EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE PRODUCTOS COSMÉTICOS EM LA REPARACIÓN DE BURBUJAS EN CABELLO CAUSADAS POR SUPERCALENTAMIENTO (BUBBLE HAIR)

Autores: A. C. Vargas Calle*[1], V. Albarici[1], N. C. B. S. Ramos [1], M. M. Ferreira[1], W. A. de Lima[1], G. B. Diogo[1], **A. Pinheiro[1]**.

[1] Grupo Kosmoscience, Rua tália 274, Valinhos, SP, Brazil

*angela@kosmoscience.com

Palabras llave: Cabello, Eficacia, Daño Térmico, Bubble hair

Resumen:

La formación de burbujas en el cabello, llamada “Bubble Hair”, es un fenómeno que ocurre principalmente debido al sobrecalentamiento de la fibra capilar, especialmente cuando el cabello está húmedo. Cuando el agua se convierte en vapor, se expande y, al estar “atrapada” dentro de la fibra capilar, no puede escapar fácilmente. Esta presión interna causa la formación de pequeñas burbujas a lo largo del cabello, las cuales generan áreas debilitadas, dejando el cabello más susceptible a daños y quiebres.

Dentro de este contexto, el objetivo de este trabajo es evaluar la eficacia de productos cosméticos en la reparación de burbujas formadas en el interior de la fibra capilar. Para esto, se recreó la condición de Bubble Hair en el laboratorio, aplicando una plancha sobre fibras de cabello húmedas. Luego, los cabellos fueron tratados con los productos cosméticos a ser estudiados, manteniendo un grupo de control sin tratamiento para efectos de comparación.

La morfología de los cabellos fue analizada mediante microscopía óptica para observar las alteraciones estructurales visibles, mientras que la resistencia mecánica fue evaluada mediante ensayos de tracción para verificar la recuperación de la fuerza del cabello. Además, un grupo adicional de mechones también sometidos a la condición de Bubble Hair fue tratado con los mismos productos y evaluado mediante espectroscopia de infrarrojo FTIR-ATR. Este método permite verificar la integridad de la fibra capilar al identificar posibles cambios en la conformación de la proteína del cabello. Los resultados mostraron una mejora en la condición de Bubble Hair después de la aplicación de los productos cosméticos probados, reduciendo visiblemente las burbujas formadas en el interior del cabello.

Introducción:

En 1986, fue reportado por la primera vez por Brown et al., una deformación en las hebras de cabello, las cuales presentaban áreas en forma de bolas que eran transparentes al mirarlas en el microscopio de luz y donde el cabello era más frágil, esta deformación fue entonces llamadas de “Bubble Hair”[1]; desde entonces diversos estudios fueron realizados para poder identificar el motivo de la formación de estas burbujas en el cabello. Elston et al, reportaron 2 casos en los cuales los cabellos dañados fueron analizados por microscopia electrónica de barrido y microscopia de luz; ambos casos mostraron que en

estas áreas el cabello era caracterizado por presentar cavidades en forma de burbujas, distensión del cortex capilar y pierda de células corticales y de la medula en los sectores afectados, pero la causa de la aparición de las mismas continuaba desconocida [2]. Fue solo en 1994, que Detwiler et al, consiguieron mostrar una relación directa entre el uso de secadores y planchas de alta temperatura en el cabello mojado y la formación de las burbujas, consiguiendo reproducir la formación de las mismas en cabellos saludables; además demostraron que el contenido de las burbujas era gaseoso y no líquido [3]. En ese mismo año, Gummer propuso que las burbujas eran causadas por la cavitación del agua al evaporarse, destruyendo parte de la estructura de la fibra [4].

A pesar de haberse identificado la causa de la formación de burbujas, existen divergencias en relación al tratamiento; algunos autores reportaron que los casos, fueron resueltos después aplicar productos de cuidado capilar y remoción de la utilización de las herramientas de calor [1,5], mientras que otros autores reportaron que no existe tratamiento para estos casos, a no ser el corte de cabello [6]. Parte de esas divergencias, es debido a que se han reportado pocos casos en la literatura [7] y como es necesario realizar un diagnóstico en los pacientes en los consultorios de los médicos, la mayoría de los estudios está enfocado en la observación de las características morfológicas de la fibra [1-8], dejando de lado el estudio de otras propiedades físicas y químicas del cabello.

La evaluación de las propiedades de los cabellos que tienen la deformación conocida como “bubble hair” y el conocimiento de la fibra capilar, son parte importante del desarrollo de productos cosméticos enfocados en este tipo de daños. En este sentido, este estudio busca estudiar la integridad de la fibra y el efecto de productos cosméticos capilares en la prevención o reparación de la deformación bubble hair; para esto fueran seleccionadas 4 técnicas; por un lado, la microscopia óptica es usada para identificar la formación de burbujas en los cabellos y verificar la morfología antes y después de la aplicación de los productos cosméticos; y por otro lado, la técnica de espectroscopia de infrarrojo, permite la caracterización química del cabello a través del estudio de absorbancias debidas a los modos de vibración molecular específicos [9]; mientras que el estudio de las curvas tensión deformación, permite entender la integridad del córtex capilar. Esto porque la pendiente del grafico en la región posterior al límite elástico y la fuerza al quiebre son dependientes de la cantidad de enlaces disulfuro [10].

Objetivos:

Este trabajo busca estudiar la eficacia de productos cosméticos en la prevención y reparación de cabellos que poseen la deformación conocida como Bubble Hair.

Metodología:

Para este estudio fueron utilizadas mechas de cabello naturales de origen caucásica de 2m5g y 25cm. Las mechas fueron divididas en grupos según el trabamiento conforme presentado en la **Tabla 1**. Para los estudios de reparación, fue aplicado un daño térmico en los cabellos antes de la aplicación de los productos, con la intensión de generar la deformación del bubble hair. Para los estudios de protección, el mismo daño fue aplicado, pero después de la aplicación de los productos. El daño térmico consistió en los siguientes pasos: Sumergir las mechas en un Becker con agua, remover el cabello del Becker y peinar con un cepillo 2 veces; pasar 5 veces la plancha térmica en temperatura de 210°C,

cepillar el cabello y pasar la plancha más 5 veces; este proceso fue considerado 1 ciclo y el mismo fue repetido hasta totalizar 5 ciclos.

Tabla 1. Diseño experimental

Grupo	Tratamiento	Procedimiento
Natural	Sin tratamiento térmico	N/A
Dañado	Tratamiento térmico SLES 10%	Mojar por 20s. Aplicar 0,2 ml/g de cabello, masajear 30s. Enjaguar 30s.
Mascarilla	Tratamiento térmico Máscara	Mojar por 20s. Aplicar 0,2 ml/g de cabello, masajear 30s. Dejar en reposo por 3 minutos. Enjaguar 30s.
Óleo	Tratamiento térmico Óleo	Mojar por 20s. Aplicar 0,04 ml/g de cabello, masajear 30s. No enjaguar.

La morfología de los cabellos fue observada por microscopia óptica utilizando el microscopio Olympus BX53 acoplado a cámara digital DP74. 10 fibras por grupo fueron evaluadas al microscopio.

Para evaluar la integridad de la queratina, Fue utilizado el DSC (Differential Scanning Calorimetry) Hitachi High-Tech Sciences TA7000 Series Simultaneous Thermogravimetric Analyzer, STA7200. Las evaluaciones fueron realizadas en triplicado utilizando aproximadamente 10 mg de cabello picado. Los cabellos fueron sometidos a una rampa de temperatura entre 30°C a 300°C con una taza de calentamiento de 10°C/min. Durante las evaluaciones, fue mantenido flujo de nitrógeno de 100 mL/min.

Los cabellos también fueron evaluados por espectroscopia de infrarrojo FTIR-ATR. Para esto fue utilizado el aparato Infrared spectrophotometer (Model Frontier - PerkinElmer) con ATR (Pike Technologies) e cristal de ZnSe. A partir de los espectrogramas, fue evaluada el área debajo de la banda característica del estiramiento del enlace S-S ($525cm^{-1}$) [11-12].

Para evaluar las propriedades mecánicas de los cabellos, fue realizado el estudio de tensión, usando el equipo universal de ensayos Instron 23-2S con célula de carga de 100N. Fueron evaluados 50 fibras por tratamiento y el parámetro utilizado para diferenciar los grupos fue la fuerza e la ruptura (N).

Resultados y Discusión:

Protección

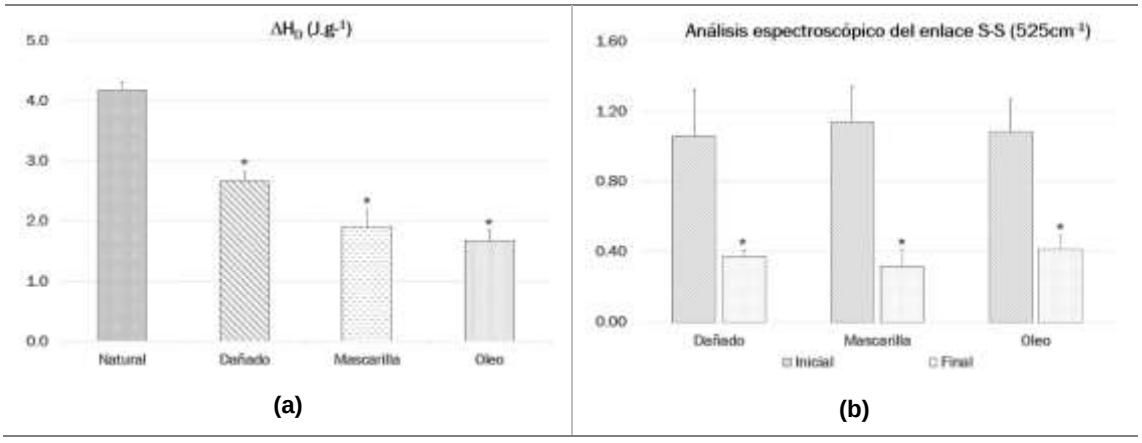
Como mencionado anteriormente, para el estudio de protección, primero fueron aplicados los productos y posteriormente fue realizado el daño térmico en los cabellos. Los cabellos fueron caracterizados por microscopia óptica antes del daño térmico (inicial) y posterior al daño térmico (final). Las imágenes obtenidas son presentadas en la **Figura 1**.

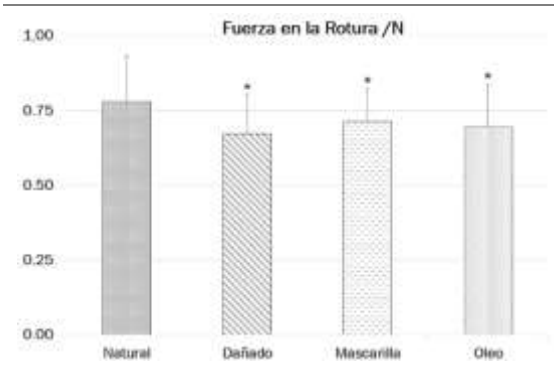


Figura 1: Imagen de los cabellos tratados; antes del daño térmico (inicial) y después del daño térmico (final)

La observación de la morfología de los cabellos permite verificar que cuando aplicados los productos cosméticos, la hinchazón característica de la formación de burbujas no aparece, mientras que, para el cabello desprotegido, cuando aplicado el mismo daño térmico, esta hinchazón es percibida, así como la formación de burbuja.

Los cabellos también fueron evaluados por las técnicas de DSC, en el cual se evaluó la entalpía de degradación de la queratina del cabello; FTIR, para verificar la integridad de las ligaciones S-S y Resistencia a la tracción, donde fue medida la fuerza a la ruptura. Los resultados obtenidos, pueden ser observados en la **Figura 2**.





(c)

Figura 2: Representación gráfica de los resultados obtenidos. (a) DSC; (b) FTIR; (c) Resistencia a la tracción. ** p<0.0001 en relación al grupo Natural.*

Para verificar la eficacia de los productos, fueron realizadas comparaciones estadísticas entre los grupos. Para esto fue utilizado el programa GraphPad Prism 8. El resumen de las comparaciones estadísticas puede ser observado en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Comparaciones estadísticas para el estudio de protección. I.C. 95%.

Comparación	**Entalpia (J/g)**	**Área de la banda (S-S)**	**Fuerza a la ruptura (N)**
Natural vs. Dañado	Si (p=0.0025)	Si (p=0.0021)	Si (p=0.0004)
Natural vs. Máscara	Si (p=0.0012)	Si (p=0.0002)	Si (p=0.0470)
Natural vs. Óleo	Si (p=0.0002)	Si (p=0.0003)	Si (p=0.0073)
Dañado vs. Máscara	No (p=0.7334)	No (p=0.3435)	No (p=0.2014)
Dañado vs. Óleo	No (p=0.0868)	No (p=0.4797)	No (p=0.5743)

Al observar los resultados, puede ser verificado que la aplicación del daño térmico, disminuye las propiedades de los cabellos de forma drástica, y a pesar de que morfológicamente, la aplicación de los productos mascarilla y óleo, parece haber protegido del daño térmico; al evaluar la entalpia de degradación de la queratina, el área de la banda del enlace S-S la realidad y la resistencia a la tracción, es bien diferente: no existió diferencia estadística entre los grupos tratados y el grupo dañado.

Reparación

El estudio de reparación fue conducido de forma similar a el estudio de prevención, con la diferencia de que el daño térmico fue aplicado antes de los productos. En la **Figura 3**, puede ser vista a morfología de los cabellos antes de la generación del daño térmico (Inicial), después de la generación de las burbujas (Bubble Hair) y después de la aplicación de los tratamientos (final).

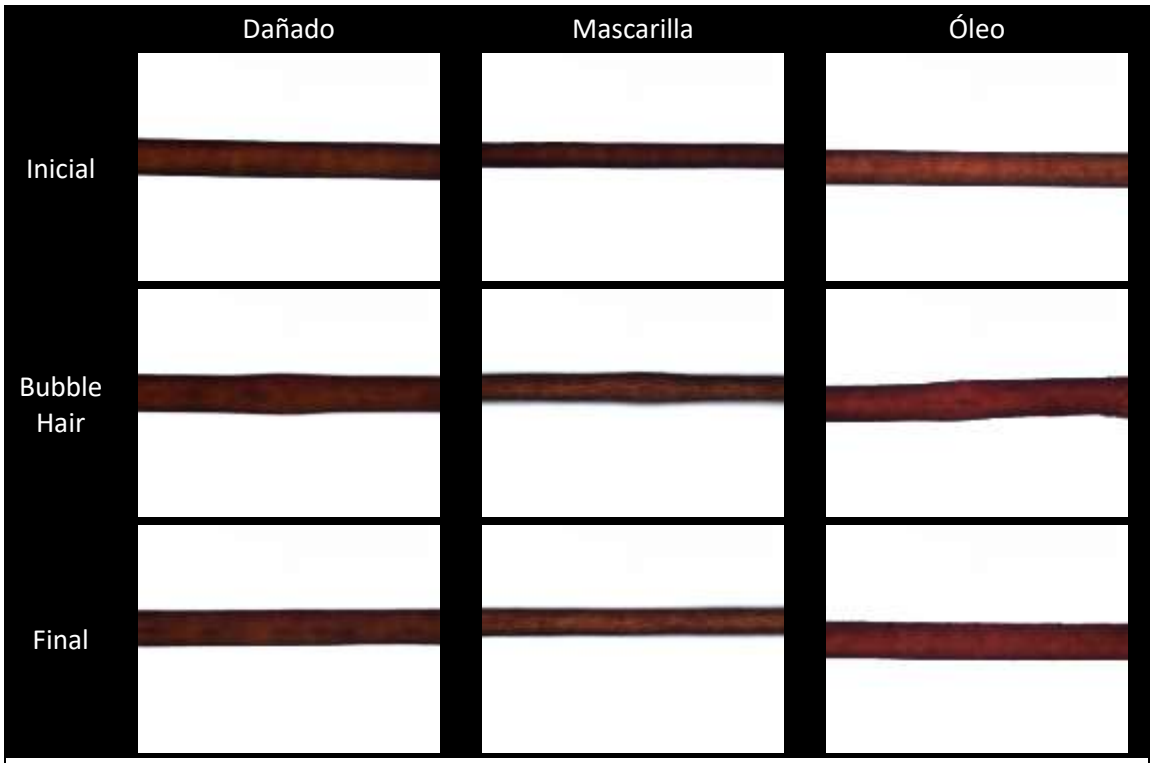
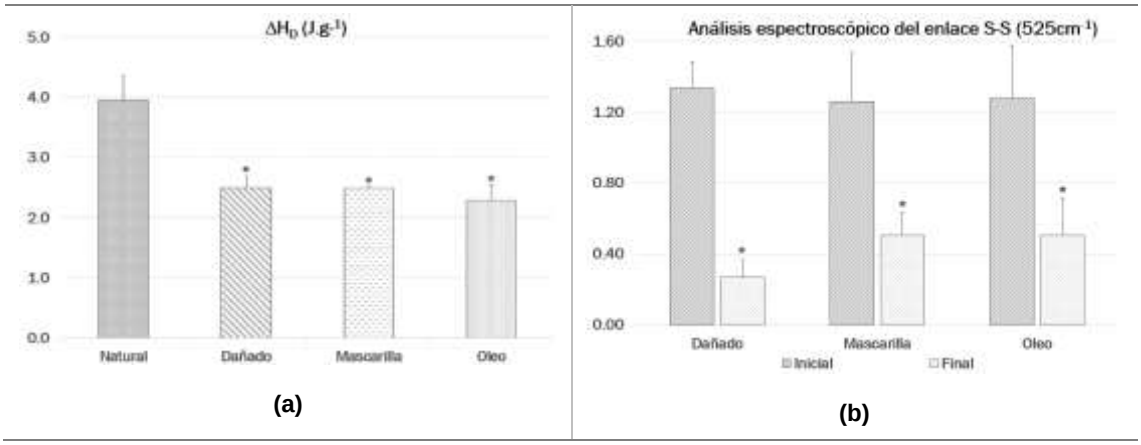


Figura 3: Imagen de los cabellos; antes del daño térmico y de la aplicación de los productos (inicial); después del daño térmico (Bubble Hair) y después de la aplicación de los productos (final)

Puede ser observado que después de la aplicación de los productos cosméticos, en todos los casos, los cabellos retornaron a su formato original, desapareciendo totalmente la expansión característica de la formación de burbuja. Los cabellos fueron entonces llevados a caracterización de sus propiedades físico-químicas por las 3 técnicas mencionadas anteriormente. Los resultados obtenidos pueden ser vistos en la **Figura 4**.



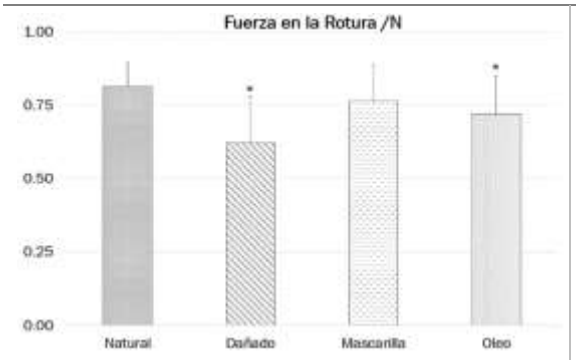


Figura 4: Representación gráfica de los resultados obtenidos. (a) DSC; (b) FTIR; (c) Resistencia a la tracción. ** p<0.0001 en relación al grupo Natural.*

El resultado de las comparaciones estadística entre los diferentes grupos, para cada medida puede ser observado en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Comparaciones estadísticas para el estudio de reparación. I.C. 95%.

Comparación	**Entalpia (J/g)**	**Área de la banda (S-S)**	**Fuerza a la ruptura (N)**
Natural vs. Dañado	Si (p=0.0004)	Si (p=0.0001)	Si (p<0.0001)
Natural vs. Máscara	Si (p=0.0003)	Si (p=0.0006)	No (p=0.1201)
Natural vs. Óleo	Si (p=0.0001)	Si (p=0.0048)	Si (p=0.0007)
Dañado vs. Máscara	No (p=0.9958)	Si (p=0.0335)	Si (p<0.0001)
Dañado vs. Óleo	No (p=0.3430)	Si (p=0.0327)	Si (p=0.0015)

La comparación de los cabellos que pasaron por los daños térmicos en relación a los naturales, resultó en valores semejantes a los obtenidos en el estudio de protección, aquí nuevamente podemos ver una disminución drástica de las propiedades de los cabellos, cuando aplicado el daño térmico. Por otro lado, la aplicación de los productos en los cabellos dañados presentó un efecto positivo en la resistencia a la tracción y en la intensidad de la banda S-S, ya en la entalpia de degradación de la queratina, no fueron detectadas diferencias significativas al comparar con el grupo dañado.

Conclusiones:

La aplicación de herramientas de calor en altas temperatura cuando los cabellos están húmedos, evapora el agua de forma rápida causando cavitación del vapor de agua, en su intento de salir del cabello; en este proceso el vapor de agua causa un daño permanente en la estructura de las fibras de cabello, formando huecos en forma de burbuja que son visibles al microscopio. El estudio de estos cabellos permitió verificar que la aplicación de productos cosméticos antes del daño térmico, evita que aparezca de forma visual la hinchazón característica de la formación de las burbujas, pero al evaluar las propriedades físico-químicas, fue observado una disminución en la intensidad del pico del estiramiento de la banda S-S; indicando que la integridad de la fibra fue comprometida. Esto también fue corroborado con la técnica de DSC, en la cual puede ser vista entalpia de degradación de la queratina del cabello; y con la verificación de la fuerza a la ruptura en las curvas de

tensión/deformación, pues ambos parámetros están directamente correlacionados con la cantidad de enlaces S-S en el cabello [10, 13].

Por otro lado, en el estudio de reparación, esto es, cuando el producto cosmético es aplicado después del daño térmico, a pesar de que ningún producto consiguió retornar las propiedades de los cabellos a su valor original, hubo una recuperación parcial en la intensidad de la banda S-S y de la fuerza a la ruptura para ambos productos en relación al cabello dañado. Sin embargo, esto no pasó con la entalpia de degradación, que se mantuvo igual al cabello dignificado aún después de la aplicación de los productos.

En conclusión, el uso de herramientas de calor en altas temperaturas con el cabello mojado, puede causar daños permanentes en las fibras de cabello, incluyendo la deformación conocida como “bubble hair”. A pesar de que la microscopia óptica permite la identificación rápida de esta deformación, el estudio de las fibras solo con esta metodología no es suficiente, y es interesante juntar la misma con medidas de propiedades físico-químicas de los cabellos que permitan identificar la integridad de los mismos como DSC [13], FTIR [14-16] o entonces a través del estudio de las propiedades mecánicas de los cabellos [10].

Referencias:

[1] Brown V. M, Ciounse R. G, Abele D. C. An unusual new hair shaft abnormality: "Bubble hair". J. Am Acad Dermatol, 15:1113-1117(1986)

[2] Elston D. M, Bergfeld W. F, Whiting D. A, McMahon J. T, Dawson D. M, Quint K. L, Muhlbauer J. E. Bubble Hair. J. Cutan Pathol 19:439-444 (1992)

[3] Detwiler S. P, Carson J. L, Woosley J. T, Gambling T. M, Briggaman R. A. Bubble Hair: Case caused by an overheating hair dryer and reproducibility in normal hair with heat. J. Am Acad Dermatol, 30:54-60 (1994)

[4] Gummer C. L. Bubble hair: a cosmetic abnormality caused by brief, focal heating of damp hair fibres. British journal of Dermatology 131:901-903 (1994)

[5] Dawber R. Hair: Its Structure and Response to Cosmetic Preparations. Clinics in Dermatology. 14: 105-112 (1996)

[6]Savitha A. S, Sacchidanand S, Revathy T. N. Bubble Hair and Other Acquired Hair Shaft Anomalies due to Hot Ironing on Wet Hair. Int J Trichol 3(2):118-120 (2011).

[7]Li Y. M, Diaz-Perez J. A, Obayomi A, Galimberti F, Romanelli P, Tosti, A. A review of bubble hair deformity. Int J. of Dermatol. 62:428-431 (2023).

[8] Albers L. N, Maley A. M, MacKelfresh J. B. Blowing Bubbles: Dermoscopy of Bubble Hair. Int J Trichol 9:122-123 (2017).

[9] Bantignies J. L, Fuchs G, Carr G. L, Williams G. P, Lutz D, Marull S. Organic reagent interaction with hair spatially characterized by infrared microspectroscopy using synchroton radiation. Int J. of Cosm Science. 20:381-394 (1998).

[10]Wickett R. R. Mechanical Properties of Hair. In: Practical Modern Hair Science. Ch 7: 223-250 (2012)

[11]Kamatchi S, Gunasekaran S, Sailatha E, Pavithra R. M, Kuppuraj P. FTIR-ATR Spectroscopic Technique on Human Single Intact Hair Fibre – A Case Study of Thyroid Patients. IJASTEMS. 2(5):1-6, (2016).

[12] Al-Kelani M, Buthelezi N. Advancements in medical research: Exploring Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy for tissue, cell, and hair sample analysis. Skin Res Technol. 30:e13733 (2024).

[13] De Castro-Lima C. R. R, De Couto R. A. A, Freire T. B, Goshiyama A. M, Baby A. R. Velasco M. V. R, Constantino V. R. L, Matos J. R. Heat-damaged evaluation of virgin hair. J Cosmet Dermatology. 1-8 (2019).

[14] Boll M. S, Doty K. C, Wickenheiser R, Lednev I. K. Differentiation of Hair Using ATR FT-IR Spectroscopy: A Statistical Classification of Dyed and Non-dyed Hairs. Forensic Chemistry. 6:1-9 (2017).

[15] Pienpinijtham P, Thammacharoen C, Naranitad S, Ekgasit S. Analysis of cosmetic residues on a single human hair by ATR FT-IR microspectroscopy. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. 197:230-236 (2018).

[16] Signori V, Lewis D. M. FTIR investigation of the damage produced on human hair by weathering and bleaching processes: implementation of different sampling techniques and data processing. Int J. of Cosmet. Science 19:1-13 (1197).