanitarias a lo largo de su vida fértil. El uso prolongado de estos productos expone a la mujer a compuestos químicos como plastificantes, resinas epóxicas, resinas de policarbonatos, parabenos, bisfenoles y ftalatos, y es un tema al cual se le ha prestado poca atención. caracterizar el adhesivo y el empaque de una toalla femenina, mediante técnicas espectroscópicas y analíticas, para la divulgación de información adicional sobre la composición elemental de estos productos. Las muestras del adhesivo (LP-5) y del empaque (EC-6) se analizaron mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), espectrometría de energía dispersiva (EDS) y espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR-ATR). SEM mostró superficies heterogéneas en LP-5 y lisas en EC-6. EDS cuantificó minerales como Cu, Cl, Al, K, Ti, no declarados regularmente, y FTIR-ATR confirmó la presencia de polietileno de baja densidad en EC-6 y compuestos de etileno-butileno en LP-5. Es importante seguir con este tipo de estudios para mejorar las formulaciones de las toallas femeninas para reducir problemas de salud en la mujer, así como el impacto al medio ambiente, además se vuelve necesario la necesidad de una mayor transparencia y regulación en la industria de las toallas femeninas.

Palabras clave: higiene femenina, toallas sanitarias, minerales, adhesivo.

Abstract

Feminine hygiene pads are among the products necessary for daily life and it is estimated that a woman uses between 10,000 and 13,000 sanitary pads throughout her fertile life. The prolonged use of these products exposes women to chemical compounds such as plasticizers, epoxy resins, polycarbonate resins, parabens, bisphenols and phthalates, and is a topic to which little attention has been paid. to characterize the adhesive and packaging of a feminine pad, using spectroscopic and analytical techniques, for the disclosure of additional information on the elemental composition of these products. Samples of the adhesive (LP-5) and packaging (EC-6) were analyzed by scanning electron microscopy (SEM), energy dispersive spectrometry (EDS) and Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR-ATR). SEM showed heterogeneous surfaces in LP-5 and smooth surfaces in EC-6. EDS quantified minerals such as Cu, Cl, Al, K, Ti, not regularly declared, and FTIR-ATR confirmed the presence of low-density polyethylene in EC-6 and ethylene-butylene compounds in LP-5. It is important to continue with this type of studies to improve the formulations of feminine pads to reduce health problems in women, as well as the impact on the environment, and the need for greater transparency and regulation in the feminine pad industry becomes necessary.

Keywords: feminine hygiene, sanitary pad, minerals, adhesive.

Introducción

Las toallas de higiene femenina se encuentran entre los productos necesarios para la vida diaria y se estima que una mujer utiliza entre 10,000 y 13,000 toallas sanitarias a lo largo de su vida fértil (Cubero-Ugalde, 2020). El uso prolongado de estos productos expone a la mujer a compuestos químicos como plastificantes, resinas epóxicas, resinas de policarbonatos, parabenos, bisfenoles y ftalatos, sin embargo, es un tema al cual se le ha prestado poca atención (Chong-Jing et al., 2020). Así mismo, Lin et al. (2020) señalaron que las toallas femeninas de manera común utilizan solventes y aditivos que potencian efectos secundarios como irritación en la piel, ojos y tracto respiratorio, además, reportaron la presencia alcanos como el metilciclohexano, 2-metilciclohexano y 3-metilciclohexano. Desde 1987 se ha venido reportando el síndrome de shock tóxico a causa de productos de higiene femenina y se relaciona presencia de la bacteria *Staphylococcus aureus*, las cual de desarrollan en las fibras sintéticas, aunado a la absorción de la mucosa vaginal de compuestos volátiles, solventes, fibras e incluso toxinas causadas (Tierno et al., 1987). En 1996 un estudio demostró que el material del cual están hechos los tampones influye en la producción de la toxina (TSST-1) producida por *Staphylococcus aureus*, reportando que el poliéster y la carboximetilcelulosa promueven incrementan significativamente los niveles de esta toxina, mientras que el algodón y el rayón no incrementaron la concentración de la toxina (Parsonnet et al., 1996).

En México no se cuenta con leyes que obliguen a las empresas que producen o distribuyen toallas femeninas a indicar la totalidad los componentes con los cuales se elaboran. La PROFECO señala que solo es necesario declarar la fecha de caducidad y las instrucciones de uso en el empaque (PROFECO, 2020). Este mismo problema fue señalado por Lin et al. (2020) quienes reportaron que las etiquetas de las toallas femeninas no aportan información suficiente sobre su composición y recomiendan que los ingredientes y la fecha de elaboración sean declarados en los empaques. La transparencia en la divulgación de la información es crucial para garantizar la protección de las usuarias de este tipo de productos de higiene. En este sentido, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar el adhesivo y el empaque de una toalla femenina, mediante técnicas espectroscópicas y analíticas, para la divulgación de información adicional sobre la composición elemental de estos productos.

Metodología

La muestra de toalla analizada se obtuvo de un super mercado local en la Ciudad de Mérida, Yucatán. La marca obtenida fue “Saba buenas noches” debido a que es una de las marcas de mayor uso en México, además ofrece información respecto a su composición (https://www.saba-centroamerica.com/pa/ingredientes/).

Las toallas femeninas están compuestas por diversos materiales y en presente trabajo se analizaron las siguientes fracciones:

1. Líneas de pegamento formadas en 4 columnas colocadas en la parte trasera de la toalla, las cuales tienen la función de mantenerla fija en la ropa interior del consumidor.
2. Empaque individual en el que cada toalla femenina se encuentra doblada para su protección.

Las muestras fueron cortadas en fracciones de 1x1 cm y a cada corte se le asignó un código (Tabla 1). No se les realizó ningún tratamiento previo a las muestras.

Tabla 1. *de la toalla femenina analizadas*

Partes de las muestras	Imagen
(EC-6). El empaque individual de la toalla	
(LP-5). Líneas del pegamento en la parte trasera de la toalla.	

Microscopía electrónica de barrido (SEM) y espectrometría de energía dispersiva (EDS)

El examen morfológico en LP-5 y EC-6 se realizó con aumentos de 100X y 5000X utilizando un microscopio electrónico de barrido (SEM) (PHILIPS ESEM XL30). Previo a la captura de imágenes, se aplicó una capa fina de Au/Pd sobre las muestras mediante un procedimiento de pulverización catódica. Esta etapa de cobertura fue llevada a cabo con el propósito de elevar el nivel de calidad de las imágenes obtenidas. El enfoque morfológico empleado en el análisis de LP-5 y EC-6 tuvo como objetivo primordial el estudio de sus dimensiones y estructuras. Además, la composición elemental de las muestras se evaluó utilizando un detector de espectroscopia de rayos X de dispersión de energía (Energy dispersive X-ray microanálisis, EDAX) (Montoya-Anaya, 2023).

Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR-ATR)

Los espectros de la técnica de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier con reflectancia total atenuada (FTIR-ATR) se obtuvieron a temperatura ambiente, utilizando un espectrómetro Thermo Nicolet modelo Nexus 670-FTIR (Madison, WI). Las muestras se analizaron en el rango de 4000-400 cm^{-1}, con resolución de 4 cm^{-1} y 64 barridos. Para el análisis de resultados se utilizó el software OMNIC (Madera-Santana et al., 2016).

Resultados y discusión

Microscopía electrónica de barrido (SEM)

Los resultados de SEM de la muestra EC-6 se muestran en la Figura 1. Las micrografías muestran patrones bien definidos en su estructura (patrones estriados). Además, se utilizó el contraste LABE (Low-Angle Backscattered Electrons) en la muestra EC-6 para identificar zonas brillantes, correspondientes a elementos metálicos presentes en la muestra, posiblemente como parte de algún aditivo como óxido de titanio para mejorar las propiedades del empaque, como la resistencia y color (Alrefaee et al., 2024).

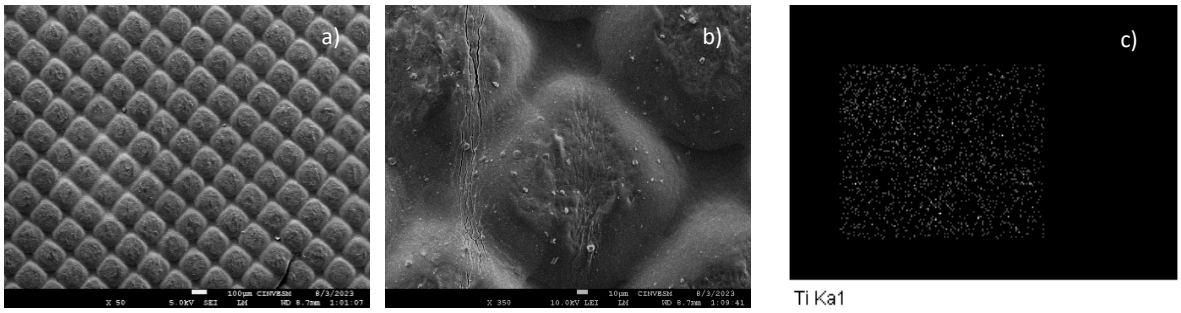

Figura 1. Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) de la muestra EC-6 a) ampliación a 50X, b) ampliación a 350X LEI, c) ampliación a 350X LABE.

Fuente: elaboración propia

Los resultados de SEM de la muestra LP-5 se muestran en la Figura 2. Se observa una superficie lisa y uniforme, común de un material diseñado para empaque. No se observan partículas en fase discontinua, ni variaciones en la textura en toda el área evaluada. Aunque se observan ligeras arrugas (micrografía c) y pliegues asociados a los cortes realizados para su respectivo análisis, la mayor parte de la superficie es homogénea.

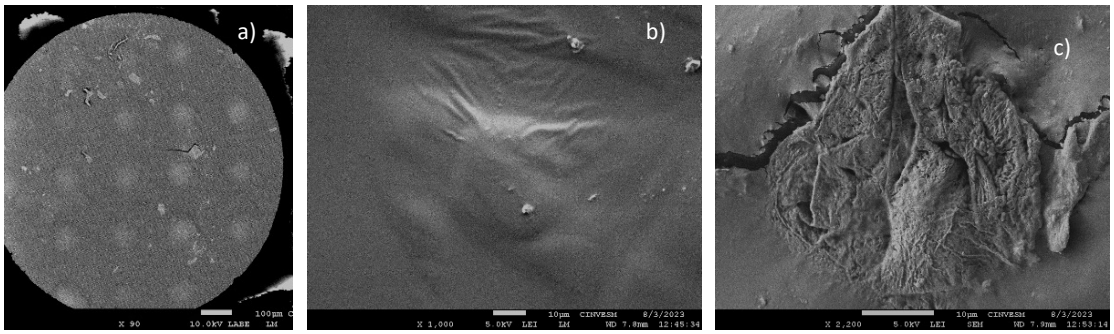

Figura 2. Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) de la muestra LP-5. a) ampliación a 90X LABE, b) ampliación a 500X LEI, c) ampliación a 1000X LEI (enfocado a un pliegue que se generó al cortar la muestra).

Fuente: elaboración propia

Espectrometría de energía dispersiva (EDS)

La composición elemental de la muestra EC-6 se presenta en la Tabla 2 y la sección analizada en la Figura 3. Se observa un alto contenido de carbono y oxígeno, debido a que el material es un plástico (polietileno de baja densidad) derivado del petróleo. Sin embargo, la presencia de titanio, silicio y otros minerales se pueden relacionar a la incorporación de tintas para el estampado del empaque; en el caso del titanio, se agrega como óxido de titanio (TiO_2) en empaques, ya que se utiliza como agente blanqueador y mejora propiedades mecánicas y ópticas de los materiales (Alrefaee et al., 2024). Incluso en su página Saba reportan que su empaque puede contener láminas de polietileno con capas de silicona (Saba, 2024).

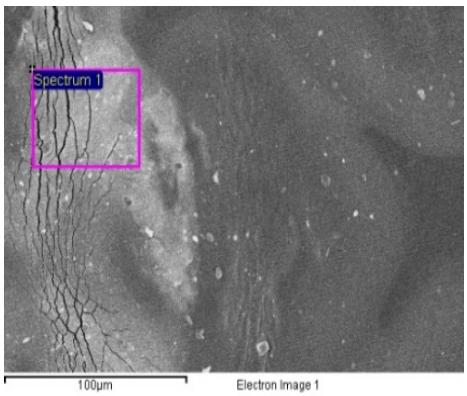

Figura 3. Microscopia de la muestra EC-6 con sección analizada por EDS

Fuente: elaboración propia

Tabla 2. *Composición elemental por EDS y sección de muestreo de la muestra EC-6.*

Elemento	% peso	% atómico
C_k	69.12	76.92
O_k	25.96	21.69
Al_k	0.31	0.15
Si_k	0.49	0.24
Cl_k	0.40	0.15
Ti_k	1.11	0.31
Cu_k	2.61	0.55

La composición elemental de la muestra LP-5 se presenta en la Tabla 3 y la sección analizada por EDS en la Figura 4. Los resultados muestran una alta composición de carbono, también se detectaron trazas de cloro, potasio y sodio, los cuales pueden relacionarse con agentes estabilizadores del adhesivo. Así mismo, se encontraron cantidades menores de calcio y aluminio, lo que podría indicar el uso de agentes de relleno para modificar la viscosidad a través de una fórmula compleja. La identificación de metales en productos de higiene femenina ha sido poco estudiada, pero un reporte actual demostró la presencia de 16 metales pesados en tampones, entre los que se encuentran el cadmio, plomo, arsénico, concluyendo que los tampones son una fuente potencial de exposición a metales pesados (Shearston et al., 2024). En el presente trabajo no se detectaron metales pesados, sin embargo, se encontraron minerales no reportados por la marca.

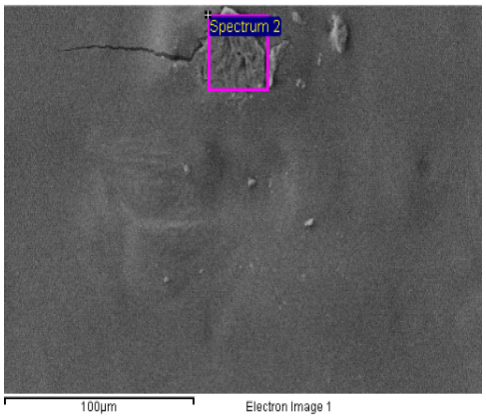

Figura 4. Microscopia de la muestra LP-5 con sección analizada por EDS. Fuente: elaboración propia

***Tabla 3**. Composición elemental por EDS y sección de muestreo de la muestra LP-5.*

Elemento	% peso	% atómico
C_k	96.59	98.79
Na_k	0.39	0.21
Al_k	0.18	0.08
Cl_k	1.04	0.36
K_k	1.11	0.35
Ca_k	0.69	0.21

Resultados de FTIR-ATR

Los resultados de FTIR-ATR para la identificación de grupos funcionales de la muestra EC-6 se presentan en la Figuras 5. Boronat et al. (2024) reportaron que el espectro de polietileno de baja densidad exhibe bandas situadas a 2,914 y 2,847 cm^{-1} y se relacionan a vibraciones de estiramiento simétrico y asimétrico del -CH_2, los cuales coinciden con los picos específicos en 2,914.18 y 2,846.98 cm^{-1} observados en la muestra EC-6. Además, las bandas a 1,470 y 1,463 cm^{-1} se deben a vibraciones de deformación por flexión y de estiramiento de los enlaces -C-C y -C=C, ajustándose a la señal de 1,462.89 cm^{-1} resultante en la muestra EC-6. Las bandas a 718.19 y 729.90 cm^{-1} se asocian con vibraciones de estiramiento y deformación del -CH_2 (Boronat et al., 2024) y en la muestra EC-6 se presentó a 715 cm^{-1}, lo cual se asocia con la estructura molecular del polietileno de baja densidad $(C_2H_4)_n$. Además, fue posible identificar cloratos (-ClO_3) en la región de bandas de 529 a 613 cm^{-1} y percoloratos (-ClO_4) en las bandas de 613 y 1068 cm^{-1}, y silicio en la banda a 1028.30 cm^{-1}, así mismo, se identificaron compuestos aromáticos detectados en las bandas a1608 y 1462 cm^{-1} (Rubinson y Rubinson, 2000). Es común que los cloratos y percloratos se estén utilizando como agentes desinfectantes, y los silicatos en el adhesivo o en las fibras, por este motivo están presentes en las muestras analizadas.

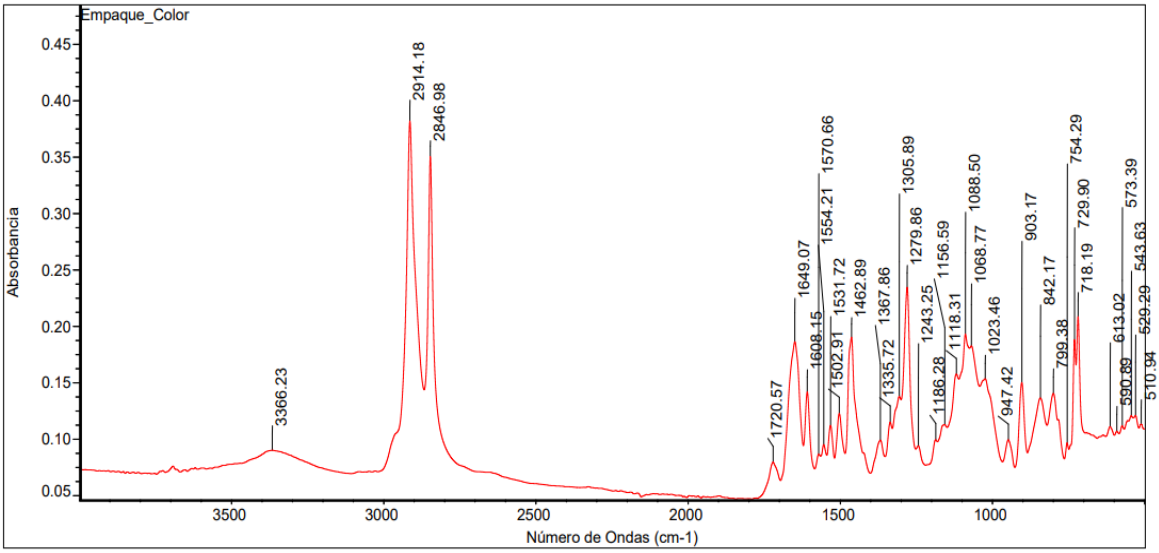

Figura 5. Resultados de FTIR-ATR de la muestra EC-6. Fuente: elaboración propia

Los resultados de FTIR-ATR para la identificación de grupos funcionales de la muestra LP-5 se presentan en la Figuras 6. Afzal et al. (2024) reportaron que las bandas de absorción a 1,460 y 1,375 cm^{-1} se atribuyen a la vibración de estiramiento asimétrica del grupo -CH_3 del bloque etileno-butileno, las cuales coinciden con las observadas en la muestra LP-5 a 1,450.97 y 1,373.76 cm^{-1}. Afzal et al. (2024) reportaron que las bandas a 3,000–2,800 cm^{-1} corresponden vibraciones de estiramiento de los grupos –CH_2 y –CH_3, y en la muestra LP-5 se observaron a 3,025.55, 2,922.01 y 2,855.67 cm^{-1}. Así mismo, en la región de 700-900 cm^{-1}, se presentaron señales relacionadas a estructuras aromáticas propias del estireno y con la vibración de enlaces C-Cl. La presencia de cloro detectada en el análisis EDS refuerza esta interpretación, lo cual se relaciona con la presencia compuestos halogenados como cloratos y percloratos. De igual manera que la muestra EC-6, también se observan las bandas relacionadas con la presencia de cloratos, percloratos y compuestos aromáticos (Rubinson y Rubinson 2000).

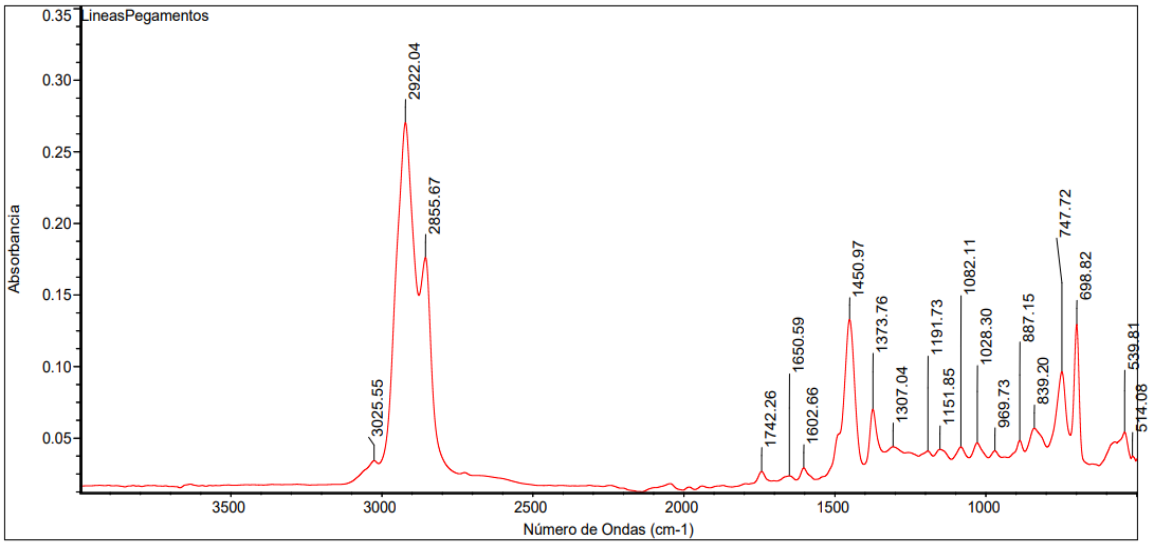

Figura 6. Resultados de FTIR-ATR de la muestra LP-5.

Fuente: elaboración propia

Conclusión

En el presente estudio no se encontraron metales pesados en las muestras analizadas, sin embargo, se identificaron y cuantificaron minerales como Cu, Cl, Al, K, Ti, que no se declaran de manera regular en estos productos. El análisis de FTIR-ATR mostró bandas características de la presencia de bloques etileno-butileno en el adhesivo utilizado, y polietileno de baja densidad en el empaque. Las muestras LP-5 y EC-6, mostraron la presencia de cloratos, percloratos, mismos que fueron confirmados por SEM-EDS. El presente trabajo proporciona una base para futuras investigaciones y destaca la importancia de estudiar los productos de higiene femenina con finalidad única de divulgar información importante a la comunidad que utiliza estos productos.

Agradecimientos

Los autores extienden su agradecimiento al Laboratorio Nacional de Nano y Biomateriales (LANNBio), especialmente a Dr. Hugo Pilotzi Xahuentitla, Dr. Emanuel Hernández Núñez y Dr. Victor Rejón Moo por su apoyo con el uso de equipos instrumentales.

Referencias

Afzal, A., Wang, W., y Wang, Z. (2024). Structure and property relationship in long-term ageing maleic anhydride grafted styrene-b-(ethylene-co-butylene)-b-styrene triblock copolymer. *Polymer*, 305, 127184. https://doi.org/10.1016/j.polymer.2024.127184

Alrefaee, S.H., Al-Ghamdi, S.A., Alrashdi, K.S., Almahri, A., Alaysuy, O., Alatawi, N,M., Alghasham, H.A., y El-Metwaly, N.M. (2024). Effect of titanium oxide (TiO2) nanoparticles on the opto-mechanical properties of polyethylene terephthalate (PET) fibers. *Optical Ma*terials, 157, 116242. https://doi.org/10.1016/j.optmat.2024.116242

Boronat, C., Correcher, V., Benavente, J., y Bravo-Yagüe, J. (2024). Thermoluminescence and ATR-FTIR study of UVC-irradiated low-density polyethylene (LDPE) food packaging. Spectrochimica Acta Part A *Molecular And Biomolecular Spectroscopy*, 323, 124882. https://doi.org/10.1016/j.saa.2024.124882

Chong-Jing, G., y Kurunthachalam, K. (2020). Phthalates, bisphenols, parabens, and triclocarban in feminine hygiene products from the United States and their implications for human exposure. *Environment International*, 136: 105465. https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105465

Cubero-Ugalde, M. (2020). El diseño estratégico de toallas sanitarias reutilizables como propuesta para incrementar el empoderamiento femenino y la conciencia ambiental. *Revista IDI+*, 3(1), 17-30.

Lin, N., Ding, N., Meza-Wilson, E., Devasurendra, A. M., Godwin, C., Park, S. K., y Batterman, S. (2020). Volatile organic compounds in feminine hygiene products sold in the US market: A survey of products and health risks. *Environment international*, 144, 105740. https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105740

Parsonnet, J., Modern, P.A., y Giacobbe, K.D. (1996). Effect of tampon composition on production of toxic shock syndrome toxin-1 by Staphylococcus aureus in vitro. *The Journal of Infectious Diseases*, 173:98-103. https://doi: 10.1093/infdis/173.1.98.

PROFECO.(2020).chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/538780/ESTUDIO_CALIDAD_TOALLAS_SANITARIAS_FEMENINAS.pdf

Rubinson K.A. y Rubinson J.F. (2000). Análisis Instrumental. 1era Edición, Ed. Pretince Hall. Madrid, España.

Saba. (2024, 30 mayo). Ingredientes. Saba. https://www.saba-centroamerica.com/pa/ingredientes/

Shearston, J.A., Upson, K., Gordon, M., Do, V., Balac, O., Nguyen, K., Yan, B., Kioumourtzoglou, M-A., y Schilling, K. (2024). Tampons as a source of exposure to metal(loid)s. *Environment International*, 190:108849. https://doi: 10.1016/j.envint.2024.108849

Tierno, P.M., Malloy, V., Matias, J.R., y Hanna, B.A. (1987). Effects of toxic shock syndrome *Staphylococcus aureus*, endotoxin and tampons in a mouse model. *Clinical and Investigative Medicine*. 10(2):64-70.