

ESTUDIO DE LA EFECTIVIDAD DE BLANQUEO EN EL TEJIDO DE ALGODÓN MEDIANTE EL SISTEMA TRADICIONAL COREANO Y DOS SISTEMAS QUÍMICOS ACTUALES

Sofía Vicente-Palomino, Seol Namgoung, Dolores Julia Yusá-Marco, Eva María Montesinos-Ferrandis y Laura Fuster-López

Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la Universitat Politècnica de València

AUTOR DE CONTACTO: Dolores Julia Yusá-Marco, doyumar@crbc.upv.es

RESUMEN: *El tratamiento de blanqueo, es utilizado en el ámbito de la conservación de tejidos, solo en casos muy específicos debido a que estos tratamientos tradicionalmente han sido muy agresivos. En la actualidad se están investigando diferentes sistemas y productos para llegar a desarrollar tratamientos más respetuosos que puedan utilizarse en la intervención de restauración con una garantía suficiente para este tipo de obras. En el presente trabajo se estudia la efectividad y alteración que producen tres métodos de blanqueo aplicados a tejido de algodón crudo. Por un lado, el método tradicional coreano optimizado a partir de la receta utilizada en la producción de papel coreano, basada en una solución acuosa de ceniza de origen vegetal, siendo este método un tratamiento de blanqueo natural. Por otro lado, los tratamientos actuales más utilizados en la industria textil, que son los siguientes métodos químicos. En primer lugar, el hipoclorito de sodio (NaClO) considerado como un agente blanqueante sustitutivo de los agentes naturales; y en segundo lugar, un agente de blanqueo oxidativo como es el peróxido de hidrógeno (H_2O_2).*

En esta investigación se compara la efectividad de blanqueo sobre un tejido 100% algodón crudo. Se optimizó la receta tradicional del sistema natural coreano, consistente en una solución acuosa obtenida con ceniza de paja de arroz. Los sistemas químicos están basados en el empleo de hipoclorito de sodio, y peróxido de hidrógeno, que representa el método oxidativo más utilizado en el campo de la restauración textil. Tras evaluar los resultados obtenidos mediante medidas colorimétricas y FTIR, se ha podido constatar que los métodos químicos producen tonos más fríos y luminosos que el método tradicional coreano, aunque con largos tiempos de aplicación generan degradación de la fibra celulósica. También, se ha observado que debido a la coloración rojiza-marrón de la propia solución de ceniza, el método de blanqueo coreano proporciona una ligera alteración cromática en el tejido de algodón tratado, sin embargo, cabe resaltar que es capaz de eliminar impurezas orgánicas sin degradar la fibra del tejido.

PALABRAS CLAVE: conservación de tejidos, blanqueo, algodón, ceniza de arroz, hipoclorito de sodio, peróxido de hidrógeno, colorimetría, FTIR

1. INTRODUCCIÓN

Los tejidos históricos con el paso del tiempo se ven deteriorados por los agentes atmosféricos. La alteración más habitual en los tejidos de algodón es su amarilleamiento causado por el contacto con el oxígeno que existe en la atmósfera y por la radiación ultravioleta. El tejido de algodón está compuesto por celulosa y suele contener mínimas cantidades de grasa, cera, proteínas y colorantes naturales. Después de ser tratado puede llegar a contener más del 99% de celulosa (Tímar-Balázszy y Eastop, 1998:33). El amarilleamiento de la celulosa del algodón es la consecuencia de la formación de oxixelulosa. Si la luz se ve combinada con humedad relativa, oxígeno, ácidos ambientales (SO_2) o calor, el resultado será una alteración y despolimerización más rápida. Por otro lado, la celulosa puede ser estable a la oxidación en condiciones normales, sin embargo, se verá potenciada por la radiación UV, provocando la transformación del grupo OH en grupos carbonilo ($C=O$); ruptura del anillo, con formación de grupos aldehído ($H-C=O$) y posteriormente, grupos carboxílicos ($COOH$). Los grupos aldehído y cetona aumentarán la debilidad de la celulosa y el proceso se verá acentuado, siendo la celulosa cada vez menos resistente a la radiación. (Villarquide, 2005:48).

La limpieza de tejidos históricos que utilizan un agente oxidante o reductor se denomina generalmente "Blanqueo". Según Tímar-Balázszy y Eastop (1998:225), los principales objetivos del tratamiento de blanqueo que se aplica en la Conservación de Textiles son: a) decolorar la mancha coloreada o tierra, b) eliminar la mancha haciéndola soluble en agua, c) blanquear el color amarillo de las

fibras deterioradas y d) cambiar el producto degenerado no soluble en agua a un compuesto soluble en agua e incoloro.

El proceso de blanqueo del tejido de algodón que se va a estudiar en la presente investigación puede ser considerado en ocasiones capaz de remover la degradación perjudicial y determinadas manchas, sin embargo su utilización sin las cautelas necesarias puede llegar a ser un proceso destructivo.

1.1. Sistema natural: Ceniza con agua

En Corea del Sur, este tratamiento se ha empleado principalmente durante la elaboración de papel coreano. La solución preparada mediante la ceniza de origen vegetal con agua era utilizada para el blanqueo de la fibra del árbol *morera*, que es el material que se emplea en la producción del papel en Corea del Sur. El proceso de elaboración del papel empieza por la cocción de la madera del árbol, a fin de poder eliminar su cáscara y así conseguir extraer la parte más blanda de la fibra. Después del proceso de cocción, se elimina la cáscara, y al final, se obtiene la fibra pura del árbol que es el material principal. Sin embargo, aunque la fibra obtenida es blanca, quedan impurezas naturales, como grasa, cera, polvo y cáscaras en la estructura de la fibra. Estas impurezas impiden producir adecuadamente un papel de color blanco. Por lo que, se sumergen en una solución de ceniza con agua, hirviéndose durante 5 o 6 horas para eliminar estos restos de impurezas naturales (Lee, 2001). En general, la paja de arroz, el tallo de pimiento, de soja, de trigo y de cebada, etc., han sido los materiales más usados para la obtención de la ceniza dado que todos estos materiales eran muy

fáciles de conseguir de la agricultura en Corea. Posteriormente, las fibras se sumergían en el río, y después se exponían al Sol normalmente durante 5 días o una semana, a fin de eliminar los restos de sustancias e impurezas. Así pues, el Sol tenía un papel muy importante, era el agente de blanqueo oxidativo.

El libro “La Enciclopedia de la vida de mujeres” (閨閣叢書) (Lee, 1809) proporciona información sobre la vida en la época de la Dinastía Chosun (1392~1910, el nombre del Estado era Chosun cuya capital era Hanyang (Seúl, la actual capital de Corea del sur)). En él se indica que se podía limpiar la ropa de algodón manchada y sucia gracias a la ceniza de la vaina de soja con agua. Dependiendo del tipo de ropaje, se usaban diferentes tipos de ceniza obtenidas de diferentes partes de plantas y árboles como son: la paja de arroz, cáscara de soja, y la madera de morera. De igual forma dependiendo de cada provincia de Corea, se utilizaban unas u otras cenizas.

Recientemente, varios autores en Corea han estudiado este sistema de blanqueo natural en cuanto a sus componentes químicos y a su pH, mostrando que la ceniza obtenida a partir de cualquier tipo de vegetal (incluyendo la paja de arroz, tallo de pimiento, de soja, de trigo y de cebada, etc.) con agua está constituida mayoritariamente por carbonato de potasio (K_2CO_3) proporcionando un pH alcalino alrededor de 10 – 11 (Mun, 1999:31, Kim *et al.*, 2007).

También, en Europa era una práctica habitual que se realizara el blanqueo al Sol desde la mitad del siglo XVI hasta finales del siglo XVIII. Sin embargo, este tratamiento podía causar daños a la propia fibra de tejido (Tímar-Balázsy y Eastop, 1998:228). Se debe considerar que esta solución de ceniza con agua no se puede utilizar sobre toda clase de tejido de origen vegetal y animal. Esto se debe a que la celulosa del algodón y del lino es capaz de soportar mejor los álcalis, mientras que las fibras proteínicas como la seda, resisten mejor los ácidos (Villarquide, 2005:47).

En la actualidad, está decreciendo el uso del proceso de blanqueo del papel coreano mediante este sistema natural, debido sobre todo a que se trata de un tratamiento complicado, precisa mucho tiempo y es muy laborioso. Por lo que, hoy en día, el sistema natural ha sido sustituido por un tratamiento químico mediante hipoclorito de sodio, que aunque es mucho más agresivo, tiene la ventaja de disminuir el tiempo del proceso y es más sencillo de aplicar, generando como resultado tonos más claros (Lee, 2001).

1.2. Sistema químico mediante Peróxido de Hidrógeno (H_2O_2)

En este segundo método químico de blanqueo se usa principalmente peróxido de hidrógeno, silicato de sodio, carbonato de sodio, hidróxido de sodio y agua destilada. Cada componente ejerce una acción en el baño acuoso. El peróxido de hidrógeno es el agente de blanqueo, induce el cambio de color deseado en la fibra textil. El silicato de sodio, carbonato de sodio e hidróxido de sodio son tampones. El carbonato de sodio e hidróxido de sodio aceleran la descomposición del peróxido de hidrógeno y promueven la formación del ácido oxixelulosa. El silicato de sodio controla la velocidad de descomposición del peróxido de hidrógeno (Tímar-Balázsy y Eastop, 1998:230). Según Tímar-Balázsy y Eastop, (1998:368) en *Chemical principles of textiles conservation*, se recomienda el uso de una concentración de la solución de peróxido de hidrógeno alrededor de 5-10% (peso/volumen), también se aconseja un pH 9 para tratar los tejidos históricos. Otros autores como, Burges y Hanlanm, (1980:4) manifiestan la importancia del control del pH en este tipo de tratamientos. Tras el tratamiento de blanqueo del algodón, es muy importante lavarlo, a fin de eliminar el posible depósito de solución blanqueante (Tímar-Balázsy y Eastop, 1998:231).

1.3. Sistema químico mediante Hipoclorito de sodio ($NaClO$)

El hipoclorito de sodio ($NaClO$) es una sal alcalina relativamente estable. Debido a su agresivo efecto de blanqueo, ya no se recomienda este tratamiento en el ámbito de la Conservación de Textiles

Históricos (Tímar-Balázsy y Eastop, 1998:228). Sin embargo, en la industria del papel todavía sigue utilizándose. En Corea del Sur, se ha adaptado como sustituyente del sistema natural de ceniza con agua para blanquear la fibra cruda del árbol. Como ventajas indicar que es capaz de eliminar las impurezas naturales contenidas en la fibra consiguiendo una fibra de color blanco, sin embargo, este sistema produce la pérdida del brillo de la fibra causando su deterioro o dañándola, además, provoca contaminación del medio ambiente.

En el presente trabajo se aplica el tratamiento de blanqueo mediante los tres sistemas sobre tejido de algodón 100% crudo, controlando el tiempo, la temperatura y el pH. Se compararán los resultados obtenidos con los tres sistemas antes y después del tratamiento, utilizando Colorimetría, Microscopía óptica (MO) y Espectrometría infrarroja por transformada de Fourier (FTIR).

De este modo, se podrá observar la morfología, color y textura de la fibra de algodón tras los diferentes tratamientos, evaluando los cambios cromáticos que se corresponderán a ciertos cambios sufridos en la estructura química de la fibra. Con los resultados alcanzados se podrá establecer el grado y efectividad de cada uno de los sistemas de blanqueo en tejidos de algodón.

2. METODOLOGÍA

2.1. Materiales y reactivos

El tejido 100% algodón consiste en un tejido denominado Batista de algodón (Muslin), crudo sin blanqueo previo, con 30 hilos de urdimbre y 30 pasadas de trama, torsión Z en trama y en urdimbre, con 48,6 mg de gramaje, suministrado por Talas, S.L.

Los reactivos utilizados han sido: Peróxido de Hidrógeno (H_2O_2), 30%, p/p, purísimo, Charlau; Hidróxido de Sodio ($NaOH$) lentesas, p.a., Panreac; Carbonato de Sodio anhidro (Na_2CO_3), p.a., Panreac; Silicato de Sodio (Na_2SiO_3) neutro solución QP, Panreac; Hipoclorito de sodio, p.a. Carlo Erba; Agua destilada grado HPLC, Medica Elga.

Paja de arroz de los campos de arroz de alrededores de la Albufera (Valencia).

2.2. Preparación de las muestras

2.2.1. Prelavado del tejido de algodón

El tejido de algodón fue lavado con agua destilada neutra a una temperatura de 70°C durante 1 hora para eliminar suciedad superficial presente.

2.2.2. Preparación de los baños de blanqueo

2.2.2.1. Baño de blanqueo con ceniza de arroz

Tras quemar una cantidad de 413,38 g de paja de arroz, se obtiene un total de 86,68 g de cenizas. Después se añaden 862,40 mL de agua destilada (en proporción 10:1) a 80°C. Se guarda 24-48h dicha solución en una botella de cristal tapada. Después de decantarse, se filtra con una tela de algodón, obteniéndose como primera solución 584mL, con un pH 11,06, a una temperatura 20,9°C y de coloración marrón rojiza clara (Figura 1-e). Se extrajo una alícuota de 292mL, añadiéndose a esta un total de 6740 mL de agua destilada ajustando el pH a 9,8, siendo su temperatura final de 19,8°C (Figura 1) (Lee, 2001).

2.2.2.2. Baño de blanqueo con peróxido de hidrógeno

El baño de blanqueo obtenido con peróxido de hidrógeno, se preparó siguiendo las proporciones establecidas por Sheila Landi

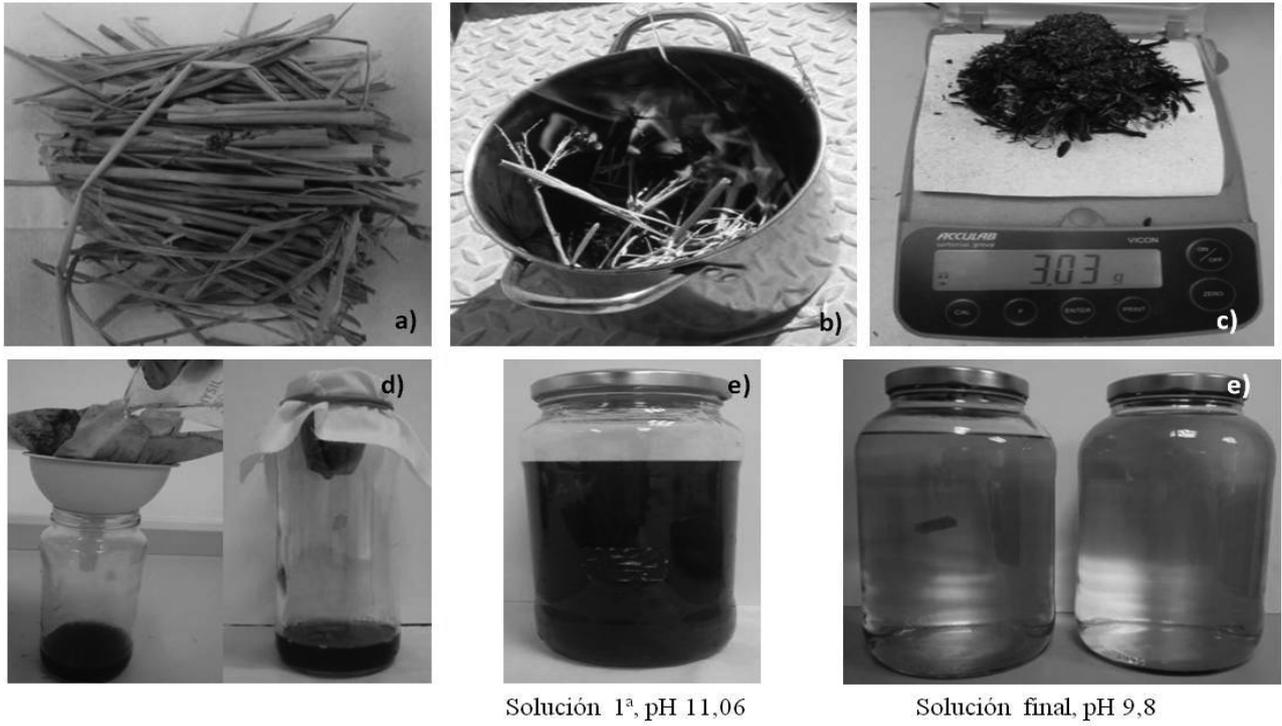
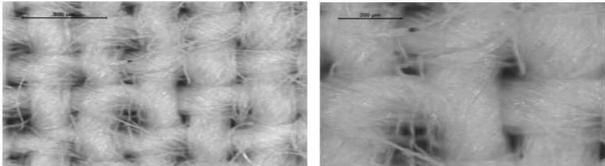
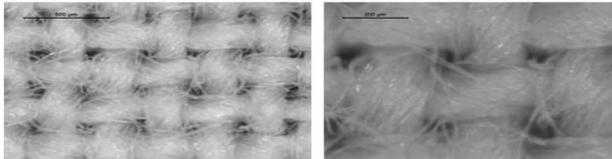


Figura 1. Proceso de preparación de la solución de blanqueo con ceniza

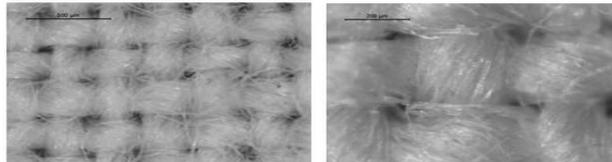
Algodón ES (Lavado agua destilada 1h,70°C),40X y 80X



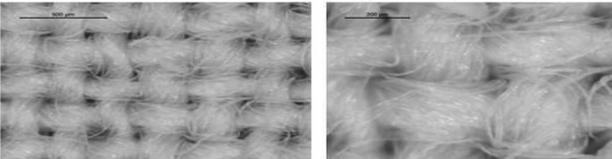
CE1 (sistema natural 1h,70-80°C,pH 9,19), 40X y 80X



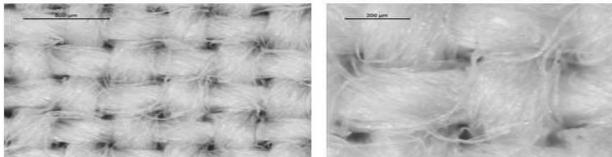
CE2 (sistema natural 2h,70-80°C, pH 9,19), 40X y 80X



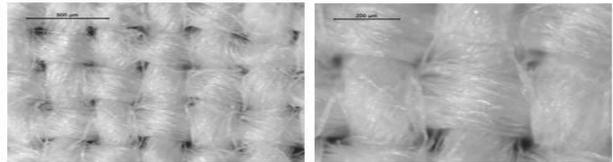
CE3 (sistema natural 3h, 100°C, pH 10,30), 40X y 80X



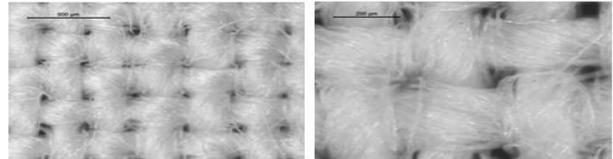
CE6 (sist nat 6h,100°C,pH 10,56,secado al Sol),40X y 80X



PH5 (sist químico H₂O₂, 5 min, pH 9-10), 40X y 80X



PH15 (sist químico H₂O₂, 15 min, pH 9-10), 40X y 80X



HS (sist químico NaClO 5min, pH 11,52), 40X y 80X

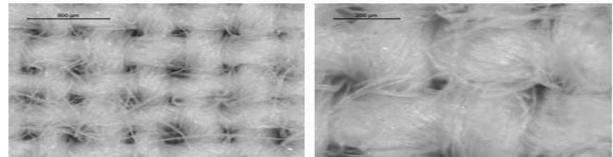


Figura 2. Comparativa entre las microfotografías (40X y 80X) de las muestras de algodón sometidas al blanqueo con el sistema natural y químicos y el algodón sin tratar

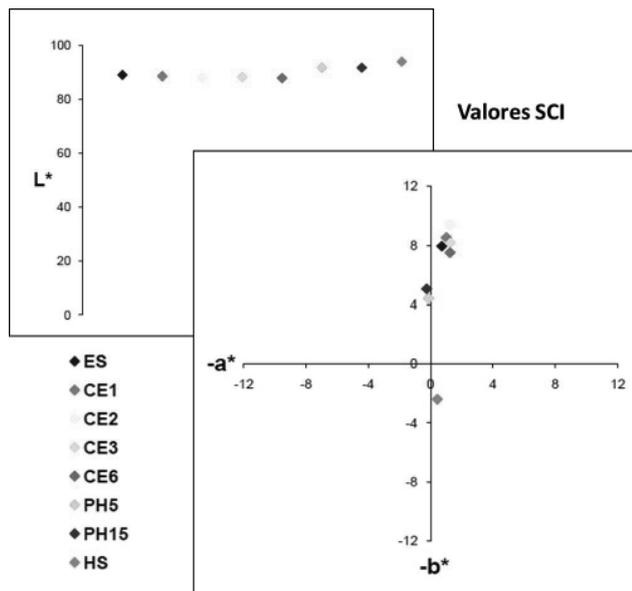


Figura 3. Representación gráfica de los valores Cielab L*, a*, b* obtenidos para la muestra de algodón sin tratar y las muestras tratadas con los tres sistemas de blanqueo

en su manual (LANDI, 1987). La solución se preparó con 5 g de hidróxido de sodio, 5 g de carbonato sódico, 20 g de metasilicato de sodio, 50 mL de peróxido de hidrógeno al 30% y 1000mL de agua destilada. La solución final presenta un pH 10 a 24°C.

2.2.2.3. Baño de blanqueo con hipoclorito de sodio

El baño de blanqueo obtenido con hipoclorito de sodio, se preparó siguiendo las proporciones establecidas por Lee (2001) y por Tímar-Balázs y Eastop (1998). La solución se preparó con un 5% de hipoclorito de sodio en agua destilada, es decir, 100mL de hipoclorito de sodio en 2L de agua destilada. El valor de pH de la solución fue de 11.52.

2.2.3. Proceso de blanqueo del tejido de algodón

2.2.3.1. Baño de blanqueo con ceniza de arroz

En el proceso de blanqueo tradicional, se hervían las fibras de árbol *mulberry* en la solución obtenida con ceniza y agua, a una temperatura superior a los 100°C durante 4 o 5h (Lee, 2001:27).

Según otros autores (Kim *et al.*, 2007) la proporción entre la solución y la fibra vegetal que iba a ser blanqueada debía ser de 1,5g de fibra textil por cada 30mL de ceniza con agua destilada. En la Tabla 1 se exponen las condiciones establecidas en el blanqueo de cuatro muestras de algodón.

Muestra	CE1	CE2	CE3	CE6
t (h)	1	2	3	6
pH	9,2	9,0	10,3	10,6
T (°C)	70-80	70-80	90-100	90-100
m(g)	10,14		10,15	
V de solución (L)	2,6		2,6 + 1,8	
Lavado	Con agua destilada durante 10min			
Secado	Sobre un tissue suave			Al Sol

Tabla 1. Condiciones de blanqueo con baño de ceniza

2.2.3.2. Baño de blanqueo con peróxido de hidrógeno

Dos muestras de algodón se introdujeron en el baño blanqueante, durante 5min y 15min respectivamente, las denominaremos

PH5 y PH15. Después se retiraron y se colocaron sobre un papel absorbente para eliminar el exceso de solución, posteriormente se colocaron entre unas láminas de acetato evitando la entrada de aire y se dejaron 10 min para que terminara de producirse el proceso de blanqueo. Una vez transcurridos estos 10min se enjuagaron las muestras en agua destilada durante 5min, para eliminar los restos del agente blanqueante.

2.2.3.3. Baño de blanqueo con hipoclorito de sodio

La muestra de algodón fue sumergida en la solución de blanqueo durante 15 min a 70°C. Tras el proceso, la muestra HS fue lavada en agua destilada fría durante 10 min.

2.3. Instrumentación

Las medidas del color se realizaron con un colorímetro Minolta CM-2600d (KONICA MINOLTA SENSING, Inc.), utilizando el sistema CIELAB, el iluminante CIE D65 (6500° K) y observador estándar 10°.

Microscopio óptico Leica modelo DMR con sistema de luz incidente, transmitida (PPL) y un sistema de luz polarizada (XPL). 40X y 80X.

Los espectros IR se obtuvieron en un espectrómetro de infrarrojos por transformada de Fourier modelo Vertex 70 (Bruker Optik GmbH), con un detector con temperatura estabilizada por FRDGTS (fast recovery deuterated triglycine sulfate) Bruker Óptica®, con accesorio en modo de reflexión total atenuada ATR modelo MKII Golden Gate. Las condiciones de trabajo fueron: Número de escaneos 32 y con una resolución de 4 cm⁻¹. Los datos fueron procesados con el software OPUS, versión 5.0. Los espectros originales obtenidos en modo ATR fueron convertidos a modo absorbancia.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Microscopía óptica

En la Figura 2 se expone una comparativa entre las microfotografías (40X y 80X) de la muestra de algodón sin tratar (ES) y las muestras sometidas al tratamiento de blanqueo con el sistema natural y químicos.

En todas las microfotografías se observa la falsa torsión característica de la fibra de algodón. En las muestras CE1, CE2, CE3, CE6, PH5 y PH15 se aprecian algunas impurezas naturales de color amarillo y marrón claro o manchas naturales de la fibra; sin embargo, no se aprecian en la muestra HS. Por otro lado, las fibras de algodón tratadas mediante el sistema natural presentan tonalidades cálidas, mientras que las muestras blanqueadas por los sistemas químicos, tanto por peróxido de hidrógeno (H₂O₂) e hipoclorito de sodio (NaClO), presentan tonos tendiendo a fríos.

3.2. Análisis por Colorimetría

En la siguiente Figura 3 se representan las medidas colorimétricas obtenidas en SCI para las muestras de algodón sin tratar y tratadas con los tres sistemas de blanqueo.

Respecto al parámetro de luminosidad, señalar que tomando como referencia la muestra sin tratar ES, se puede decir que la muestra CE1, sufrió una ligera pérdida de luminosidad en el caso del sistema natural. Después la muestra CE6 perdió más luminosidad que la CE3, este hecho indicaría que a mayor tiempo de tratamiento, pH y temperatura, se pierde más luminosidad en el tejido de algodón.

En relación a la muestra control ES, las muestras PH5 y la PH15 tratadas con peróxido de hidrógeno, muestran un aumento en la

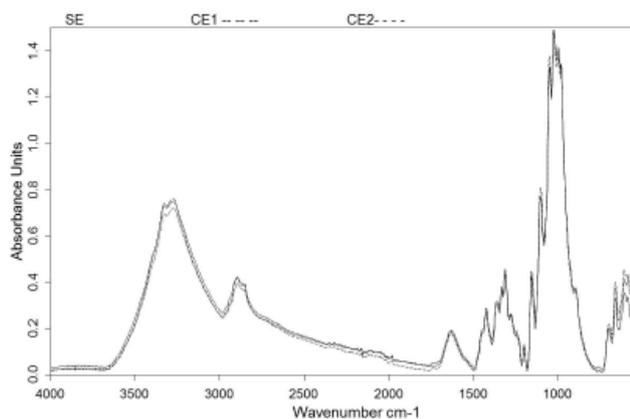


Figura 4. Comparación de los espectros IR de la muestra de algodón sin tratar (SE) y las muestras tratadas con el sistema natural (CE1 y CE2)

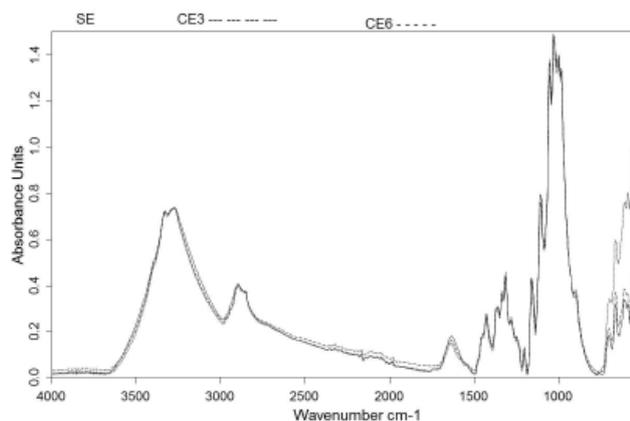


Figura 5. Comparación de los espectros IR de la muestra de algodón sin tratar (SE) y las muestras tratadas con el sistema natural (CE3 y CE6)

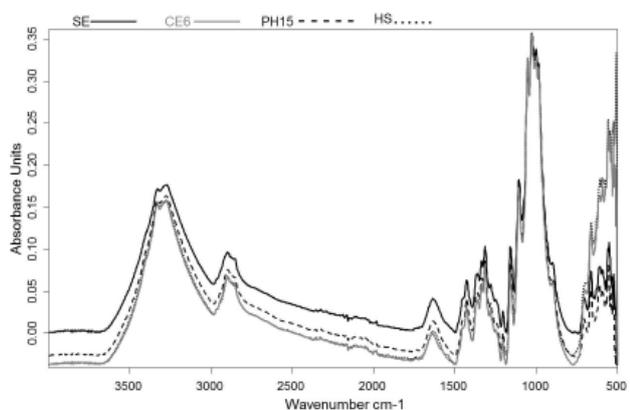


Figura 6. Comparación de los tres sistemas de blanqueo. Espectros IR de la muestra de algodón sin tratar (SE) y las muestras tratadas con sistema natural (CE6) y los sistemas químicos (PH15 y HS)

luminosidad. Sin embargo, exhiben similar luminosidad entre ellas, por lo que el tiempo de exposición a la solución de blanqueo no parece afectar al resultado final, y por tanto, la fibra de algodón podría ser sometida a un menor tiempo de tratamiento químico, alterando en menor medida la fibra.

Por otra parte, la muestra HS (tratamiento químico de blanqueo mediante hipoclorito de sodio) fue la muestra que experimentó un mayor incremento de luminosidad con respecto a la muestra control.

Desde el punto de vista cromático, en el caso de la coordenada a^* , las muestras CE1, CE2, CE3 y CE6 tratadas con el sistema natural tienden a rojo, mientras que las muestras PH5, PH15 y HS sometidas a los sistemas químicos tienden a verde. Probablemente, el color marrón rojizo de la solución obtenida mediante ceniza con agua produjera esta alteración cromática en el tejido de algodón.

Por otro lado, en el caso de la coordenada b^* , las muestras CE1, CE2 y CE3 amarillean notablemente, mientras que la muestra CE6 tiende a azul, estos cambios son debidos a los efectos de las distintas condiciones del tratamiento aplicadas en cada caso. Las muestras PH5, PH15 y HS tienden a azul.

Respecto al incremento de color total ΔE^* , si se considera un valor de 2 es el umbral mínimo de percepción humano y a valores menores no hay percepción (Melgosa et al., 2001:34), los valores calculados (Tabla 2) para las muestras CE1, CE2, CE3 y CE6 tratadas con el sistema natural, el efecto del blanqueo sobre el tejido de algodón no es perceptible. Mientras que para el resto de las muestras, PH5, PH15 y HS, tratadas con ambos sistemas químicos, el efecto del blanqueo sí que es perceptible, dado que los valores superan este umbral.

SCI	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
CE1	-0,48	-0,30	-0,58	0,81
CE2	-1,17	-0,52	-1,44	1,73
CE3	-0,81	-0,24	-0,23	1,20
CE6	-1,15	-0,53	0,43	2,80
PH5	2,72	0,86	3,53	4,54
PH15	2,69	0,97	2,89	4,07

Tabla 2. Valores SCI de ΔL^* , Δa^* , Δb^* y variación de color total ΔE^*

3.3. Análisis por FTIR

Los resultados de los espectros IR obtenidos para las diferentes muestras de algodón tratadas indican que ante las mismas condiciones de pH, el perfil del espectro no se ve modificado en gran medida, aunque se incremente el tiempo y temperatura de aplicación, por lo que alargar el tiempo de exposición no parece mejorar la eficacia en el blanqueo de la fibra de algodón (Figura 4 y 5).

En la Figura 6 se presenta la comparativa entre los espectros IR obtenidos para la muestra de algodón sin tratar (SE) y las muestras tratadas en las condiciones más agresivas de los tres sistemas, tanto en el sistema natural (CE6) como con los sistemas químicos (PH15 y HS), respectivamente. De ella se desprende que los tres sistemas de blanqueo degradan la estructura química de la fibra de algodón, dado que en los tres casos los perfiles IR obtenidos se ven mermaados. El sistema químico por hipoclorito de sodio a pH 11,5 y 5 minutos de aplicación, y el proceso natural a pH 10,6 con una duración de 6h y secado al Sol, parecen generar los mismos efectos dañinos, sin embargo, la agresividad sobre la fibra del sistema químico es mucho mayor dado que esos efectos se obtienen con sólo 5 minutos.

Por otro lado, en el sistema con peróxido de hidrógeno tanto a 5 minutos como a 15 minutos, se consiguen los mismos resultados, por lo que aplicándolo 5 minutos sería suficiente para alcanzar su efecto blanqueante sin que la estructura de la fibra se viera afectada en gran medida.

En la actualidad, en muchos tratamientos de blanqueo industrial donde lo que se prioriza es la duración del proceso, se aplica el sistema químico con hipoclorito de sodio. Mientras que en nuestro campo de la Conservación de Tejidos Históricos lo que se prioriza es la obra de arte, por lo que se utilizan tratamientos mucho menos agresivos. De este modo, el sistema natural coreano, o bien, el sistema químico con peróxido de hidrógeno podrían ser dos opciones a considerar en función del estado de conservación de la pieza a tratar.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se ha experimentado sobre el efecto de blanqueo en tejido de algodón 100% crudo sin blanquear mediante tres sistemas de blanqueo. El sistema natural (ceniza de paja de arroz y agua destilada) y sistemas químicos (peróxido de hidrógeno H₂O₂ e hipoclorito de sodio NaClO). Las conclusiones alcanzadas tras evaluar los resultados han sido:

En el caso del sistema natural (ceniza de paja de arroz con agua destilada), según los análisis por FTIR se observó que se generaron grupos hidroxilo en la fibra de algodón después del tratamiento. Esto se observó especialmente en la muestra tratada en las condiciones de pH 10-11, durante 6 horas e hirviendo la muestra de algodón a una temperatura entre 90°C y 100°C, secándose 30 min al Sol. Por lo tanto, el sistema natural fue capaz de eliminar las impurezas naturales que contenía el tejido. Sin embargo, a nivel de su efecto visual de blanqueo se puede considerar que su resultado no es perceptible por el ojo humano, además este tratamiento proporciona al tejido de algodón un color marrón rojizo propio de la solución, generando un cambio de tono.

Las muestras tratadas con peróxido de hidrógeno e hipoclorito de sodio presentan tonos fríos y luminosos. Las muestras de algodón blanqueadas con peróxido de hidrógeno presentan mayor luminosidad, así como un incremento de los grupos hidroxilo.

De entre los tres sistemas, las muestras de algodón tratadas con hipoclorito de sodio fueron las que evidenciaron el mayor incremento de luminosidad y de grupos hidroxilo. Sin embargo, se trata de un sistema químico demasiado agresivo para ser aplicado en los tratamientos de Conservación de tejidos históricos. Por lo tanto, en función del estado de conservación del tejido de algodón se podría recomendar plantearse el uso del sistema natural coreano en determinadas condiciones, o bien, el sistema químico mediante peróxido de hidrógeno.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se ha realizado en el marco de diferentes proyectos de investigación de la Universidad Politécnica de Valencia (PAID-00-07-2607, PAID 08-07-4466, PAID-06-10-2429) y la Generalitat Valenciana (GV/2011/082).

BIBLIOGRAFÍA

Burges, H.D. and Hanland, J.F. (1980): *Degradation of cellulose in conservation bleaching treatments*, J.IIC-Canadian Group, 4:15-21

Kim, Hyungjin, Donggun, O.H., Byungmuk C.H.O. (2007): *Application of traditional lye production process for the improvement of features of paper mulberry and its bast fiber*, Department of Forest engineering (Forestry) of Kookmin University and department of Paper engineering of Kangwon University

Landi, S. (1987): "The textile conservator's manual", Butterworth-Heinemann Series" in *Conservation and Museology Conservation and Museology Series*, Butterworth-Heinemann

Lee, Binjukak. (1809): *Enciclopedia de la vida de mujeres* (閨閣叢書)

Lee, Seungchul. (2001): *Papermaking*, Seoul, Republic of Korea

Lee, Seungchul. (2001): "Chapter1. The story of paper", In *Papermaking*, pp 27

Melgosa, M., Pérez, M., Yebra, A., Huertas, R., Hita, E. (2001): "Algunas reflexiones y recientes consideraciones internacionales sobre evaluación de diferencias de color Óptica Pura y Aplicada", Vol. 34

Mun, Sung phil. (1999): "Manufacturing of Korean traditional handmade paper with reduced fiber damage (I)", Inorganic composition of traditional Lye, *Journal of Korea TAPPI*, Printed in Korea, Vol.31. No.10.

Villarquide, A. (2005): "Alteraciones del soporte", In *Restauración e conservación de pintura sobre tela. Alteracions, materials e tratamentos, Arte y restauración*, pp. 47, 48

Timar-Balázs, A. y Eastop, D. (1998): "Fiber", In *Chemical principles of textile conservation*. Ed. Butterworth-Heinemann series in conservation and museology. pp. 33

Timar-Balázs, A. y Eastop, D. (1998): "Cleaning by chemical reaction", in *Chemical principles of textile conservation*, Ed. Butterworth-Heinemann series in conservation and museology, pp.228, 230, 231