

Efecto de las fragancias en el desempeño sensorial de productos cosméticos tipo champú

Paola Andrea Lanzziano Alonso^{1,2}, Claudia Elizabeth Mora Huertas¹

¹ Grupo de investigación en Desarrollo y Calidad de Productos Farmacéuticos y Cosméticos. Departamento de Farmacia. Universidad Nacional de Colombia. A. A. 25479, fax 571-3165060, Bogotá, D. C., Colombia.

² Investigación y Desarrollo en Innovación. Cuidado Personal. Quala S. A., Bogotá, D. C., Colombia.

Correo electrónico: cemorah@unal.edu.co

Recibido para evaluación: 20 de junio de 2013.

Aceptado para publicación: 22 de octubre de 2013.

RESUMEN

En el desarrollo de cosméticos, las fragancias constituyen un factor clave en términos de la aceptabilidad del producto por parte del consumidor. No obstante, durante la etapa de formulación, la atención se focaliza comúnmente en la evaluación de factores tales como el desempeño y la estabilidad del perfil olfativo, y no se profundiza en las consecuencias de las posibles interacciones causadas entre los ingredientes de la formulación y los ingredientes de la fragancia. Como un aporte en este sentido, el presente trabajo evidencia el efecto de diferentes fragancias en el desempeño funcional de productos cosméticos tipo champú. De acuerdo con los resultados obtenidos, el solvente orgánico presente en la composición de la fragancia podría influenciar de forma significativa en el comportamiento de materias primas de naturaleza polimérica que se emplean en las formulaciones de champús y que determinan tanto la viscosidad del producto como su desempeño sensorial en las pruebas de uso.

Palabras clave: fragancia, champú, incompatibilidad, cosméticos, formulación.

SUMMARY

Effect of the fragrance on the sensorial performance of cosmetic shampoos

Fragrances are a key factor when cosmetics are developed because of their crucial influence on the consumer acceptance. However, the development stages of the product are frequently focused on factors such as the cosmetic performance and the olfactory profile, overlooking the potential chemical interactions between the recipe ingredients and the fragrance ingredients like their consequences in terms of the product performance. As a contribution on this regard, this research evidences the incidence of different fragrances on the functional performance of cosmetic shampoos. The results reveal that the organic solvent included into the fragrance recipe could influence in significant way the behavior of polymeric raw materials which govern both the product viscosity and the product sensorial performance when in use tests are carried out.

Key words: fragrance, shampoo, incompatibility, cosmetic, formulation.

INTRODUCCIÓN

Los champús no solo se diseñan para limpiar, sino que, además, deben cumplir con otros requisitos como dejar el cabello acondicionado, fácil de desenredar, suave y con buen aroma y brillo [1]. Usualmente son formulados como soluciones, emulsiones o suspensiones, para los que se utilizan compuestos de diferente funcionalidad, tales como tensioactivos sean estos aniónicos, no iónicos o anfotéricos, agentes acondicionadores, viscosantes, opacificantes, perlantes, quelantes, preservantes, reguladores de pH, colorantes y fragancias [2].

Uno de los atributos más importantes en la formulación de un champú es la fragancia, puesto que constituye la identidad del producto para el consumidor, además de ser uno de los principales motivadores para su selección al momento de la compra [3, 4]. Sin embargo, su incorporación en una formulación específica trae consigo exigencias dentro de las que se destacan una buena compatibilidad, facilidad en la incorporación, estabilidad y excelente desempeño. Esto ha originado nuevos desarrollos tecnológicos relacionados con el manejo de la concentración, la disolución y la incorporación de las fragancias, así como la búsqueda de ingredientes novedosos para lograr un desempeño de larga duración y con excelente perfil olfativo [5].

Sin embargo, al incorporar una fragancia dentro de una formulación de champú, muchas veces no se considera el tipo de interacción que puede tener con el resto de los ingredientes del producto [6]. Frecuentemente, no se es consciente de que las fragancias son una mezcla de sustancias odoríferas con identidad única, que dan una percepción sensorial identificable [7]. Es así como en una formulación pueden encontrarse más de 100 ingredientes de naturaleza hidrofílica e hidrofóbica, entre las notas de cima, medio y base [8].

Los tipos de ingredientes de las fragancias incluyen aceites esenciales que pueden ser de origen natural o sintético, y diluentes, los que son utilizados como vehículos que proporcionan estabilidad e impacto. Dentro de tales diluentes se destacan solventes orgánicos como el etanol, el dietilenglicol monoetil éter, el ftalato de dietilo, el dipropilenglicol y el miristato de isopropilo y agentes tensioactivos no iónicos como el poli-propilenglicol (PPG)-1-polietilenglicol (PEG)-9-lauril glicol éter, el PEG-60 aceite de castor hidrogenado y el PPG-5-ceteth-20 [9].

Al formar parte de la formulación de un champú, las fragancias se encuentran inmersas en un medio caracterizado por la presencia de elevadas cargas de tensioactivos, de sustancias con diferentes polaridades y de electrolitos [10]. Algunos avances se han reportado en la literatura con objeto de entender su comportamiento y su verdadera naturaleza desde el punto de vista fisicoquímico, a fin de orientar al formulador de un producto cosmético tipo champú acerca de la mejor estrategia para el diseño del producto y la selección de la formulación. Entre las propiedades evaluadas, se encuentran la solubilidad de algunos componentes de las fragancias [11] y la determinación de sus equilibrios de fases en agua [12], en octanol [13] o en sistemas tensioactivos [14]. Igualmente, se considera de fundamental importancia conocer el parámetro de solubilidad [15] y el coeficiente de partición octanol-agua de la fragancia [11, 15, 16, 17, 18]. El parámetro de solubilidad hace referencia a las fuerzas de cohesión de una molécula. Aunque para una fragancia resulta complejo el concepto de parámetro de solubilidad, se puede considerar como el resultante del aporte de sus componentes principales y los solventes utilizados. Por su parte, el coeficiente de partición octanol-agua es un parámetro que correlaciona la estructura de la molécula con su comportamiento de lipofili- cidad o hidrofili- cidad. Ambos, el parámetro de solubilidad y el coeficiente de partición octanol-agua, permiten predecir las afinidades entre los componentes de la fragancia y los de una formulación de champú, según su naturaleza química [19]. Recientemente se ha reportado la predicción de propiedades fisicoquímicas de compuestos presentes en las fragancias a partir del modelo del parámetro de solvatación, en el que se consideran las interacciones moleculares dependiendo de las fuerzas de unión predominantes según su estructura química [20].

Por otro lado, se ha explicado [21] la interacción de las fragancias con los sistemas emulsificantes a partir del coeficiente de partición agua-dioxano, el que establece que los componentes de las fragancias pertenecen a la fase oleosa de la emulsión, por lo que se les puede asignar un valor de balance de hidrofiliicidad y lipofiliicidad (HLB, por sus siglas en inglés). Asimismo, debe ser estimado el límite crítico de la fase acuosa (CLWP, por sus siglas en inglés), que indica la cantidad de agua tolerada por el sistema emulsificante. El balance adecuado de la emulsión puede validarse con las propiedades olfativas finales.

No obstante, a pesar del esfuerzo por encontrar estrategias de formulación como las ya mencionadas y que tienen como fundamento conceptos fisicoquímicos, no es fácil disponer de una guía para formular fragancias en productos cosméticos. Una aproximación en este sentido ha sido propuesta por Buccellato y col. [22], y se encuentra orientada hacia el adecuado conocimiento de la fragancia según el tipo de producto cosmético que se pretende desarrollar. En adición, como las fragancias son consideradas composiciones creativas únicas su formulación es considerada un secreto industrial, lo que no permite conocer la descripción exacta de sus componentes. Esto dificulta la predicción de incompatibilidades que pueden afectar la calidad de un producto cosmético tipo champú. Al respecto, en nuestro conocimiento, la información reportada en la literatura evidencia fenómenos de inestabilidad atribuidos a incompatibilidades entre las fragancias y la formulación del champú, los que han sido detectados por la modificación de propiedades fisicoquímicas del producto, tales como la viscosidad, el aspecto o el perfil sensorial [23]. Igualmente, se han realizado estudios basados en pruebas de salón, en los que se concluye que la influencia de la fragancia sobre la percepción del consumidor respecto al desempeño funcional del champú se debe al tipo de olor, más que a alguna sinergia entre la fragancia y los diferentes componentes de la formulación [24]. Sin embargo, no se ha profundizado en la incidencia de las interacciones entre la fragancia y la base del champú a partir de la modificación de atributos perceptibles en uso, tales como la formación de espuma, la suavidad en el cabello o la fuerza de desenredo. De acuerdo con esto, el presente trabajo pretende demostrar la importancia de las fragancias como ingredientes en la formulación, ya que pueden determinar no solo el desempeño olfativo, sino también su desempeño funcional. De esta forma, se puede entender que durante la etapa de formulación de un champú, las fragancias no deben verse como una caja negra de ingredientes que solo sirven para dar una característica de mercadotecnia e identidad, sino que su composición podría interactuar de múltiples maneras con los componentes del champú, determinando su comportamiento en las pruebas de uso.

METODOLOGÍA

Materiales

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizaron dos bases de champú identificadas como base A (BA) y base B (BB), con sistemas tensioactivos, acondicionadores y viscosantes diferentes cuya composición cualicuantitativa se reporta en la tabla 1. Las fragancias empleadas se adquirieron en el mercado local y teniendo en cuenta la confidencialidad respecto a su formulación, en la tabla 2 únicamente se reportan los contenidos de las sustancias reguladas como alérgenos, lo que permite una aproximación a la composición general. Teniendo en cuenta la información suministrada por los proveedores, dentro de los solventes orgánicos podrían encontrarse el dietilenglicol monoetil éter, el ftalato de dietilo, el dipropilenglicol y el miristato de isopropilo. La preparación de las bases de champú se realizó a escala piloto (2 kg) y el procedimiento utilizado en cada caso dependió de la formulación. En términos generales, los materiales poliméricos se dispersaron en agua. Asimismo, en otra porción del agua, se dispersaron los demás componentes utilizando para ello agitación. Las dos dispersiones se mezclaron bajo agitación continua, se realizó el ajuste de pH, la adición de las fragancias y, finalmente, el ajuste de volumen.

Tabla 1. Composición cualicuantitativa de las bases de champú

Ingrediente	Base A	Base B	Propiedades relevantes
Lauril éter sulfato sódico	q.s.		Tensioactivos aniónicos, responsables de la limpieza del cabello y de la acción espumante.
Lauril sulfato amónico		q.s.	
Lauril éter sulfato amónico		q.s.	
Cocamidopropil betaine	q.s.		Tensioactivo anfótero, se comporta como no iónico. Tiene acción espumante, estabilizante de espuma y viscosante.
Cocamida monoetanolamina		q.s.	Tensioactivo no iónico, usado como mejorador de espuma y viscosidad, mejora el perfil de viscosidad con la adición de electrolitos.
Lauril éter sulfato sódico (y) diestearato de etilenglicol (y) cocamida MEA (y) polioxiéter del alcohol láurico-10	q.s.		Agente perlante y opacificante. Emulsión aniónica que ayuda a mantener la viscosidad de la emulsión y del producto con el tiempo.
Diestearato de etilenglicol		q.s.	Tensioactivo no iónico con acción perlante.

Tabla 1. Composición cualicuantitativa de las bases de champú (continuación).

Ingrediente	Base A	Base B	Propiedades relevantes
Dimeticónol (y) laurilbencensulfonato de TEA	1-3%	1-3%	Agente acondicionador. Emulsión aniónica o/w de polidimetilsiloxano de alto peso molecular. Mejora la peinabilidad en húmedo y seco.
Amodimeticóna (y) PEG éter (7) de alcoholes grasos C12-14 (y) PEG éter (5) de alcoholes grasos C12-14	0-2%		Agente acondicionador. Emulsión no iónica de dimetilpolisiloxanos con grupos aminofuncionales. Mejora la sensación en húmedo y el desenredo.
Cloruro de goma guar hidroxipropiltriimonio	0,2-0,4%		Agente acondicionador y viscosante catiónico. Mejora la lubricidad en húmedo y el acondicionamiento en seco.
Policuaternio-7		1-3%	Agentes acondicionadores catiónicos que forman película y mejoran la lubricidad en húmedo.
Policuaternio-39		1-3%	
Cloruro de acrilamidopropiltriimonio		0,01%-0,05%	Agente acondicionador catiónico, formador de película. Proporciona acondicionamiento en húmedo y facilidad de desenredo.
Copolímero de acrilato	0,5-2%		Agente viscosante y suspensor. Proporciona lubricidad y deslizamiento en húmedo y forma la red para ayudar a la fijación del producto sobre la fibra capilar.
PEG-45M	q.s.		Agente estabilizador de espuma. Polímero de alto peso molecular formador de película que mejora la lubricidad en húmedo.
HPMC	0,1-0,3%		Agente estabilizador de espuma, formador de película y viscosante.
Cloruro de sodio	máx. 2%	máx. 1%	Electrolito que contribuye a incrementar la viscosidad.
EDTA disódico	q.s.	q.s.	Agente quelante. Protege el color de la degradación y permite la formación de espuma en aguas duras.
Benzoato de sodio	q.s.	q.s.	Preservante antimicrobiano.
Hidróxido de sodio	q.s.		Agente neutralizante del copolímero de acrilato.
Ácido cítrico	q.s.	q.s.	Ajustador de pH.
Color	q.s.	q.s.	Colorante.
Mica/dióxido de titanio	q.s.	q.s.	Perlante.

Tabla 1. Composición cualicuantitativa de las bases de champú (continuación).

Ingrediente	Base A	Base B	Propiedades relevantes
Perfume	0,5-0,8%	0,5-0,8%	Fragancias descritas más adelante .
Agua	q.s.	q.s.	Solvente.

*MEA: monoetanolamina; TEA: trietanolamina; PEG: polietilenglicol; HPMC: hidroxipropilmetilcelulosa; EDTA: ácido etilendiaminotetraacético.

Tabla 2. Descripción de la composición de alérgenos de las fragancias aplicadas

Componente	Fragancia 1	Fragancia 2	Tipo de nota	Grupo funcional predominante	Notas
Butilfenilmetil propionaldehído	> 4%	> 4%		Aldehído	
α -isometil ionona	nd.	nd.		Cetona	
Amilcinamaldehído	> 0,005%	> 0,005%	Baja base	Aldehído	Frutal, floral, jazmín, lila
Alcohol amilcinamalico	nd.	nd.		Alcohol	Floral dulce ceroso
Alcohol anisílico	nd.	nd.		Alcohol	Frutal floral vainilla
Alcohol bencílico	> 0,010%	> 0,010%	Leve medio	Alcohol	
Benzoato de bencilo	> 0,005%	> 0,005%		Éster	Leve balsámico
Cinamato de bencilo	nd.	nd.		Éster	Balsámico
Salicilato de bencilo	nd.	> 8%	Baja medio	Éster	Floral, balsámica, dulce
Cinamaldehído	nd.	nd.	Alta medio	Aldehído	Especias, canela, balsámica, dulce, caliente
Alcohol cinámico	nd.	nd.	Alta medio	Alcohol	Balsámico, floral, jacinto, rosa, dulce
Citral	< 0,010%	> 0,010%	Alta medio	Aldehído	Cítrico, limón, quemante
Citronelol	< 3%	> 3%	Moderada cabeza	Alcohol	Floral, rosa, dulce, ligero
Cumarina	nd.	nd.	Moderado base	Lactona	Heno, agreste, coco, dulce, tibio

Tabla 2. Descripción de la composición de alérgenos de las fragancias aplicadas (continuación).

Componente	Fragancia 1	Fragancia 2	Tipo de nota	Grupo funcional predominante	Notas
Eugenol	nd.	nd.	Alta medio	Éter fenólico	Especias, trébol, floral, clavel, pungente
Farnesol	nd.	nd.	Leve base	Alcohol	Floral, lima, lila del valle, dulce, delicada
Geraniol	> 0,1%	< 0,1%	Alta media	Alcohol	Rosa, floral, dulce, tibio
Hexil cinamaldehído	< 5%	> 6%	Baja base	Aldehído	Floral, frutal, jazmín, fresco
Hidroxiisohexil 3-ciclohexen carboxaldehído	nd.	nd.		Aldehído	
Hidroxicitronelal	nd.	nd.	Moderado base	Aldehído/ alcohol	Floral, lima, lila del valle, dulce y fresco
Isoeugenol	nd.	nd.	Baja base	Alcohol	Floral, trébol, especie, clavel, pungente
Limoneno	< 4%	> 4%		Monoterpeno	Fresco, dulce cítrico naranja
Linalol	< 0,05%	> 7%	Alta cabeza	Alcohol	Floral, madera, cítrico, dulce, fresca, ligera
Metil heptin carbonato	nd.	nd.	Muy alto cabeza	Éster alquino	Verde, vegetal, frutal, difusa
Extracto de <i>Evernia prunastri</i>	nd.	nd.			
Extracto de <i>Evernia furfurácea</i>	nd.	nd.			

*nd: no detectable.

Métodos

El presente estudio se realizó en dos etapas. La primera se focalizó hacia el desarrollo de estudios preliminares (pruebas de salón y evaluación sensorial) que permitieran establecer la evidencia acerca del efecto del tipo de fragancia sobre el desempeño en uso del champú. La segunda correspondió a la evaluación del desempeño funcional de las diferentes bases de champú investigadas, utilizando ensayos instrumentales que evidenciaran de forma objetiva la influencia de la fragancia sobre su comportamiento.

Estudios preliminares: pruebas de salón y análisis sensorial

Pruebas de salón: se realizaron dos pruebas de medias cabezas, en las que participaron mujeres de edades comprendidas entre 20 y 50 años. Tipos de cabello: medio a largo; mixto y seco; liso, ondulado y crespo. La prueba consistió en dividir el cabello en dos partes y lavar cada sección con un producto diferente. Para aislar el olor de la fragancia, se cubrió la nariz y la boca de las colaboradoras usando un tapabocas desechable y se neutralizó el olor con una fragancia de ambiente. Se evaluó la preferencia de los productos respecto a la espuma, el desempeño en húmedo y el desempeño en seco. En el primer ensayo de medias cabezas, realizado en 30 participantes, se utilizó la misma base de champú adicionada con fragancias diferentes (fragancias 1 y 2), las que fueron evaluadas contra un champú referencia del mercado. En el segundo ensayo, en el que participaron 15 consumidoras, se evaluaron dos bases de champú diferentes (A y B) con adición y sin adición de las fragancias 1 y 2. Los resultados obtenidos se compararon utilizando una prueba de χ^2 con un nivel de confianza del 95%.

Análisis sensorial: de forma complementaria y con el objetivo de corroborar los resultados obtenidos en los estudios con consumidores, un panel de diez expertos determinó el perfil sensorial de cada una de las bases de champú, con adición y sin adición de las fragancias, utilizando mechales estándar color castaño medio, de 4 g de peso, 2 cm de ancho y 15 cm de largo. Se evaluaron los siguientes atributos: la suavidad en húmedo, la facilidad de desenredar, la facilidad de peinar en húmedo, la suavidad en seco, la facilidad de peinar en seco y el brillo. Para la calificación de desempeño de cada atributo, se empleó una escala de 1 a 5, donde 1 es el menos favorable y 5 el más favorable.

Evaluación del desempeño funcional utilizando ensayos instrumentales

La segunda etapa de esta investigación se orientó a profundizar en la identificación de las diferencias en el desempeño funcional de los champús, dependiendo de la fragancia empleada en su formulación. Con este propósito se determinó la viscosidad y el perfil de viscosidad en el tiempo, la formación de espuma y se realizó la medición en mechales estándar, de la fuerza de peinado y el brillo. La comparación del comportamiento de los diferentes productos se efectuó mediante pruebas de análisis de varianza de un solo factor a un nivel de confianza del 95%.

Determinación del comportamiento reológico: las mediciones de viscosidad y viscosidad en función del tiempo se hicieron por duplicado, con un viscosímetro tipo Brookfield LV con aguja número 4, velocidad de 12 rpm, durante 1 min. Para obtener una medida más precisa de la viscosidad, se empleó el accesorio Helipath con aguja número 2 y velocidad de 5 rpm. Las mediciones se realizaron cada 30 s durante 3 min y se promediaron los valores obtenidos. Los resultados de viscosidad se reportaron en centipoises (cP) a $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Determinación de la formación de espuma: se llevó a cabo en probetas de 1.000 ml, y se utilizaron 100 ml de una dispersión al 1% del champú bajo ensayo, la que se agitó vigorosamente por 20 ciclos. La altura de la espuma en mililitros se determinó en el momento inicial y al cabo de 5 y 10 min de iniciado el ensayo.

Medición de la fuerza de peinado: para el desarrollo de la prueba, se utilizaron mechales de cabello de 5 g-8 g cada una, con medidas de 5 cm de ancho y 30 cm de largo, las que fueron decoloradas siguiendo un procedimiento estándar y utilizando productos comerciales (polvo decolorante y solución de peróxido de hidrógeno). La aplicación del producto a evaluar se realizó sobre el mechón humedecido masajeando por 1 min, luego se enjuagó durante 1 min y, finalmente, se secó con secadora de cabello. La medida de la fuerza de peinado tanto para mechales secos como para mechales húmedos, se determinó con un texturómetro Stable Microsystem TA.XT plus, utilizando el accesorio de peinabilidad. Se hicieron tres mediciones por mechale y se evaluaron tres mechales por producto. Los resultados son expresados como área bajo la curva (gramos-fuerza).

Evaluación del desarrollo de *frizz*: se utilizaron mechales estándar color castaño oscuro crespos, de 4 g de peso, 2,5 cm de ancho y 20 cm de largo. A los mechales se les aplicó el producto a evaluar, masajeando por 1 min y luego se enjuagaron durante 1 min. Posteriormente, se secaron con una secadora de cabello hasta lograr un aspecto liso y se ubicaron sobre paneles con escala en cuadrícula. Dichos paneles se colocaron en una cámara de humedad a $80\% \pm 5\%$ de humedad relativa y $45\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Las mediciones de largo y ancho de las mechales se realizaron cada 2 h durante 8 h haciendo registro fotográfico. Los resultados son reportados como incremento de volumen del mechón en el tiempo.

Determinación del brillo: se hizo en mechales estándar color castaño oscuro, lisos, de 4 g de peso, 2,5 cm de ancho y 15 cm de largo, utilizando un equipo Glossmeter marca BYK y un ángulo de medición de 80° . Para cada uno de los mechales se midieron las unidades de brillo en diez puntos distintos y los resultados son reportados como el valor promedio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el desarrollo de una formulación cosmética tipo champú, se deben tener en cuenta las propiedades de los ingredientes funcionales, así como sus posibles sinergias e incompatibilidades, con el objetivo de lograr un producto estable, funcional, con el costo deseado y con excelente desempeño sensorial [25]. No obstante, no solo basta con tener una buena formulación funcional para tener éxito en el mercado. También se debe contar con algunos componentes que contribuyan a la sensorialidad del producto y mejoren la percepción de su desempeño, dentro de los que se incluyen las fragancias.

Sin embargo, durante muchos años las fragancias fueron catalogadas como excipientes optativos que tienen un papel asociado a las propiedades organolépticas y no influyen significativamente en la funcionalidad de un champú. Es así como se ha reportado el efecto de las fragancias sobre el color, la viscosidad, el perfil olfativo y el aspecto físico de los champús [23], pero son escasos los trabajos de investigación que sustenten que una fragancia puede cambiar la funcionalidad de un producto modificando atributos relevantes como la suavidad en el cabello [24]. Muchas veces, las preferencias mostradas por los consumidores hacia un producto u otro son atribuidas solo al gusto por el perfil olfativo y no a los posibles cambios funcionales que también pueden ser notados durante el uso. De acuerdo con lo anterior, en el presente estudio se buscó, en primer lugar, determinar la influencia de las fragancias a partir de pruebas de salón y de la evaluación sensorial de los productos y, en segundo lugar, verificar las apreciaciones obtenidas utilizando métodos instrumentales.

Estudios preliminares: pruebas de salón y análisis sensorial

Para demostrar la posible incidencia de la fragancia sobre el desempeño funcional de un producto cosmético tipo champú, en la primera etapa del presente estudio se hizo una prueba de medias cabezas con 30 consumidoras, teniendo como precaución fundamental el anular la variable asociada al perfil olfativo. Estudios realizados por Silva y col. [4] y Churchill y col. [24], evidencian que la percepción olfativa puede modificar la apreciación que el consumidor otorga al desempeño del producto. Las características de desempeño evaluadas en esta prueba de salón, incluyeron la calidad de la espuma y el desempeño del producto tanto en húmedo como en seco. De acuerdo con los resultados presentados en la figura 1 y la evaluación de la significancia estadística de las respuestas al comparar la base A de champú adicionada de la fragancia 1 frente a un producto referencia del mercado, este último es preferido por las participantes cuando se hace la evaluación en húmedo y en seco. Estos resultados contrastan con aquellos obtenidos para el desempeño de la misma base de champú pero adicionada de la fragancia 2. En este caso, es evidente una preferencia significativa respecto a la evaluación de la espuma, el desempeño en seco y el desempeño en húmedo a favor de la base A.

Aunque en el anterior estudio, algunas de las participantes no lograron discriminar su preferencia hacia una muestra específica, es posible afirmar que los ensayos de desempeño en uso del producto sí permiten identificar la preferencia que tendrían los consumidores hacia un producto en particular. Además, se evidenció que existe una diferencia en cuanto al desempeño funcional de una fórmula de champú cuando se cambia de fragancia, la que es percibida en uso por el consumidor. Una conclusión preliminar de este antecedente: el cambio de fragancia en esta base afecta la preferencia en la espuma, la preferencia en húmedo y la preferencia en seco. Sin embargo, para conocer

si esta conclusión es aplicable a otras bases de champú, se llevó a cabo un estudio con 15 personas donde se emplearon dos bases de champú diferentes (A y B). Los resultados reportados en la figura 2, revelan que la presencia de la fragancia 2 en la base A afecta favorablemente la preferencia del consumidor desde el punto de vista de la calidad de la espuma y el desempeño en seco. Por el contrario, los resultados obtenidos para la base B, sugieren que la presencia de la fragancia 2 influencia de forma desfavorable su desempeño, especialmente en lo correspondiente a la evaluación en húmedo.

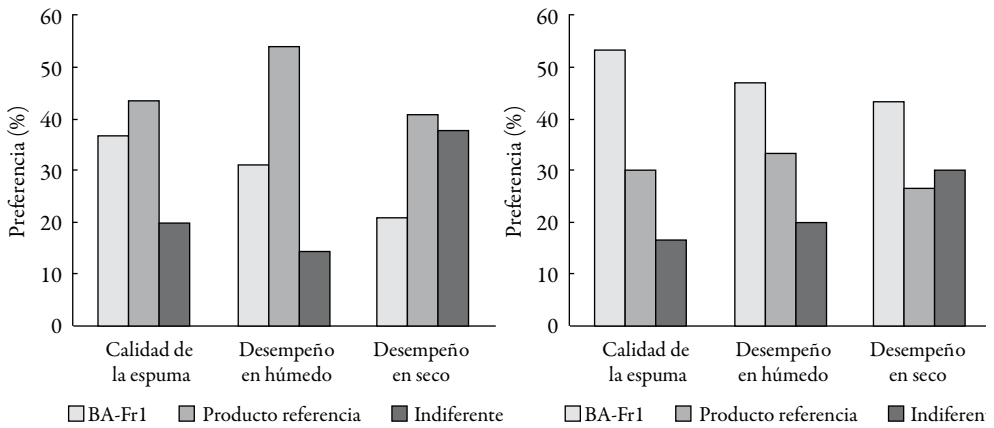


Figura 1. Preferencia del producto por los consumidores para la base de champú A (BA) adicionada de la fragancia 1 (Fr1) o la fragancia 2 (Fr2), respecto a un producto referencia del mercado

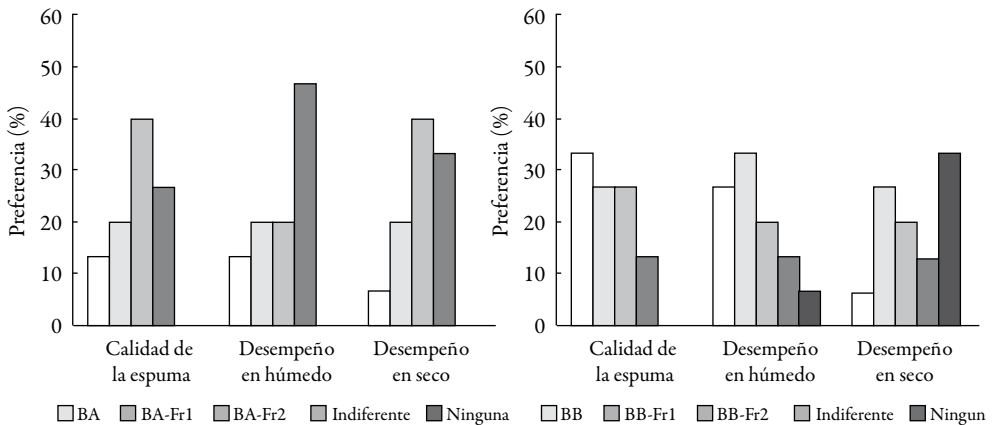


Figura 2. Preferencia del producto por los consumidores. a) Preferencias para la base de champú A (BA) sin fragancia y adicionada de las fragancias 1 (Fr1) o 2 (Fr2), b) Preferencias para la base de champú B (BB) sin fragancia y adicionada de las fragancias 1 (Fr1) o 2 (Fr2)

Para complementar los dos estudios anteriores, un panel sensorial evaluó el efecto de las bases de champú adicionadas o no de las fragancias 1 y 2, sobre otras variables asociadas a la sensación de acondicionamiento en húmedo y en seco, tales como la suavidad, la facilidad para desenredar, la facilidad para peinar y el brillo. Como se presenta en la figura 3, para ambas bases de champú se detecta influencia de la fragancia en algunos atributos del análisis sensorial. Por ejemplo, la fragancia 2 favorece la suavidad en húmedo de la base A, pero disminuye la de la base B. Igualmente, el estudio empleando la base B reveló diferencias en cuanto al brillo y la facilidad de desenredo en húmedo. Por otro lado, la determinación de las áreas de cada uno de los polígonos, proporciona una visión global del desempeño de cada uno de los productos y evidencia diferencias en el comportamiento de las bases de champú según la fragancia que se adicione (relación de áreas de los polígonos determinadas por método geométrico: BA:BA-Fr1:BA-Fr2, 1:1:1.05; BB:BB-Fr1:BB-Fr2, 1:1.03:0.87). Se destacan los comportamientos de moderado efecto favorable exhibido por la base A adicionada de la fragancia 2, respecto al obtenido para la misma base sin adición de fragancia o adicionada de la fragancia 1 y el marcado efecto desfavorable de la fragancia 2 cuando es evaluada la base de champú B.

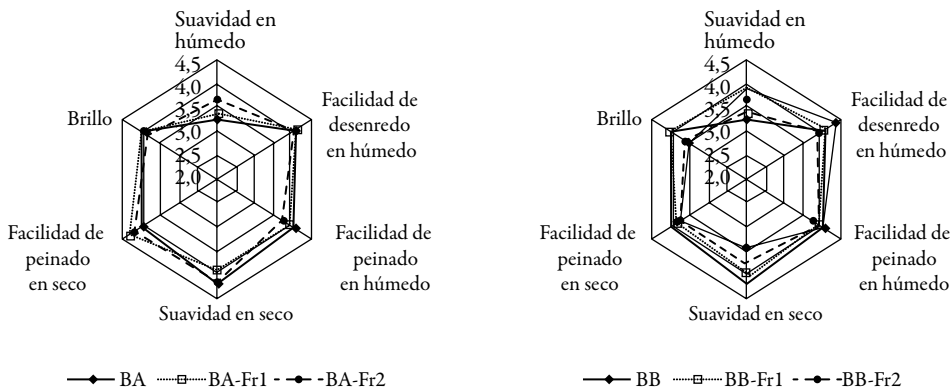


Figura 3. Comportamiento en el análisis sensorial de las bases de champú A (BA) y B (BB), con adición y sin adición de las fragancias 1 (Fr1) y 2 (Fr2)

En síntesis, tanto las pruebas de salón como el análisis sensorial permiten identificar diferencias entre los productos y, en especial, entre las dos fragancias evaluadas. Aunque los resultados en estos dos estudios no son totalmente correlacionables, en términos generales sugieren la misma tendencia en cuanto a preferencia y desempeño sensorial del producto.

Evaluación del desempeño funcional utilizando ensayos instrumentales

De acuerdo con los resultados preliminares, la segunda etapa de esta investigación profundizó en el entendimiento del comportamiento de las propiedades que reflejan el desempeño en uso de los champús dependiendo del tipo de fragancia y de las formulaciones base. El objetivo fue confirmar, a partir de los resultados de ensayos fisicoquímicos y de desempeño, si realmente el tipo de fragancia determina la funcionalidad de la fórmula.

El punto de partida que orientó la investigación en este sentido, fue el análisis de cada formulación de champú para identificar los componentes que determinan su desempeño en uso [26]. Considerando la composición de la base A, las propiedades de acondicionamiento en húmedo y en seco pueden ser atribuidas en esencia a los derivados de siliconas (*i. e.*, el dimeticonol y la amodimeticona) y a algunos de los agentes poliméricos, fundamentalmente la goma guar cuaternizada y la HPMC (tabla 1). Se reconoce, además, que los agentes que definen la viscosidad en esta base de champú (*i. e.*, el copolímero de acrilato, la goma guar cuaternizada y la HPMC), también afectan la percepción del consumidor respecto al efecto acondicionador del producto. Para el caso de la base de champú B, los agentes que brindan el efecto acondicionador tanto en húmedo como en seco son el policuaternio-7, el policuaternio-39, el cloruro de acrilamidotrimonio y el dimeticonol. Además, se emplea la cocamida-MEA, un tensioactivo no iónico que mejora el perfil de viscosidad del producto con la adición de electrolitos.

Desde el punto de vista de las fragancias, la composición general presentada en la tabla 2 indica que poseen el mismo tipo de moléculas odoríferas pero en diferentes proporciones. Según información suministrada por el proveedor, una diferencia clave entre las dos es el tipo de solvente orgánico empleado. La experiencia en el laboratorio evidencia que las fragancias bajo estudio disuelven materiales poliméricos, tales como aquellos que forman parte de recipientes plásticos, lo que podría ser atribuido a los solventes orgánicos empleados. Esto permite plantear la hipótesis de que los solventes orgánicos presentes en la formulación de las fragancias, influyen en el comportamiento como viscosantes y formadores de película de los agentes acondicionadores de naturaleza polimérica presentes en las bases de champú. Para investigar dicha hipótesis, se llevó a cabo un estudio sistemático basado en pruebas instrumentales, el que incluyó la evaluación del comportamiento reológico y la medición de la fuerza de peinado en húmedo y en seco.

Influencia de las fragancias en las propiedades reológicas del champú. La influencia del tipo de fragancia sobre la viscosidad del champú, se evidenció a partir del estudio de comportamiento reológico en función del tiempo. De hecho, estudios realizados sobre otras formas cosméticas, tales como protectores solares en emulgeles, demuestran la

influencia de las fragancias en la reología del producto [27]. En términos generales, las fragancias disminuyen la viscosidad de las dos bases de champú evaluadas en la presente investigación. Sin embargo, como se observa en la figura 4, este efecto depende del tipo de fragancia cuando se evalúa la base A, siendo más significativa la disminución de la viscosidad cuando se adiciona la fragancia 1. Además, se obtiene un valor de cedencia mayor (valores de cedencia: base A: 10200 cP; base A adicionada de fragancia 1: 17800 cP; base A adicionada de fragancia 2: 10500 cP).

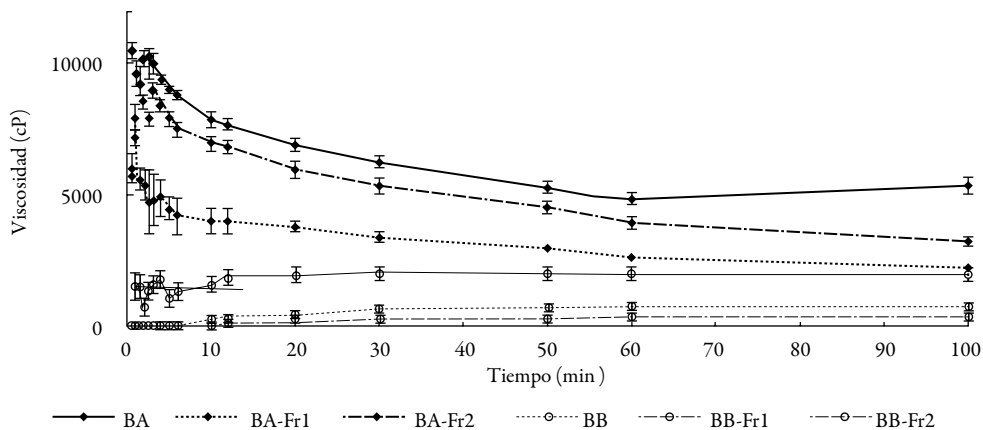


Figura 4. Comportamiento reológico de las bases de champú A (BA) y B (BB), con adición y sin adición de las fragancias 1 (Fr1) y 2 (Fr2)

Los cambios en la reología de las formulaciones, pueden entenderse como una consecuencia de modificaciones en el comportamiento fisicoquímico de los componentes que determinan la viscosidad de las bases de champú. Como se ha mencionado, la viscosidad de la base de champú A se debe a componentes poliméricos, tales como la HPMC, la goma guar cuaternizada y los copolímeros de acrilato. Para el caso de la base B, la viscosidad se debe a los policuaternios y a otros componentes no poliméricos que se encuentran en la formulación.

De acuerdo con lo anterior, es posible suponer que el comportamiento de los materiales poliméricos como viscosantes depende de la composición de la fragancia. Para profundizar al respecto, y con el propósito de ilustrar la influencia de la composición de la fragancia sobre la viscosidad del producto dependiendo del agente viscosante presente, se llevaron a cabo mediciones de viscosidad para tres formulaciones a partir de la base A: una, con todos los ingredientes; otra, sin copolímero de acrilato y, otra, sin HPMC. Como se observa en la figura 5, aunque se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de todos los ensayos, los menores valores de viscosidad se lograron cuando se utiliza la fragancia 1. Es decir, esta fragancia genera cambios en

el comportamiento de dos de los componentes poliméricos responsables de la viscosidad de la base de champú A, lo que se manifiesta como una pérdida de viscosidad del producto. Es claro que la influencia de la fragancia afecta en mayor proporción a la base que solo contiene HPMC como modificador de la viscosidad, lo que sugiere un mayor protagonismo del copolímero de acrilato en la construcción y estabilización de la viscosidad del producto.

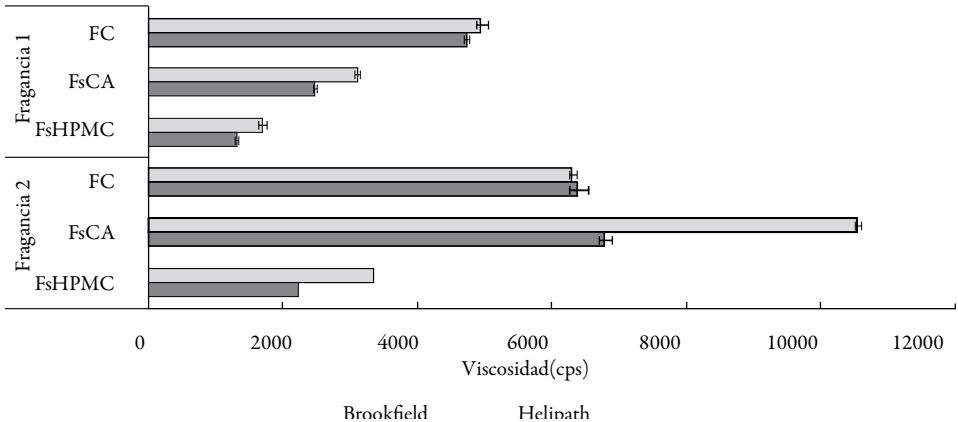


Figura 5. Efecto de la fragancia y la composición de la formulación sobre la viscosidad de la base de champú A. FC: formulación preparada con todos los componentes de la formulación; FsCA: formulación con todos los componentes de la formulación excepto el copolímero de acrilato; FsHPMC: formulación con todos los componentes de la formulación excepto la HPMC

Además, el cambio en la viscosidad de la base del producto hace predecible algún efecto sobre la espuma [2]. Por tal razón, se realizó la evaluación de la altura y de la estabilidad de la espuma utilizando la base de champú A, adicionada de diferentes fragancias. Como se presenta en la figura 6, no existe una diferencia significativa entre los distintos ensayos realizados, lo que sugiere que los componentes responsables de la formación y estabilización de la espuma dentro de la formulación (*i. e.*, los tensioactivos) no presentan incompatibilidades con los componentes de las fragancias evaluadas. Al parecer, el efecto estabilizador de la espuma que se le atribuye a la HPMC no resulta crítico para esta formulación en particular.

Evaluación de la fuerza de peinado en húmedo. Como se observa en la figura 7, los resultados obtenidos para la base de champú B, demuestran que las propiedades de acondicionamiento como peinabilidad en húmedo no son modificadas por el cambio de fragancia. Por el contrario, la base de champú A es influenciada de forma significativa en la fuerza de peinar en húmedo según la fragancia que se le adicione. La fragancia 2 mejora las propiedades de peinabilidad en húmedo, reduciendo la fuerza de peinado;

es decir, tiene un efecto sinérgico con los agentes acondicionadores de la formulación. Por el contrario, la fragancia 1 aumenta la fuerza de peinado, lo que sugiere una incompatibilidad con la base de champú.

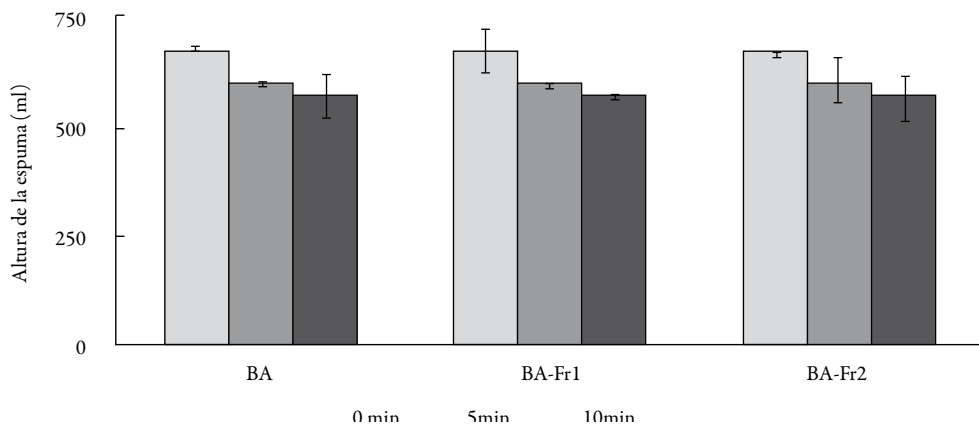


Figura 6. Comportamiento de la espuma en función del tiempo, de la base de champú A (BA), con adición y sin adición de las fragancias 1 (Fr1) y 2 (Fr2)

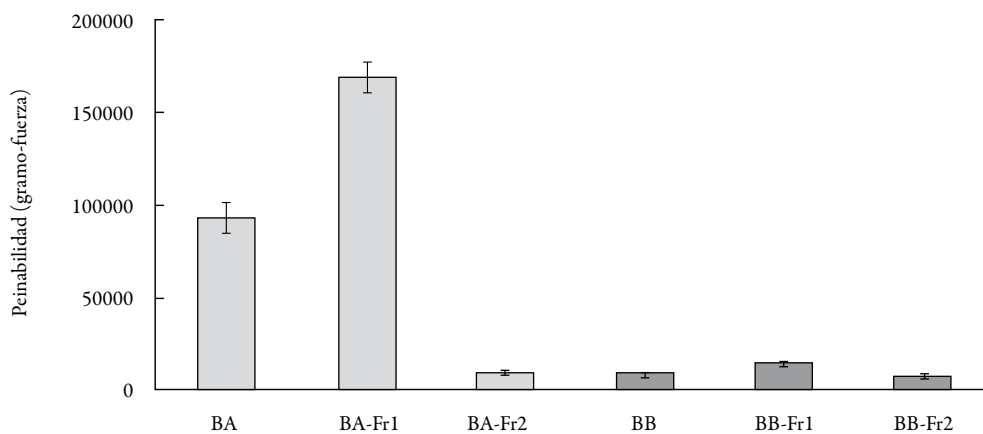


Figura 7. Fuerza de peinado en húmedo de las bases de champú A (BA) y B (BB), con adición y sin adición de las fragancias 1 (Fr1) y 2 (Fr2)

Como se ha mencionado previamente, dicha incompatibilidad puede estar asociada al solvente que se utiliza en la formulación de la fragancia. Por tal razón, se realizó un ensayo complementario de fuerza de peinado en húmedo cuando a la base de champú A se le adiciona la misma fragancia, pero vehiculizada en diferentes solventes orgánicos (figura 8). Si bien todos los solventes disminuyen significativamente la fuerza de pei-

nado de la base A (aprox. 94 kg-fuerza), el solvente A produce un mayor efecto (aprox. 2,3 kg-fuerza), el que resulta sinérgico con los acondicionadores de la formulación. Infortunadamente, el nombre de los solventes fue mantenido en reserva por el proveedor de la fragancia, por lo que la influencia debido a esta variable no puede ser atribuida a ningún solvente en particular.

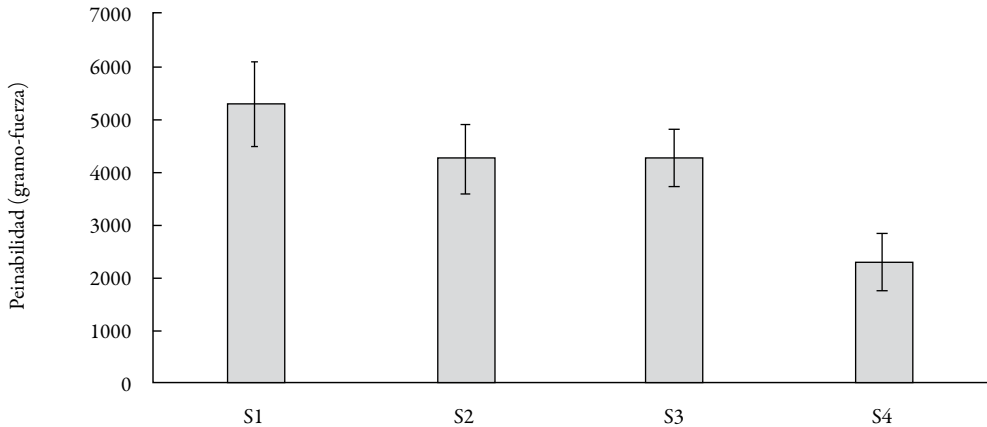


Figura 8. Fuerza de peinado en húmedo de la base de champú A adicionada de la misma fragancia vehiculizada en diferentes solventes (S1-S4)

Evaluación de la fuerza de peinado en seco. Aunque al parecer los cambios más significativos en el desempeño del champú son fácilmente detectables en las pruebas de peinado en húmedo, en el presente estudio se evaluó el comportamiento de peinabilidad en seco, con el propósito de conocer si existen variaciones en el acondicionamiento. De acuerdo con la figura 9, en esta prueba no se detecta influencia significativa de las fragancias sobre las bases de champú A y B. Esto confirma que los ingredientes que son susceptibles a la influencia de las fragancias son los responsables del acondicionamiento en húmedo, la lubricación y el deslizamiento en el cabello. Al parecer, el efecto de recubrimiento de la fibra capilar propio de los agentes acondicionadores no está siendo afectado por las fragancias. Sin embargo, los ensayos llevados a cabo para evaluar el desarrollo de *frizz* cuando se utiliza la base de champú A adicionada de las fragancias 1 y 2 (figura 10), demuestran que las fragancias sinergizan el efecto acondicionador de la base de champú reduciendo significativamente el desarrollo de *frizz*. Esto sugiere que hay un cambio en la estructura de la película que forman los agentes acondicionadores sobre el cabello, aunque no sea perceptible en la suavidad del cabello en seco.

Estas conclusiones son respaldadas igualmente por los resultados de determinación del brillo del cabello como una medida indirecta del efecto de la película formada sobre la fibra capilar luego de la aplicación del champú (figura 11). La base de champú A sin

ninguna fragancia presenta un mayor brillo del cabello si se le compara con el comportamiento obtenido para la misma base cuando se le adicionan las fragancias. Es así como la base A adicionada de la fragancia B presenta los menores valores de desarrollo de brillo, pero un mejor desempeño de fuerza de peinado en húmedo sugiriendo una mejor formación de película sobre la fibra capilar (figura 8).

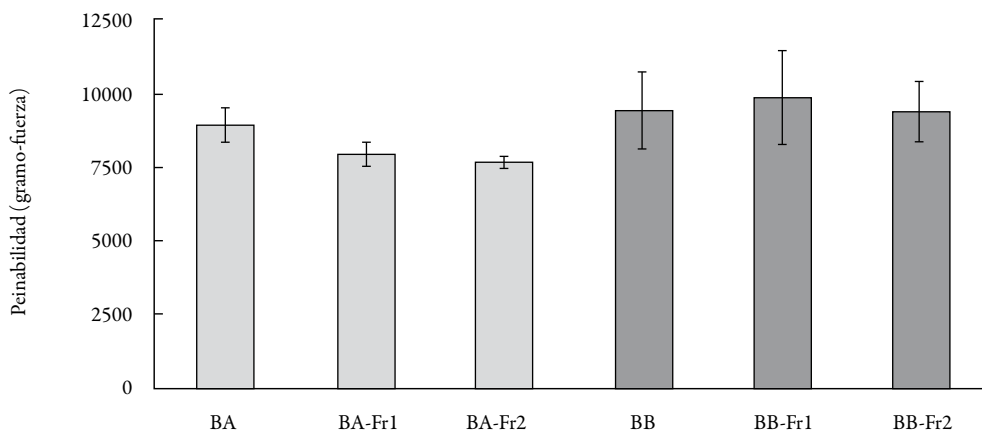


Figura 9. Fuerza de peinado en seco de las bases de champú A (BA) y B (BB), con adición y sin adición de las fragancias 1 (Fr1) y 2 (Fr2)

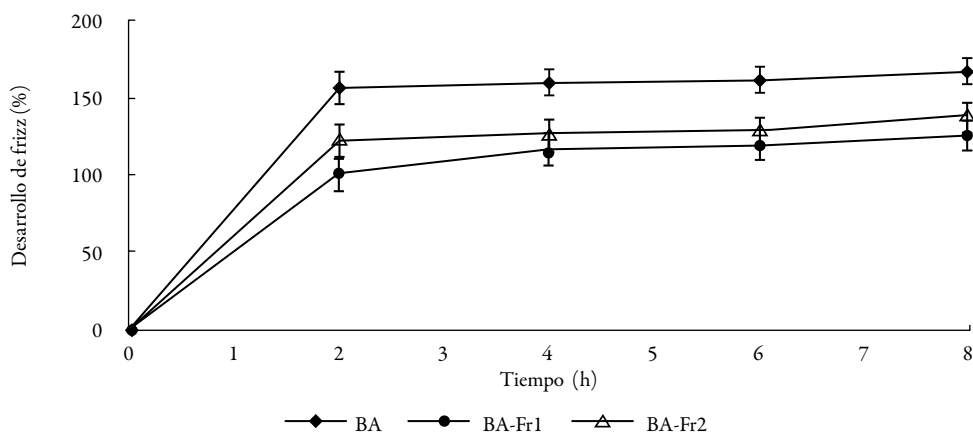


Figura 10. Desarrollo de *frizz* en función del tiempo, de la base de champú A (BA), con adición y sin adición de las fragancias 1 (Fr1) y 2 (Fr2)

En síntesis, los resultados obtenidos en el presente estudio evidencian la importancia de las fragancias y, en especial, de los solventes orgánicos que se emplean para su vehiculización, en el desempeño en uso de productos cosméticos tipo champú. Si bien en algunos de los ensayos realizados se observaron diferencias en el comportamiento de

la base B, con adición y sin adición de fragancias, estas no fueron tan significativas respecto a los resultados obtenidos para la base A. Para este último caso, los estudios acerca del comportamiento reológico orientan hacia la identificación de una incompatibilidad entre dichos solventes y aquellos polímeros que definen la viscosidad del producto y determinan el acondicionamiento; es decir, el copolímero de acrilato, la goma guar cuaternizada y la HPMC.

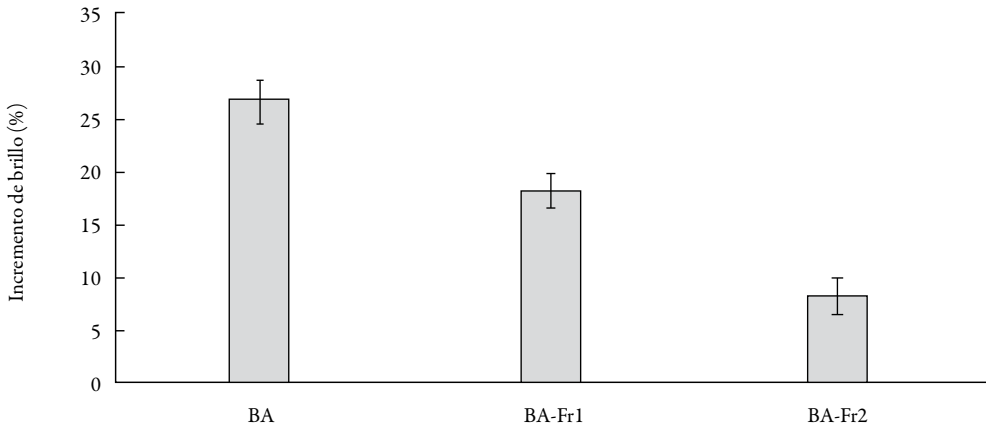


Figura 11. Evaluación del brillo en mechas estándar para la base de champú A (BA), con adición y sin adición de las fragancias 1 (Fr1) y 2 (Fr2)

Aunque el copolímero de acrilato tiene como finalidad principal la de viscosante, dado su comportamiento como formador de película y sinergia con otros componentes de la formulación como la HPMC, puede determinar también el acondicionamiento en húmedo. La información técnica disponible indica que es un polímero muy estable y no se prevén incompatibilidades teniendo en cuenta la composición de la formulación [28, 29]. Para lograr el efecto de viscosidad deseado, debe ser neutralizado con una base (NaOH en la formulación bajo estudio), lo que permite la formación de una red polimérica que mantiene estable el producto. Normalmente, durante la fabricación de champús que contienen copolímeros de acrilato, dicha neutralización se realiza antes de la adición de la fragancia. Esto garantiza en cierta medida la integridad de la estructura reticulada aun en presencia de las fragancias.

Respecto a la goma guar cuaternizada, esta tiene como función principal dar el acondicionamiento al cabello tanto en húmedo como en seco. Al tratarse de una goma y tener la propiedad de retener agua en su estructura, ayuda a incrementar la viscosidad del producto. Es posible que los solventes de las fragancias puedan romper los puentes de hidrógeno que son responsables de la viscosidad. Sin embargo, el presente estudio no aporta evidencia al respecto. Por otro lado, debido a que la carga positiva ubicada en

el nitrógeno de la amina terciaria no se ve afectada por la influencia de los solventes, es predecible que su acción acondicionadora no sea modificada por el solvente orgánico presente en la formulación de las fragancias [30, 31].

Por su parte, la HPMC forma una estructura de red polimérica gracias a que sus grupos hidroxilo unen las cadenas de celulosa formando una película que puede depositarse sobre la fibra capilar. La literatura reporta que este tipo de celulosas son incompatibles con solventes poco polares, tales como el miristato de isopropilo y algunos tensioactivos no iónicos como alquilpoliglucosidos. Además, tiene baja solubilidad en solventes como propilenglicol, glicerina e isopropanol [32, 33]. De esta forma, este componente de la formulación parece ser el más susceptible a cambios por la adición de solventes orgánicos en las fragancias que podrían afectar la estructura reticulada que construye la viscosidad. Probablemente, los solventes orgánicos influyen en el grado de extensión de las cadenas poliméricas de la HPMC. Así, dichas cadenas podrían encontrarse más o menos enrolladas según tengan una mayor o menor interacción con el solvente [34]. Como consecuencia, se hace evidente un cambio en el comportamiento reológico del producto [35].

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos, se puede evidenciar que la composición de las fragancias influye en el desempeño funcional de las bases de champú estudiadas. El mayor efecto se detecta en los ensayos de acondicionamiento en húmedo, que se considera un atributo importante para el consumidor, ya que es el primer contacto en la experiencia de uso del producto. Igualmente, las pruebas de desempeño realizadas a las formulaciones de champú y que guardan correlación con la formación de una película acondicionadora sobre la fibra capilar, tales como fuerza de peinado en seco, desarrollo de *frizz* y brillo, mostraron diferentes resultados en función de la fragancia utilizada y permiten evidenciar que ingredientes como la HPMC y la goma guar cuaternizada, pueden estar siendo afectados por los solventes de las fragancias. Así, cuando se observa un cambio significativo en el valor de la viscosidad, se puede intuir que este cambio afectará alguna propiedad funcional, que para el caso del champú podría estar relacionada con las propiedades en húmedo como suavidad y facilidad para peinar. Por otro lado, no se detectó ningún resultado significativo de cambio en las propiedades de acondicionamiento en seco. Esto sugiere que la fragancia afecta el mecanismo de recubrimiento de la fibra capilar en la ducha y la sensación en húmedo, pero no el resultado final en seco. Es decir, las fragancias no afectan los componentes con carga catiónica que son los que permanecen en el cabello en seco, como se logró confirmar también a partir de los resultados de desarrollo de *frizz* y de brillo del cabello.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se desarrolló dentro del marco del programa de Especialización en Ciencia y Tecnología Cosmética del Área Curricular de Farmacia de la Universidad Nacional de Colombia.

REFERENCIAS

1. K. Klein, Evaluating shampoo foam, *Cosmet. Toil.*, **119**, 32 (2004).
2. K. Klein, I. Palefsky, en "Handbook for cleaning/Decontamination of surfaces", ed. por J. Johansson y P. Somasundaran, Elsevier, Amsterdam, 2007, vol. 2, pp. 277-304.
3. M.J. Bonadeo, "Odotipo: Historia natural del olfato y su función en la identidad de marca", tesis de grado, Universidad Austral, 2005.
4. G.M. Silva Gonçalves, S.M. Srebernick, B. Guiçardi Vercelino, B.M. Zampieri, Influence of the presence and type of fragrance on the sensory perception of cosmetic formulations, *Braz. Arch. Biol. Techn.*, **56**, 203 (2013).
5. M.A. Texeira, O. Rodríguez, V.G. Mata, A.E. Rodrigues, The diffusion of perfume mixtures and the odor performance, *Chem. Eng. Sci.*, **64**, 2570 (2009).
6. B. Brewster, Insider tips on formulating with fragrance, *Cosmet. Toil.*, **122**, 20 (2007).
7. K. Schaefer, Speaking the fragrance language, *Cosmet. Toil.*, **126**, 462 (2011).
8. S.J. Herman, en "Chemistry and technology of flavors and fragrances", ed. por D.J. Rowe, Blackwell Publishing Ltda., Oxford, 2005, pp. 305-329.
9. G.O. Brechbill, "Arranging fine perfume compositions", Fragrance Books Inc., New Jersey, 2009.
10. C. Reich, J. Chupa, en "Harry's cosmeticology", ed. por M.M. Rieger, Chemical Publishing Co. Inc., New York, 2000, pp. 601-634.
11. F. Spafiu, A. Mischie, P. Ionita, A. Beteringhe, T. Constantinescu, A.T. Balaban, New alternatives for estimating the octanol/water partition coefficient and water solubility for volatile organic compounds using GLC data (Kovats retention indices), *Arkivoc*, **10**, 174 (2009).

12. U. Domańska, K. Padaszyński, Ż. Niszczota, Solubility of fragrance raw materials in wáter: Experimental study, correlations and Mod. UNIFAC (Do) predictions, *J. Chem. Thermodyn.*, **43**, 28 (2011).
13. U. Domańska, P. Morawski, M. Piekarska, Solubility of perfumery and fragrance raw materials based on cyclohexane in 1-octanol under ambient and high pressures up to 900 MPa, *J. Chem. Thermodyn.*, **40**, 710 (2008).
14. S.E. Friberg, Fragrance compounds and amphiphilic association structures, *Adv. Colloid Interface Sci.*, **75**, 181 (1998).
15. S. Herman, Fragrance in emulsion and surfactant systems, *Cosmet. Toil.*, **121**, 59 (2006).
16. E. Fisher, W. Fieber, C. Navarro, H. Sommer, D. Benczédi, M.I. Velazco, M. Schönhoff, Partitioning and localization of fragrances in surfactant mixed micelles, *J. Surfact. Deterg.*, **12**, 73 (2009).
17. J.J. Hostýnek, Predicting absorption of fragrance chemicals through human skin, *J. Soc. Cosmet. Chem.*, **46**, 221 (1995).
18. O. Rodríguez, M.A. Texeira, A.E. Rodrigues, Prediction of odour detection thresholds using partition coefficients, *Flavour Frag. J.*, **26**, 421 (2011).
19. C.D. Vaughan, Using solubility parameters in cosmetics formulation, *J. Soc. Cosmet. Chem.*, **36**, 319 (1985).
20. T. Karunasekara, C.F. Poole, Determination of descriptors for fragrance compounds by gas chromatography and liquid-liquid partition, *J. Chromatogr. A*, **1235**, 159 (2012).
21. I. Bonadeo, V. Lodi, D. Ghidini, Hydrophilic properties of aromatics, *Int. J. Cosmet. Sci.*, **2**, 215 (1980).
22. F. Buccellato, C. Buccellato, B. Gustafson, What every marketer should know about fragrance, *Cosmet. Toil.*, **116**, 49 (2001).
23. R. Schueller, P. Romanowski, The essence of fragrance, *Cosmet. Toil.*, **120**, 67 (2005).
24. A. Churchill, M. Meyners, L. Griffiths, P. Bailey, The cross-modal effect of fragrance in shampoo: Modifying the perceived feel of both product and hair during and after washing, *Food Qual. Prefer.*, **20**, 320 (2009).

25. G.A. Turner, J.R. Matheson, G.Z. Li, X.Q. Fei, D. Zhu, F.L. Baines, Enhanced efficacy and sensory properties of an anti-dandruff shampoo containing zinc pyrithione and climbazole, *Int. J. Cosmet. Sci.*, **35**, 78 (2013).
26. C. Reich, D. Su, C. Kozubal, Z. Lu, en "Handbook of cosmetic science and technology", ed. por A.O. Barel, M. Paye, H.I. Maibach, Informa Healthcare, 2009, pp. 687-703.
27. M. Karsheva, S. Georgieva, S. Alexandrova, Rheological behavior of sun protection compositions during formulation, *Korean J. Chem. Eng.*, **29**, 1806 (2012).
28. E. Draganoiu, A. Rajabi-Siahboomi, S. Tiwari, en "Handbook of pharmaceutical excipients", ed. por R.C. Rowe, P.J. Sheskey y M.E. Quinn, Pharmaceutical Press and American Pharmacists Association, London, 2009, pp. 110-114.
29. Lubrizol Corporation, Technical literature, Carbopol Aqua SF-1 polymer PS, 2002.
30. Ashland Speciality Ingredients, Technical literature, N-Hance cationic guar and AquaCat Cationic guar solutions, 2012.
31. Rhodia Specialty Chemicals, Technical literature, Jaguar C14S, 2012.
32. T.L. Rogers, en "Handbook of pharmaceutical excipients", ed. por R.C. Rowe, P.J. Sheskey y M.E. Quinn, Pharmaceutical Press and American Pharmacists Association, London, 2009, pp. 326-329.
33. Ashland Speciality Ingredients, Technical literature, Benecel high purity hydroxypropyl methylcellulose, 2011.
34. R.J. Hefford, Polymer mixing in aqueous solution, *Polymer*, **25**, 979 (1984).
35. P.C. Hiemenz, R. Rajagopalan, "Principles of colloid and surface chemistry", CRC Press Taylor & Francis, Boca Raton, 1997, pp. 183-187.