

Modificación de las propiedades en los tejidos de algodón tratados con microcápsulas de esencia marina



Variation of cotton properties due to the application of sea fragrance microcapsules



Marilés Bonet-Aracil¹, Eva Bou-Belda¹, Ainhoa Lopez-Narbón^{1,2}, Marcela Ferrándiz-García² y Lucía Capablanca-Francés²

¹ Universitat Politècnica de València. Dpto. de Ingeniería Textil y Papelera. Plaza Ferrándiz y Carbonell, s/n - 03801 Alcoy.

² AITEX. Instituto tecnológico Textil. Investigador. Plaza Emilio Sala, 1 - 03801 Alcoy.

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/8670> | Recibido: 01/12/2017 • Inicio Evaluación: 11/12/2017 • Aceptado: 06/02/2018

ABSTRACT

- Cotton fabrics are used in multiple applications consequently, are susceptible to treatments for its functionalization. Microcapsules interest is increasing among the industry field as they allow to incorporate multiple functions to textiles. The finishing treatments that incorporate microcapsules contain in their formulations binding agents in order to increase their permanence on the textile. In this work, different concentrations of resin are tested in order to evaluate weather its application on industrial formulations with microcapsules influences the flexural rigidity on the cotton fabric. Considering that the application of the microcapsules is carried out in the final phase of the textile proces, it can modify the fabric appearence. The possible color modification that is generated on three colors, red, yellow and blue at 2% on fiber weight has also been evaluated. The study shows that not only the resin influences the flexural rigidity of the tissue, but the presence of microcapsules also modifies this behavior. In addition, it is proven that the color variation is not significant to detect a perceptible change in tissue coloration. Flexural rigidity modification can be observed previously to observe changes in color.
- **Keywords:** Fabric, cotton, microcapsules, rigidity, colour.

RESUMEN

Los tejidos de algodón se emplean en múltiples aplicaciones, y como tal son susceptibles de tratamientos para su funcionalización. Las microcápsulas son productos que han captado el interés de la industria por permitir incorporar múltiples funciones a los textiles. Los tratamientos de acabado que incorporan microcápsulas contienen en sus formulaciones agentes de ligado (resinas) con el fin de incrementar su permanencia sobre el textil. En este trabajo se ensayan diferentes concentraciones de resina con el fin de evaluar si la aplicación de ésta en las concentraciones utilizadas en formulaciones industriales con microcápsulas influye en la rigidez a la flexión del tejido de algodón.

Dado que la aplicación de las microcápsulas se realiza en la fase final del procesado, también se ha evaluado la posible modificación de color que se genera sobre tres colores, rojo, amarillo y azul al 2% sobre peso de fibra.

El estudio pone de manifiesto que no sólo la resina influye en la rigidez a la flexión del tejido sino que la presencia de microcápsulas también modifica el comportamiento. Además, queda

probado que la variación de color no es significativa para detectar un cambio perceptible en la coloración del tejido. Los cambios en la rigidez a la flexión se manifiestan con anterioridad a que la variación de color sea perceptible.

Palabras clave: Tejido, algodón, microcápsulas, rigidez, color.

1. INTRODUCCIÓN

Como metamaterial se entiende aquel material estructurado artificialmente utilizado para controlar diversos fenómenos físicos como consecuencia a su estructura a pequeña escala sin necesidad de que sean materiales electromagnéticos (1). En los últimos años se están desarrollando nuevas fibras con el fin de mejorar las propiedades de las fibras convencionales (2). Una de las principales líneas de investigación es la aplicación de microcápsulas a las fibras para así mejorar los acabados o modificar las propiedades de los tejidos. Las microcápsulas se pueden considerar como metamateriales que controlan el estado de la materia. Permiten aplicar principios activos en estado líquido sobre las fibras sin que se vierta el líquido sobre éstas hasta que se den unas circunstancias concretas. Estas investigaciones ya están mostrando interés a nivel industrial (3-4).

Las microcápsulas, son partículas de tamaño micrométrico que contienen un núcleo activo, sólido líquido o gaseoso, protegido por un polímero externo. La composición de las microcápsulas puede ser muy variada ya que pueden tener diferentes membranas (5-7) y diversos materiales de principio activo. Aunque generalmente es el núcleo el que define la propiedad que se desea añadir al tejido, pueden diseñarse microcápsulas con polímeros de membrana que también incluyan principios activos como es el caso del quitosano. Son muchas las aplicaciones que encontramos actualmente de microcápsulas, por ejemplo: cosmética (8), insecticida (9-10), electrónica en forma de cristales líquidos (11), alimentarias (12-13), farmacéuticas (10, 14-15), médicas (16), etc. Dentro de la industria textil encontramos diferentes principios activos que están siendo de interés como: aromas (3,17), repelentes de insectos (18,19), antimicrobianos (7,16, 20,21) retardantes de fuego (22,23) materiales de cambio de fase (24,25), tintes (26,27) etc.

Cuando las microcápsulas se aplican en los textiles, la membrana es no reactiva, por lo tanto, éstas no presentan afinidad por la fibra dificultando su adhesión a las fibras. Esta falta de afinidad entre las microcápsulas y las fibras, hace necesaria la incorporación de un producto auxiliar que permita la unión entre el tejido y las microcápsulas y garantice una cierta durabilidad. Este produc-

to conocido como agente de ligado o resina, suele estar basado en compuestos acrílicos, poliuretano o resina de silicona (9, 28,29).

El principal objetivo de la encapsulación de principios activos es aumentar la durabilidad del principio activo sobre el tejido, por lo tanto, para no dañar las cápsulas es lógico pensar que éstas se deben aplicar como proceso final (9), dado que previamente se somete a múltiples operaciones y su conveniente manipulación. Esto conlleva que la aplicación de las microcápsulas en el tejido no debe disminuir el confort ni modificar aquellas propiedades que no sean objeto de mejora. Diversos estudios recurren a diferentes concentraciones de agente de ligado, en algunas de ellas (30-32) se emplean concentraciones de 50 g/L, sin embargo, dichas concentraciones no son capaces de alcanzar los 20 lavados (32) cuando otros estudios (2, 33) determinan que la concentración de resina 10 g/L de resina acrílica permiten asegurar la presencia de microcápsulas tras 15 ciclos de lavado. Así pues, un incremento sustancial de resina no implica un mayor presencia de microcápsulas tras el lavado, cuando un mayor consumo de agente de ligado supone modificaciones en el tacto del tejido (33) e incrementos en el coste del producto final. Sin embargo, las variaciones generadas, como consecuencia de la aplicación de la resina, en el comportamiento y aspecto del tejido no se han estudiado de forma objetiva.

La aplicación de microcápsulas en artículos textiles puede destinarse tanto a los textiles para el hogar como a prendas de indumentaria o destinarse a aplicaciones más técnicas como son la ropa deportiva o textiles con fines cosméticos, terapéuticos, agrotextiles, etc. El objetivo de este trabajo es evaluar la influencia que tiene la aplicación de microcápsulas sobre el acabado del tejido, centrándose en dos propiedades: tacto y el color. Para el estudio del tacto, se va a estudiar la variación de la rigidez a la flexión sobre un tejido de algodón según la cantidad de resina aplicada, así como de las microcápsulas. Para determinar la diferencia de color se realizará un estudio cromático después de realizar la tintura en diferentes concentraciones y otro estudio después de aplicar las microcápsulas sobre dichos tejidos para evaluar las diferencias. En ambos estudios, las microcápsulas se van a aplicar sobre el tejido por sistemas habitualmente empleados en los procesos de ennoblecimiento textil industrial: impregnación y pulverización.

Dado que se trata de emplear procesos habituales para la industria, aplicando un producto, las microcápsulas, cada vez más demandado por su potencial y versatilidad en la funcionalización de textiles, el interés a nivel industrial radica en evaluar, de forma objetiva, si las cantidades tanto de microcápsulas como de ligante habitualmente empleadas permiten una funcionalización correcta sin inducir determinados efectos secundarios no deseados como son, la modificación del color o la rigidez del tejido.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. MATERIALES

Las microcápsulas (Esential Algas Marinas 24497) se suministraron por InnovaTec Sensorización y Comunicación S.L. (Alcoy, Spain). La membrana era melamina formaldehído y el agente activo era fragancia marina. Como resina acrílica se utiliza STK-100 de Color Center (España).

Los colorantes empleados fueron Direct Yellow 28 (Cl. 19555), Direct Red 80 (Cl. 35780), Direct Blue 106 (Cl. 51300). La sal añadida en el proceso de tintura fue sulfato sódico anhidro.

El tejido empleado es una sarga de 210 g/m², y 100% algodón. El tejido ha sido blanqueado químicamente con peróxido en un proceso industrial.

2.2. MÉTODOS

2.2.1. TRATAMIENTO DEL TEJIDO

En referencia a la tintura de los tejidos, se realizó mediante la técnica de agotamiento. La relación de baño fue de 1/40, las concentraciones de colorante 2% s.p.f. y las concentraciones de sulfato sódico anhidro de 17 g/L. Se introducen las muestras en el Tin Control a temperatura ambiente y una vez alcanzada la temperatura de 60-70° C se añade el 50 % de la sal, el resto se introduce 10 minutos después de que haya alcanzado 100° C. Se mantiene la temperatura durante 60 minutos, posteriormente se sacan, se lavan en frío con abundante agua y se dejan secar.

La aplicación de microcápsulas se ha realizado por dos de los métodos aplicados en la industria textil, impregnación y pulverizado. Para realizar la impregnación en el tejido se ha utilizado un baño con diferentes concentraciones de resina, según el ensayo realizado, y 60 g/L de microcápsulas. El tejido se introduce en el baño y seguidamente se hace pasar por un foulard 2608 TEPA de 1 kW a 2 m/min para eliminar el baño sobrante del tejido. Este proceso se repite dos veces con el objetivo de obtener valores de pick-up elevados, que son calculados tras el proceso mediante la siguiente ecuación:

$$Pick - Up = \frac{P_s - P_h}{P_s} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

P_s = peso seco del tejido sin tratar, y

P_h = peso del tejido húmedo

En la pulverización se ha utilizado un pulverizador que aplique la disolución deseada por una cara del tejido. Con tal de controlar la cantidad de disolución depositada sobre el tejido, éste es pesado antes y después del proceso de pulverización, logrando aplicar la misma cantidad de disolución que en el tratamiento por impregnación y con ello poder comparar ambos procesos.

Las concentraciones de resina estudiadas son: 0, 5, 10, 15, 25, 50, 75 y 100 g/L. Estas concentraciones exceden los valores habituales empleados en la industria con el fin de determinar los valores que modificarían el comportamiento. Las microcápsulas se añaden con una concentración de resina de 60 g/L, ya que estudios previos (33) avalan esta concentración como apropiada para asegurar la presencia de microcápsulas sobre el tejido durante 15 lavados cuando se emplean concentraciones de 10 g/L de resina.

Las muestras se sometieron a un tratamiento térmico en forma de aire seco a 110°C para curar la resina (33).

2.2.2. MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO (SEM)

Sobre las muestras tratadas por pulverización y por impregnación se ha procedido a realizar la observación de las muestras mediante microscopía electrónica (Scanning Electron Microscopy, SEM) con un microscopio Phenom Microscope (FEI Company, Hillsboro, OR, USA). Cada muestra se coloca en una superficie y se recubre con una capa de oro y paladio con la finalidad de transformarlas en conductoras utilizando el Sputter Coater EMITECH mod. SC7620 (Quorum Technologies Ltd., EastSussex, UK). Se han analizado las muestras con los aumentos convenientes y con una tensión de aceleración de 10 kV.

2.2.3. RIGIDEZ A LA FLEXIÓN

Con el objetivo de determinar si el tejido tratado con la resina experimenta una modificación en el comportamiento del tejido se

ha procedido a evaluar si existe un cambio en la rigidez a la flexión. Este ensayo indica si la mayor concentración de resina implica un apelmazamiento del tejido y por tanto una disminución en la capacidad de deformarse ante un esfuerzo externo. La realización de este ensayo se ha seguido según la norma española "Determinación de la rigidez a la flexión de un tejido" UNE 40-392-79.

2.2.4. DIFERENCIAS DE COLOR

Con el objetivo de comparar mediciones de diferencia de color de forma objetiva se han obtenido las coordenadas cromáticas (CIE L^* , a^* , b^*) del espacio de color CIELAB de las muestras tintada empleando un espectrofotómetro de reflexión MINOLITA CM-3600d. La energía de UV estaba incluida. Las medidas se realizaron con el observador patrón CIE-Lab 10° y el iluminante estándar D65.

Por otro lado, la diferencia de color de las muestras fue obtenido de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Diferencia de color } (\Delta E^*) = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)^{1/2}$$

Donde $\Delta L^* = L^*$ con microcápsulas - L^* sin microcápsulas; $\Delta a^* = a^*$ con microcápsulas - a^* sin microcápsulas; $\Delta b^* = b^*$ con microcápsulas - b^* sin microcápsulas; " L^* " describe la luminosidad, " a^* " medida de matices rojo-verde, " b^* " medida de matices azul-amarillo. Cabe destacar que se realizaron tres mediciones de cada muestra y se calculó el valor medio.



Figura 1: Fibras de algodón sin tratar

3. RESULTADOS

3.1. MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO (SEM)

La caracterización de las muestras por microscopía permite observar tanto la presencia de la resina como de las microcápsulas. Las imágenes que se muestran en las Figuras 1-3 obtenidas por microscopía electrónica evidencia los cambios que se producen sobre las fibras como consecuencia del tratamiento.

Al comparar la Figura 1 con la Figura 2 se puede apreciar como existen ciertas hebras de polímero entre las fibras como consecuencia de la aplicación de la resina acrílica. En el caso de la Figura 2b, se puede apreciar no sólo las hebras sino que la resina actúa como un recubrimiento de las fibras, y se prolonga en forma de capa fina entre fibras observándose un incremento en el efecto de apelmazamiento entre fibras que no se detecta en la Figura 1.

Cuando se aplican las microcápsulas junto con el agente de ligado, se puede observar la presencia de ambos componentes en las fibras, sin embargo, el proceso de pulverización aparentemente deposita más cantidad de producto. No obstante, este aspecto no es real y se debe a que el proceso de impregnación incluye la acción mecánica que facilita la penetración de los productos a las capas internas del tejido.

3.2. RIGIDEZ A LA FLEXIÓN

La aplicación de la resina, implica la incorporación de un polímero que actúa como ligante o adhesivo entre las fibras y las microcápsulas. En el caso de que el tejido se encuentre aprestado o se haya adicionado una cantidad de agentes externos elevada, se puede dar el caso de que el tejido presente una mayor resistencia a la deformación ante presiones o fuerzas externas y consecuentemente un aumento en la rigidez supone una pérdida del confort. Se ha estudiado la rigidez a la flexión que presenta un tejido según la concentración de resina que se le aplica. Los resultados se muestran en la Tabla 1.

El ensayo se ha efectuado para los dos procedimientos de aplicación, de microcápsulas estudiados, impregnación y agotamiento. Como se puede observar en la

, a medida que aumenta la concentración de resina, el tejido muestra una mayor rigidez a la flexión. Este comportamiento se

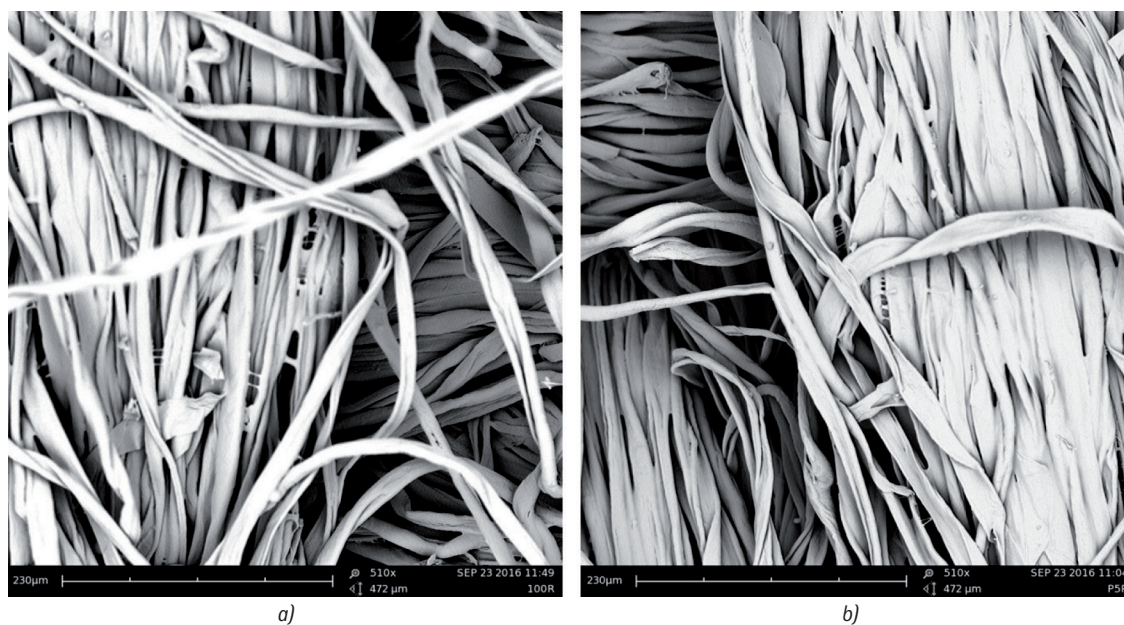


Figura 2: Fibras de algodón tratadas con resina (100 g/L) a) impregnación, b) pulverizado



Figura 3. Fibras de algodón tratadas con microcápsulas (60 g/L) y resina (10 g/L). a) impregnación y b) pulverización

Concentración (g/L)	Muestras	Rigidez impregnación (mg-cm)	Rigidez pulverización (mg-cm)
0	B	512,15	
5	5R	480,64	594,85
10	10R	532,41	678,06
15	15R	557,04	861,39
25	25R	730,34	1056,87
50	50R	874,26	1207,47
75	75R	1091,48	1523,42
100	100R	1187,42	1625,82

Tabla 1: Valores de la rigidez a la flexión a diferentes concentraciones de resina aplicada por impregnación y pulverización sobre el tejido

observa tanto para la muestra impregnada como pulverizada. La representación de estos datos se muestra en la Figura 4.

La Figura 4 compara la rigidez obtenida según el método de aplicación de la resina. Se puede observar que, para todas las concentraciones estudiadas, la rigidez es mayor para la técnica de pulverización. Este hecho se puede explicar en que el método de pulverización aplica la resina en una cara del tejido, y la penetración se produce por la acción de la gravedad, ello provoca una mayor concentración de producto en la cara de aplicación del tejido y por tanto se traduce en una mayor rigidez.

Los valores de impregnación muestran que, para concentraciones menores a 25 g/L, la rigidez se mantiene constante alrededor

de 500 mg-cm. Esto se puede explicar porque a concentraciones inferiores, el polímero no se ha distribuido entre la totalidad de las fibras y por tanto la rigidez no se ve limitada y es a partir de esa concentración cuando las fibras ya están sujetas por el polímero limitando la libertad de movimiento y los incrementos en la concentración de resina implican un incremento en el grado de fijación de las fibras. En cambio, en los datos de pulverización, la rigidez aumenta progresivamente ya que el aumento de la concentración es localizado en las fibras superficiales y se hace patente antes, aunque a partir de 25 g/L, el aumento es considerable.

A continuación, se muestran los resultados del estudio de la rigidez en muestras con microcápsulas y resina. Se va a aplicar sobre el tejido una disolución de microcápsulas a 60 g/L y resina a 10 g/L y se van a comparar los resultados de rigidez con los datos de la muestra con una concentración de resina de 10 g/L.

En la Figura 5 se representan los valores obtenidos tras el ensayo de rigidez a la flexión comparando el tratamiento por pulverizado y el de impregnación para las muestras con sólo resina (10R) y con el agente de ligado y las microcápsulas (60M10R) respecto del comportamiento que presenta el tejido sin tratar (B). Se observa el incremento en la rigidez tanto en la muestra con resina, como la que tiene resina y microcápsulas. Es destacable, que se ha aplicado microcápsulas con 10 g/L de resina, no habiendo alcanzado los valores límite de 25 g/L (observados en la Figura 4), donde se produce un incremento significativo de rigidez del tejido y aun así, las muestras con microcápsulas ofrecen valores de rigidez que doblan el valor del tejido sin ningún tipo de tratamiento. En este

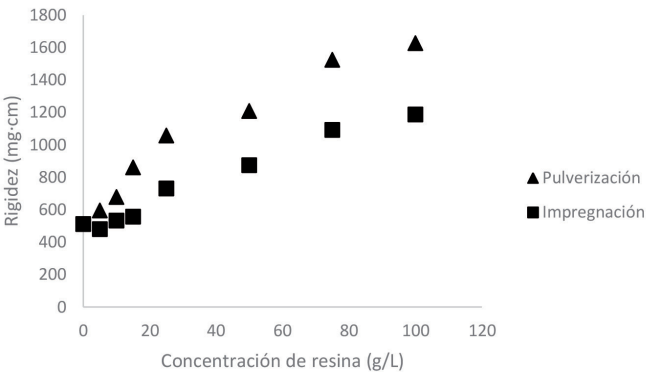


Figura 4: Gráfica de la rigidez a la flexión a diferentes concentraciones de resina en el tejido

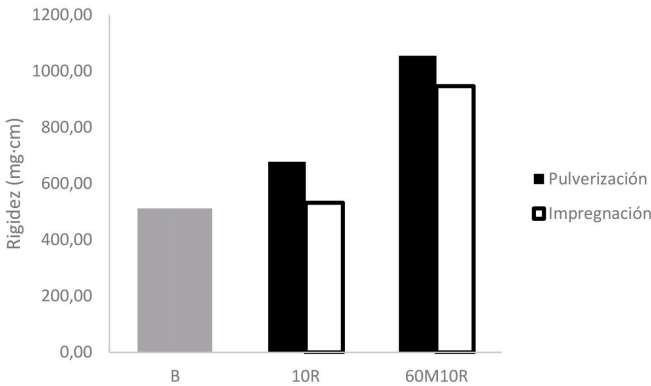


Figura 5: Representación de la rigidez obtenida en las muestras de 10 g/L de resina con y sin microcápsulas a 60 g/L de concentración aplicadas por impregnación y pulverización

caso se obtienen valores alrededor de los 1000 mg·cm, similares a los obtenidos para muestras de 25 g/L de resina sin microcápsulas. El proceso de pulverización, al ser un tratamiento superficial, ofrece mayor resistencia que el proceso de impregnación. Paralelamente, como se puede observar, los valores de rigidez en las muestras que tienen resina y microcápsulas son mayores que en las muestras que tiene solo resina. Este hecho se debe a que las microcápsulas, a pesar de su tamaño microscópico son partículas añadidas a la superficie de las fibras y este incremento de superficie sólida se traduce en un incremento en la rigidez del tejido.

3.2. DIFERENCIAS DE COLOR

Al aplicar las microcápsulas en la fase final de la confección de un tejido, se evalúa la posibilidad de que exista un cambio de color como consecuencia de la aplicación de este tratamiento sobre los tejidos tintados tras la aplicación de microcápsulas.

La evaluación colorimétrica se realiza basándose en los tres ejes de las coordenadas cromáticas donde L indica la luminosidad y va de valores comprendidos entre L* = 0 (negro) y L* = 100 (blanco). Además para una misma luminosidad (L*) se define un plano colorimétrico forado por las coordenadas a* (a* > 0 rojo; a* < 0 verde) y b* (b* > 0 amarillo; b* < 0 azul). A continuación, en la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos. Para poder determinar la influencia del color, se ha procedido a realizar tinturas a intensidades de color fuertes (2 % spf).

En la Tabla 2 se observa que, la aplicación de las microcápsulas ocasiona una diferencia de color que es apreciable mediante la medición por métodos objetivos como la espectroscopia. En la tabla siguiente (Tabla 2) se aporta información detallada de las variaciones que se han generado en función de cada una de las diferentes coordenadas cromáticas.

En todos los casos la diferencia se ha obtenido tomando como referencia la muestra tintada con el mismo color e idéntica intensidad de color. Al analizar la luminosidad (L*) se puede observar que en todos los casos los valores son negativos, lo cual indica que la luminosidad de la muestra tratada con microcápsulas es mayor que la de la muestra de referencia. Ello es debido a que el tratamiento de aplicación de las microcápsulas ha derivado en un cambio en el color de la muestra hacia tonos más blanquecinos. Cuando el estudio se centra en las coordenadas a* y b*, se puede observar que las muestras parecen ser más amarillas y con menos contenido azul sin apreciarse una clara tendencia para los rojos. No obstante, los valores obtenidos apenas alcanzan un valor de 0,5 lo que implica que los colores son muy próximos.

Cuando se realiza el estudio mediante la evaluación global del cambio en el espacio de color, y se observan los valores de diferencia de color (ΔE^*), al comparar los métodos de aplicación de las microcápsulas, se puede observar que las muestras tratadas por impregnación ofrecen menor variación en el color que las muestras donde se ha recurrido como técnica de aplicación al proceso de pulverización. Sin embargo, cuando se analizan los valores de ΔE , se puede observar que en ningún caso se alcanzan diferencias

de color superiores a un valor de 2 ($\Delta E^* \leq 1$). Esto significa que, aunque la diferencia de color existe y el espectrofotómetro es capaz de detectarla, dicha variación no será perceptible por el ojo humano. Da ahí que las diferencias a nivel de coordenadas sean pequeñas y no han quedado claramente definidas.

4. DISCUSIÓN

En este trabajo ha quedado demostrado como la apariencia lechosa de la preparación acuosa de la resina y las microcápsulas modifica el color de las muestras tintadas. Sin embargo, los ensayos descritos y el análisis de los resultados ponen de manifiesto que es más importante la modificación del comportamiento del tejido frente a la flexión ya que se ve incrementada la rigidez a la flexión no sólo por la concentración de la resina sino por la presencia de las microcápsulas.

Además, se corrobora que la deposición del producto en el tejido difiere considerablemente en función de que se aplique por impregnación o por pulverizado. En el caso del pulverizado el producto se deposita en la superficie de una de las caras del tejido y penetra hacia el interior por la acción de la gravedad. En el caso de la aplicación por impregnación, son los cilindros exprimidores los que permiten una mejor difusión del producto hacia el interior del tejido.

Es destacable que, en el caso de la aplicación por pulverización se coloca una mayor concentración de producto en la superficie del tejido. La reticulación del agente de ligado en la superficie hace que la resistencia a la flexión se vea afectada y no se puede vencer por las fibras de la zona inferior no ligada. Cuando el tejido es tratado por impregnación, la mejor distribución de la resina permite que el bloqueo o rigidez no sea tan acusado.

5. CONCLUSIONES

La aplicación de microcápsulas sobre tejidos permite aportar nuevas propiedades y por tanto el desarrollo de textiles de aplicación en sectores muy diversos. La industria textil muestra un gran interés en este tipo de acabados por la versatilidad que le ofrece a sus productos. Se puede concluir que a pesar que las concentraciones habituales de aplicación de microcápsulas ofrecen un aspecto lechoso y que al aplicase sobre los textiles coloreados puede cambiar ligeramente la percepción de color del textil tratado, se ha demostrado que en las concentraciones ensayadas y que se encuentran entre las habitualmente empleadas en la industria, la percepción de color de forma objetiva (espectrofotómetro) varía ligeramente, variaciones que no son apreciables por el ojo humano. Además, se ha puesto de manifiesto que cuando se incrementa la concentración del ligante las variaciones en la rigidez a la flexión se manifiestan previamente a la modificación del color.

Con este trabajo se pone de manifiesto que la aplicación de microcápsulas de esencia marina sobre textiles a concentraciones habituales en la industria textil (60 g/L con 10 g/L de ligante), es

REFERENCIA	impregnación				pulverización			
	$\Delta E^* a^*b^*$	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	$\Delta E^* a^*b^*$	ΔL^*	Δa^*	Δb^*
Rojo 2%	0,86	-1,72	-1,67	-2,74	1,90	-1,57	-0,78	0,73
Azul 2%	0,72	-1,16	0,65	0,22	1,40	-1,32	0,43	0,14
Amarillo 2%	0,65	-0,94	0,44	- 0,448	0,85	-0,66	0,40	- 0,36

Tabla 2: Valores de coordenadas colorimétricas y diferencia de color obtenidas entre la muestra tintada y después de aplicar las microcápsulas por impregnación y pulverización

viable por cualquiera de los dos procesos de aplicación estudiados, pulverización o impregnación y que en caso de incrementar las concentraciones de producto, la rigidez a la flexión es más sensible que las variaciones de color, debiendo considerarse sobre todo cuando el proceso de aplicación es por pulverización. El umbral de sensibilidad de estas modificaciones vendrá definido por el sector de aplicación, ya que por ejemplo la rigidez a la flexión es más importante para el sector de indumentaria que para aplicaciones como la agricultura.

La aplicación por impregnación minimiza el impacto del agente de ligado empleado en el tacto si se compara con la aplicación por pulverización. De este modo, se puede concluir que los procesos de pulverizado se deberán aplicar siempre y cuando el tejido no permita a aplicación por procesos de impregnación, como podría ser el caso de tejidos de elevada vellosidad como terciopelos. Este trabajo se ha fundamentado en un determinado tipo de microcápsulas (esencia marina) y para un agente de ligado específico (resina acrílica). En investigaciones futuras se ampliará el estudio a otro tipo de productos para poder establecer el comportamiento como general.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] S. Hector. "Una Revisión Sobre Los Metamateriales." DYNA New Technologies. 2017. vol.4-1. <http://dx.doi.org/10.6036/NT8331>
- [2] M. Bonet - Aracil, P. Monllor, L. Capablanca, J. Gisbert, P. Díaz, and I. Montava, "A comparison between padding and bath exhaustion to apply microcapsules onto cotton," *Cellulose*. 2015. vol. 22- 3, p. 2117-2127, 2015. (<https://doi.org/10.1007/s10570-015-0600-8>)
- [3] G. Nelson, "Application of microencapsulation in textiles," *Int. J. Pharm.* 2002. vol. 242. 1-2, p. 55-62. ([https://doi.org/10.1016/S0378-5173\(02\)00141-2](https://doi.org/10.1016/S0378-5173(02)00141-2))
- [4] P. Monllor, M. Bonet, F.J. Cases. "Characterization of the behaviour of flavour microcapsules in cotton fabrics," *J. Chem. Inf. Model.* 2013. vol. 53- 9, p. 1689-1699. (<https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2007.04.004>)
- [5] A. Madene, M. Jacquot, J. Scher, et al. "Flavour encapsulation and controlled release - A review," *Int. J. Food Sci. Technol.* 2006. vol. 41 - 1, p. 1-21. (doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.00980.x>)
- [6] Y. Long, D. York, Z. Zhang, et al. "Microcapsules with low content of formaldehyde: preparation and characterization," *J. Mater. Chem.*, .2009. vol. 19-37. p. 6882-6887.([10.1039/B902832C](https://doi.org/10.1039/B902832C))
- [7] J. Gisbert, F. Ibañez, M. Bonet, et al. "Increase in Hydration of the Epidermis by Microcapsules in Sterilized Products," *Journal Appl. Polym. Sci.* 2009. vol. 113. p. 2282-2286. (doi: <https://doi.org/10.1002/app.30210>)
- [8] J. Berger, M. Reist, J. M. Mayer, et al. "Structure and interactions in covalently and ionically crosslinked chitosan hydrogels for biomedical applications," *Eur. J. Pharm. Biopharm.* 2004. vol. 57 - 1. p. 19-34.([doi.org/10.1016/S0939-6411\(03\)00161-9](https://doi.org/10.1016/S0939-6411(03)00161-9))
- [9] G. Nelson, "Microencapsulation in textile finishing," *Rev. Prog. Color.* 2008. vol. 31 - 1. p. 57-64. (doi: <https://doi.org/10.1111/j.1478-4408.2001.tb00138.x>)
- [10] K. B. De Roos, "Effect of texture and microstructure on flavour retention and release," *Int. Dairy J.* 2003. vol. 13 - 8. p. 593-605. ([https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(03\)00108-0](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(03)00108-0))
- [11] H. K. Ju, J. W. Kim, S. H. Han, et al. "Thermotropic liquid-crystal/polymer microcapsules prepared by in situ suspension polymerization," *Colloid Polym. Sci.* 2002. vol. 280 - 10. p. 879-885. (<https://doi.org/10.1007/s00396-002-0696-x>)
- [12] K. Heinzelmann and K. Franke, "Using freezing and drying techniques of emulsions for the microencapsulation of fish oil to improve oxidation stability," *Colloids Surfaces B Biointerfaces*. 1999, vol. 12- 3-6. p. 223-229.([https://doi.org/10.1016/S0927-7765\(98\)00077-0](https://doi.org/10.1016/S0927-7765(98)00077-0))
- [13] K. Dewettinck and A. Huyghebaert, "Fluidized bed coating in food technology," *Trends Food Sci. Technol.* 1999. vol. 10 - 4-5, pp. 163-168.([https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(99\)00041-2](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(99)00041-2))
- [14] M. N. Ravi Kumar, "Nano and microparticles as controlled drug delivery devices," *J. Pharm. Pharm. Sci.* 2000. vol. 3-2. p. 234-258.
- [15] C. J. Kirkpatrick, V. Krump-Konvalinkova, R. E. Unger, et al. "Tissue response and biomaterial integration: The efficacy of in vitro methods," 2002. *Biomol. Eng.*, vol. 19 - 2-6. p. 211-217.([https://doi.org/10.1016/S1389-0344\(02\)00019-9](https://doi.org/10.1016/S1389-0344(02)00019-9))
- [16] C. Muzzarelli, V. Stanic, L. Gobbi, et al. "Spray-drying of solutions containing chitosan together with polyuronans and characterisation of the microspheres," 2004. *Carbohydr. Polym.*, vol. 57- 1. p. 73-82.(<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2004.04.002>)
- [17] K. Hong and S. Park, "Melamine resin microcapsules containing fragrant oil: Synthesis and characterization," *Mater. Chem. Phys.*, vol. 58-2. p. 128-131. ([https://doi.org/10.1016/S0254-0584\(98\)00263-6](https://doi.org/10.1016/S0254-0584(98)00263-6))
- [18] K. Hirech, S. Payan, G. Carnelle, et al. "Microencapsulation of an insecticide by interfacial polymerisation," *Powder Technol.* 2003. vol. 130. p. 324-330.(DOI: [10.1016/S0032-5910\(02\)00211-5](https://doi.org/10.1016/S0032-5910(02)00211-5))
- [19] J. Gisbert; M. Bonet; P. Riobo; P. Monllor; "Insect Repellent Textile". Patent US 2010/0183690. 22.07.2010.
- [20] Asma Sharkawy, et al, "Aroma-loaded microcapsules with antibacterial activity for eco-friendly textile application: synthesis, characterization, release and green grafting" *Ind Eng Chem Res.* 2017. vol 56. p. 5516-5526.
- [21] Asma Sharkawy, et al "Aroma-loaded microcapsules with antibacterial activity for eco-friendly textile application", US provisional patent application 62/476821 filed 3/26/2017
- [22] Q. Wu, J. Lü, and B. Qu, "Preparation and characterization of microcapsulated red phosphorus and its flame-retardant mechanism in halogen-free flame retardant polyolefins," *Polym. Int.* 2003. vol. 52- 8. p. 1326-1331. (DOI: <https://doi.org/10.1002/pi.1115>).
- [23] S. Giraud, S. Bourbigot, M. Rochery, et al. "Flame retarded polyurea with microencapsulated ammonium phosphate for textile coating," 2005. *Polym. Degrad. Stab.*, vol. 88-1. p. 106-113.
- [24] Y. F. Fan, X. X. Zhang, X. C. Wang, et al. "Super-cooling prevention of microencapsulated phase change material," *Thermochim. Acta*, 2004. vol. 413 -1-2, p. 1-6.
- [25] L. F. Cabeza, C. Castellón, M. Nogus, et al. "Use of microencapsulated PCM in concrete walls for energy savings," *Energy Build.* 2007. vol. 39-2. p. 113-119.
- [26] C. P. Chang, T. Yamamoto, M. Kimura, et al. "Release characteristics of an azo dye from poly(ureaurethane) microcapsules," *J. Control. Release.* 2003. vol. 86-2-3. p. 207-211.([https://doi.org/10.1016/S0168-3659\(02\)00366-8](https://doi.org/10.1016/S0168-3659(02)00366-8)).
- [27] K. Sawada and H. Urakawa, "Preparation of photosensitive color-producing microcapsules utilizing in situ polymerization method," *Dyes & Pigment.* 2005. vol. 65-1. p. 45-49.(<https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2004.06.021>).
- [28] S. Li, J. E. Lewis, N. M. Stewart, et al. "Effect of finishing methods on washing durability of microencapsulated aroma finishing," *J. Text. Inst.* 2008. vol. 99-2. p. 177-183. (<http://dx.doi.org/10.1080/00405000701489701>).
- [29] P. Monllor, L. Sanchez, F. Cases, et al. "Thermal Behavior of Microencapsulated Fragrances on Cotton Fabrics," *Text. Res. J.* 2009. vol. 79-4. p. 365-380. (DOI: [10.1177/0040517508097520](https://doi.org/10.1177/0040517508097520)).
- [30] S.N. Rodrigues, et al, "Scentfashion: microencapsulated perfumes for textile application", *The Chemical Engineering Journal*. 2009. vol.149. p.463-477.
- [31] M. Teixeira, et al, "A case study of Product Engineering: Performance of microencapsulated perfumes on textile applications", *AIChE J.* 2012. vol.58-6. p. 1939-1950.
- [32] S. Rodrigues, et al, "Characterization and evaluation of commercial fragrance microcapsules for textile applications", *Journal of the Textile Institute*. 2012. vol. 103-3 3. p. 269-282
- [33] P. Monllor, L. Capablanca, J. Gisbert, et al "Improvement of Microcapsule Adhesion to Fabrics," *Text. Res. J.* 2010. vol. 80-7. p. 631-635. (DOI: [10.1177/0040517509346444](https://doi.org/10.1177/0040517509346444)).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al IVACE (Institut Valencià de Competitivitat Empresarial, Spain) and FEDER (Fondo Europeo de Desarrollo Regional, Europe) por el soporte financiero aportado mediante el proyecto MICROTECH I y II así como por el proyecto AGROBIOTEX I y II.