

INFLUENCIA DE LA ESTRUCTURA QUÍMICA Y CONCENTRACIÓN DE DOS BLANQUEADORES ÓPTICOS EN LA MEJORA DEL UPF DE TEJIDOS DE ALGODÓN ¹⁾

A. Riva*, I. Algaba** y R. Prieto***

0.1. Resumen

En el presente trabajo se exponen los resultados del estudio de la protección contra la radiación ultravioleta proporcionada por dos blanqueadores ópticos, de diferente estructura química, al ser aplicados sobre tejidos de algodón. Uno de los productos es un derivado del ácido estilbendisulfónico y el otro producto es un derivado del diestirilobifenilo. Se ha evaluado la influencia de la estructura química y de la concentración de ambos productos. Para ello se han determinado los espectros de absorción de radiación ultravioleta de ambos productos y los espectros de transmitancia difusa de los tejidos tratados con cada producto a las diferentes concentraciones. Se han calculado los valores del UPF (Ultraviolet Protection Factor) de los tejidos no tratados y tratados, estableciendo la efectividad de cada producto en relación a su acción en las zonas UVA y UVB del espectro.

Palabras clave: Factor de Protección ultravioleta, fibras celulósicas, algodón, tejidos de calada, blanqueadores ópticos, acabado.

0.2. Summary: INFLUENCE OF THE CHEMICAL STRUCTURE AND CONCENTRATION OF TWO OPTICAL BRIGTENING IN THE IMPROVEMENT OF THE UPF OF COTTON FABRICS

The present paper shows the results of the study of the protection against ultraviolet radiation provided by two optical brightening agents, with a

different chemical structure, when applied on cotton fabrics. One of the products is a derivative of the stilbene disulphonic acid and the other a derivative of the distyryl biphenyl. The influence of the chemical structure and the concentration of both products have been evaluated. To this aim the ultraviolet absorption spectra of the products have been determined as well as the diffuse transmittance spectra of the fabrics treated with different concentrations of the products. The UPF (Ultraviolet Protection Factor) of the untreated and treated fabrics has been calculated, establishing the effectiveness of each product regarding their action in the UVA and UVB zones of the electromagnetic spectrum.

Key words: Ultraviolet Protection Factor, cellulosic fibres, cotton, woven fabrics, optical brightening agents, finishing.

0.3. Résumé: INFLUENCE DE LA STRUCTURE CHIMIQUE ET CONCENTRATION DE DEUX BADIGEONNEURS OPTIQUES DANS L'AMÉLIORATION DE L'UPF DE TISSUS DE COTON

Dans le présent travail on expose les résultats de l'étude de la protection contre la radiation ultraviolette fournie par deux badigeonneurs optiques, de différente structure chimique, en étant appliqués sur des tissus de coton. Un des produits est un dérivé de l'acide estilbendisulphonique et l'autre produit est un dérivé du diestirilobifenilo.

On a évalué l'influence de la structure chimique et de la concentration des deux produits. Pour cela on a déterminé les spectres absorbants de radiation ultraviolette des deux produits et les spectres de transmissibilité diffuse des tissus traités avec chaque produit aux différentes concentrations. On a calculé les valeurs de l'UPF (Ultraviolet Protection Factor) des tissus non traités et traités, en établissant le caractère effectif de chaque produit par rapport à son action dans les zones UVA et UVB du spectre.

Mots clé: Facteur de protection ultraviolet, fibres cellulósiques, coton, tissus de trempage, badigeonneurs optiques, finissage

* Dra. Ing. Ascensión Riva Juan, Catedrática de Universidad del Departamento de Ingeniería Textil y Papelera. Jefa del Laboratorio de Físico-Química de la Tintura y Acabados del INTEXTER (U.P.C.)

** Ing. Téc. Remedios Prieto Fuentes. Laboratorio de Físico-Química de la Tintura y Acabados del INTEXTER (U.P.C.)

*** Dra. Ing. Inés Algaba Joaquín, Departamento de Estadística de Investigación Operativa, E.T.S.E.I.A.T. (U.P.C.)

¹⁾ Artículo publicado en Tekstil, 56, 1, p 1-13 (2007)

1. INTRODUCCIÓN

La protección frente a la radiación ultravioleta está considerada desde hace unos años como una de las más importantes medidas ante el posible dañado de la piel. Cada vez más nos vamos concienciando de los riesgos que comporta para la salud una excesiva exposición a los rayos ultravioleta. La Organización Mundial de la Salud (OMS) aconseja protegerse del sol y, entre otras medidas, recomienda el uso de prendas con factor de protección elevado, que no se adhieran al cuerpo y que lo cubran totalmente. Pero hay que preguntarse si todos los tejidos protegen suficientemente: diversos estudios han concluido que la mayoría de las prendas ligeras de verano y deportivas no proporcionan una protección suficiente.

En la protección que ejercen los textiles al paso de la radiación ultravioleta intervienen muy diversos factores como el tipo de fibra, características estructurales de los tejidos, color, presencia de blanqueadores ópticos, resinas o productos de acabado absorbentes de radiación ultravioleta, condiciones de uso de las prendas como tensión y humedad, etc.¹⁻⁹.

Los blanqueadores ópticos son compuestos químicos orgánicos incoloros o ligeramente coloreados que poseen la propiedad de absorber luz ultravioleta del espectro y emitirla como luz visible de una longitud de onda determinada que, en la mayoría de los casos, corresponde a la banda espectral del azul. Con ello, se obtiene un aumento de la cantidad de energía espectral de la banda correspondiente, con el consiguiente aumento de la sensación visual de blancura¹⁰.

La capacidad de los blanqueadores ópticos de absorber radiación ultravioleta y reflejarla en forma de radiación visible lleva a que

se consideren productos que, teóricamente, podrían aumentar la protección que los tejidos proporcionan contra el paso de la radiación ultravioleta.

En el presente trabajo se exponen los resultados del estudio de la mejora del UPF mediante la aplicación de dos blanqueadores ópticos, de diferente estructura química, sobre tejidos de algodón. Ambos productos se han utilizado en su presentación comercial. Se ha evaluado la influencia de la estructura química y de la concentración de ambos productos. Para ello se han determinado los espectros de absorción de radiación ultravioleta de ambos productos y los espectros de transmitancia difusa de los tejidos tratados con cada producto a las diferentes concentraciones. Se han utilizado tres tejidos de algodón del mismo ligamento (tafetán) pero con estructuras (peso/m² y factor de cobertura) diferentes, de forma que su factor de protección fuera bajo, medio y alto. Se han calculado los valores del UPF (Ultraviolet Protection Factor) de los tejidos no tratados y tratados, estableciendo la efectividad de cada producto en relación a su acción en las zonas UVA y UVB del espectro. Asimismo, se ha evaluado la eficacia de ambos productos en la mejora del grado de blanco de los tejidos.

2. EXPERIMENTAL

2.1. Materiales

El estudio se ha llevado a cabo sobre tejidos de algodón. Se han tomado como base para los tratamientos 3 tejidos diferentes, para determinar si la influencia de los productos es diferente en función de la estructura del tejido original. Como variable representativa de la estructura de los tejidos originales se ha tomado su UPF (UPF inicial), con tres niveles diferentes, que se han denominado como UPFi bajo, medio y alto. Las características de cada uno de los tejidos se muestran en la tabla 1.

TABLA 1
 Características de los tejidos de algodón

		Tejidos de algodón originales		
		Bajo	Medio	Alto
Nivel de UPF inicial				
UPF inicial		4,06	4,78	6,92
Masa laminar (g/m ²)		94,93	122,09	180,04
Espesor (mm)		0,318	0,339	0,400
Cobertura (%)		89,42	93,96	97,86
Título hilo (tex)	urdimbre	14,3	14,3	25
	trama	14,3	20	25
Densidad (hilos/cm)	urdimbre	40	40	40
	trama	25	27	27

2.2. Productos y concentración

Los tejidos de algodón se han tratado con 2 blanqueadores ópticos de diferente estructura química. El C.I. Fluorescent Brightener 252 es un derivado del ácido estilbendisulfónico, cuya base química es la estilbil-s-triazina. El C.I. Fluorescent Brightener 351 es un derivado del diestirilbifenil, 4, 4'-bis(2-sodio sulfonato estilil)bifenil.

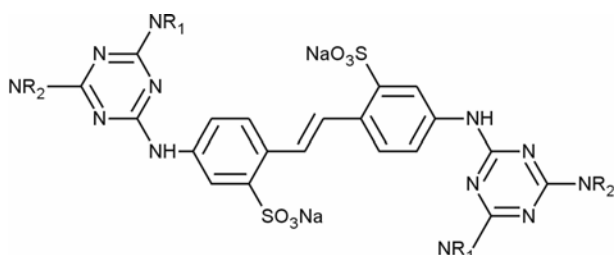


FIGURA 1: C.I. Fluorescent Brightener 252: derivado del ácido estilbendisulfónico → estilbil-s-triazina

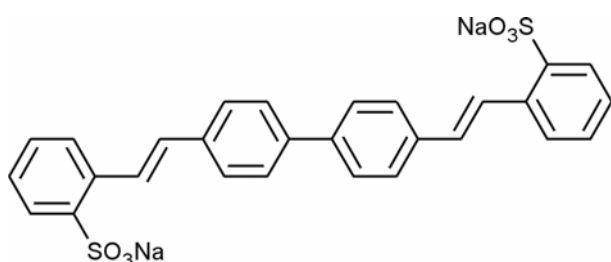


FIGURA 2: C.I. Fluorescent Brightener 351: derivado del diestirilbifenil → 4, 4'-bis(2-sodio sulfonato estilil)bifenil

Los blanqueadores ópticos se aplicaron a tres concentraciones diferentes, escogidas según las recomendaciones de los catálogos técnicos de los productos^{11,12}. Los niveles de la variable concentración son los que se muestran en la tabla 2.

TABLA 2

Productos y concentraciones

Nivel de la variable C	Concentración (% o.w.f.)	
	C.I. Fluorescent Brightener 252 (estilbil-s-triazina)	C.I. Fluorescent Brightener 351 (estirilbifenil)
C baja	0.300	0.200
C media	0.525	0.450
C alta	0.750	0.700

La combinación de las variables y sus niveles resulta en 15 experiencias con las que se obtiene una gama de tejidos con una gradación en

su compacidad y en la concentración de producto con el que ha sido tratado.

2.3. Parámetros determinados

2.3.1. Espectros de absorción en la región UV

Se ha determinado el espectro de absorción en la región del ultravioleta, de una disolución de 2 g/l de los blanqueadores ópticos en agua, utilizando un espectrofotómetro Shimadzu 256 FS/FW.

2.3.2. Espectros de transmisión de radiación en la región del ultravioleta, Transmitancia media UVR, UVA y UVB

Cuando un rayo de luz ultravioleta incide sobre una muestra textil, una parte de la radiación es reflejada, otra parte es absorbida por el material y el resto lo atraviesa y se transmite de forma difusa. El porcentaje de energía transmitida con respecto a la energía incidente será diferente para cada longitud de onda. El espectro de transmitancia difusa es la representación del porcentaje de radiación ultravioleta transmitida en función de la longitud de onda (entre 290 y 400 nm). Dentro de esta zona del espectro ultravioleta se distinguen la radiación UVB (entre 290 y 315 nm) y la radiación UVA (entre 315 y 400 nm). Especialmente importante es que la transmisión UVB sea lo más baja posible, ya que la radiación en este intervalo de longitudes de onda es mucho más perjudicial para la piel humana.

Los espectros de transmisión difusa en el ultravioleta se han determinado mediante el equipo Analizador de Transmitancia en el Ultravioleta UV1000F de Labsphere. Los espectros mostrados son el resultado medio de 10 mediciones.

2.3.3. Factor de protección a la radiación ultravioleta (UPF)

El UPF de los tejidos se ha determinado mediante el método *in vitro*, utilizando el aparato Analizador de Transmitancia en el Ultravioleta UV1000F de Labsphere, siguiendo las indicaciones de la norma AS/NZ 4399:1996¹³.

El UPF de cada espécimen se calcula según la siguiente fórmula:

$$UPF_i = \frac{\sum_{\lambda=290}^{400} E_{\lambda} \times S_{\lambda} \times \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=290}^{400} E_{\lambda} \times S_{\lambda} \times T_{\lambda} \times \Delta\lambda}$$

donde E_{λ} : espectro eritemal según CIE

S_{λ} : irradiancia espectral solar

T_{λ} : transmitancia espectral del tejido

$\Delta\lambda$: anchura de banda en nm

λ : longitud de onda en nm

A continuación se calcula el UPF medio, como la media aritmética de los UPF de cada uno de los especímenes.

$$\overline{UPF} = \frac{UPF_1 + UPF_2 + \dots + UPF_N}{N}$$

Donde \overline{UPF} : UPF medio

UPF_i : UPF de los especímenes

N: número de especímenes

El UPF de la muestra se obtiene mediante la fórmula siguiente, en la que se introduce una corrección estadística. Al UPF medio se le resta el error de la medida, calculado a partir de la desviación estándar del UPF medio y para un intervalo de confianza del 99% dado por la t de Student. Al hacer esta corrección nos aseguramos de que el UPF de la muestra que estamos tomando como válido, tiene una probabilidad del 99% de ser el UPF real de la muestra.

$$UPF = \overline{UPF} - t_{\alpha/2, N-1} \cdot \frac{SD}{\sqrt{N}}$$

donde $t_{\alpha/2, N-1}$: t de Student con un intervalo de confianza $\alpha = 0,005$

SD: desviación estándar del UPF medio

Este valor obtenido es el definitivo si es mayor que cualquiera de las medidas individuales de los especímenes. Si el valor obtenido es menor, el UPF de la muestra será el menor valor del UPF de los especímenes. El índice UPF siempre será un valor múltiplo de 5. A partir de 50, el índice siempre se señala como 50+.

La norma australiana/neozelandesa establece, además, un sistema de clasificación de los tejidos en función de sus propiedades protectoras del sol. Cuando el objetivo es incluir el factor de protección en el etiquetado, la ropa protectora del sol debe ser categorizada de acuerdo con el índice UPF, que se muestra en la Tabla 3.

TABLA 3

Etiquetado y clasificación de los tejidos en función de su factor de protección a la radiación ultravioleta (Norma AS/NZ 4399: 1996)

Rango UPF de la muestra	Categoría de protección UVR	Transmisión UVR efectiva (%)	Índice UPF
15 a 24	Buena protección	6,7 a 4,2	15, 20
25 a 39	Muy buena protección	4,1 a 2,6	25, 30, 35
40 a 50, 50+	Protección excelente	$\leq 2,5$	40, 45, 50, 50+

2.3.4. Grado de blanco

El Grado de Blanco W y la desviación del matiz T se han determinado según la norma UNE-EN ISO 105-J02:2001 "Determinación instrumental del grado de blanco relativo"¹⁴⁾.

Se ha utilizado un colorímetro ElrephoMat (Zeiss) y las condiciones de medida fueron: geometría dif/0, iluminante D65 y observador 10°.

3. RESULTADOS

3.1. Espectros de absorbancia en el UV

La figura 3 muestra el espectro de absorción de una disolución de concentración 0,2 g/l de los blanqueadores ópticos en la región del ultravioleta (190-400 nm) del espectro electromagnético, así como sus longitudes de onda de máxima absorción en las regiones UVA y UVB.

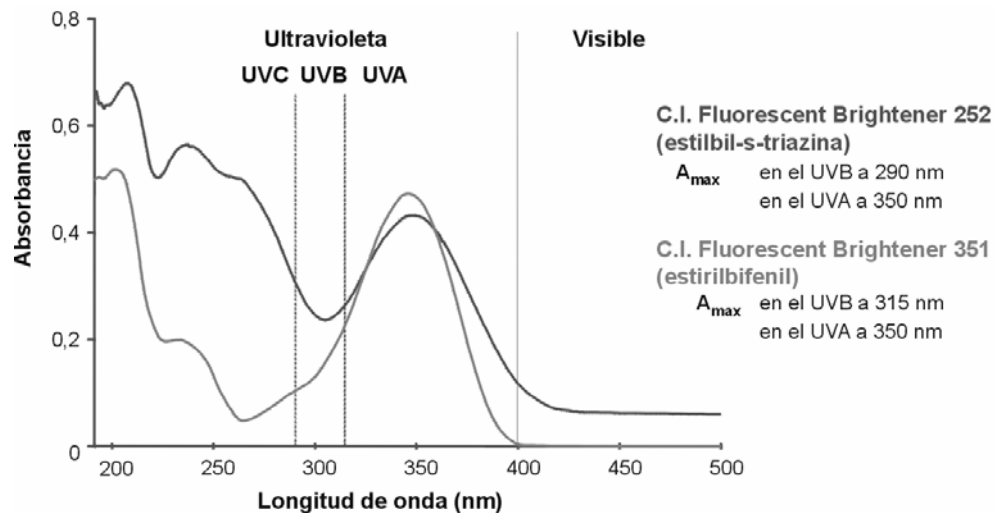


FIGURA 3: Espectros de absorción en el UV de disoluciones de los productos

La figura muestra que, en la zona UVB, el C.I. Fluorescent Brightener 252 (estilbil-s-triazina) presenta mayor absorbancia que el C.I. Fluorescent Brightener 351 (estirilbifenil). La mayor absorbancia en esta zona tiene una gran importancia en relación al factor de protección, por lo que se puede prever que el producto basado en la estilbil-s-triazina proporcionará una mayor protección contra el paso de la radiación.

En la zona UVA, ambos productos presentan una curva similar con máximo de absorbancia en 350 nm. En esta longitud de onda, el producto basado en estirilbifenil tiene una mayor absorbancia, pero las curvas se cruzan con lo que

el basado en estilbil-s-triazina absorbe más radiación hacia los dos extremos de la zona UVA.

3.2. Espectros de transmisión en la región UV

La figura 4 muestra los espectros de transmisión difusa en el ultravioleta, obtenidos en la medida de los tejidos de algodón no tratados (tejidos con UPF inicial bajo, medio y alto), así como los espectros de dichos tejidos tratados con los dos blanqueadores ópticos a las diferentes concentraciones. En la tabla 4 se muestran los valores de las transmitancias medias en el UVA, en el UVB y en el total del espectro ultravioleta UVR.

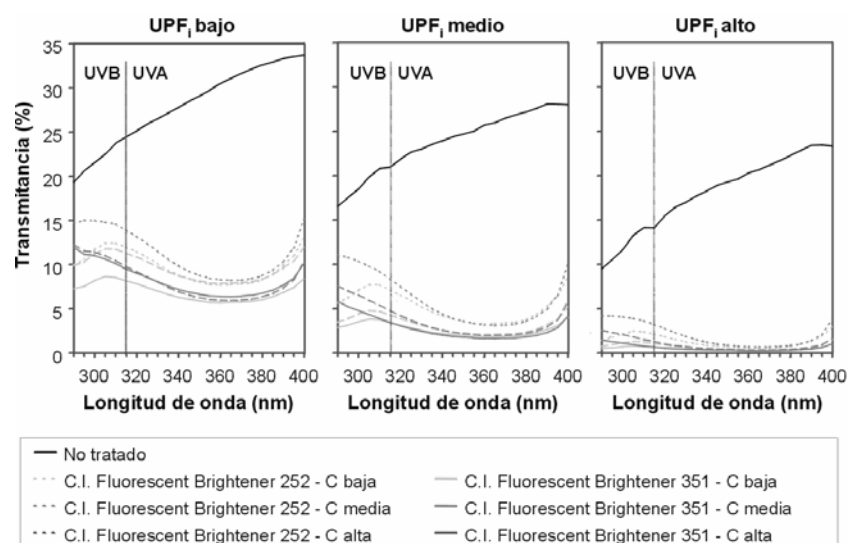


FIGURA 4: Espectros de transmisión en el ultravioleta de los tejidos de algodón no tratados y tratados con los blanqueadores ópticos C.I. Fluorescent Brightener 252 (estilbil-s-triazina) y C.I. Fluorescent Brightener 351 (estirilbifenil)

TABLA 4

Transmisiones medias de los tejidos de Algodón, no tratados y tratados con los blanqueadores ópticos (T_{UVA} : 315 - 400 nm; T_{UVB} : 290 - 315 nm; T_{UVR} : 290 - 400 nm)

Muestra No.	Características de las muestras			Transmitancia media (%)		
	UPFi	Optical Brightener	C (% s.p.f.)	T_{UVA}	T_{UVB}	T_{UVR}
1	UPFi bajo	No tratado	0,000	29,76	22,01	27,97
2		C.I. Fluorescent Brightener 252	0,300	9,56	11,70	10,01
3		C.I. Fluorescent Brightener 252	0,525	8,76	10,55	9,14
4		C.I. Fluorescent Brightener 252	0,750	6,45	7,89	6,76
5	UPFi medio	No tratado	0,000	25,22	19,03	23,79
6		C.I. Fluorescent Brightener 252	0,300	4,75	6,86	5,20
7		C.I. Fluorescent Brightener 252	0,525	2,94	4,29	3,23
8		C.I. Fluorescent Brightener 252	0,750	2,42	3,44	2,64
9	UPFi alto	No tratado	0,000	19,77	12,19	18,04
10		C.I. Fluorescent Brightener 252	0,300	1,14	2,00	1,32
11		C.I. Fluorescent Brightener 252	0,525	0,58	1,03	0,68
12		C.I. Fluorescent Brightener 252	0,750	0,40	0,64	0,46
13	UPFi bajo	No tratado	0,000	29,76	22,01	27,97
14		C.I. Fluorescent Brightener 351	0,200	10,31	14,54	11,26
15		C.I. Fluorescent Brightener 351	0,450	7,21	10,88	8,06
16		C.I. Fluorescent Brightener 351	0,700	7,56	10,72	8,30
17	UPFi medio	No tratado	0,000	25,22	19,03	23,79
18		C.I. Fluorescent Brightener 351	0,200	5,03	9,87	6,15
19		C.I. Fluorescent Brightener 351	0,450	2,90	6,10	3,66
20		C.I. Fluorescent Brightener 351	0,700	2,27	4,61	2,83
21	UPFi alto	No tratado	0,000	19,77	12,19	18,04
22		C.I. Fluorescent Brightener 351	0,200	1,49	3,85	2,03
23		C.I. Fluorescent Brightener 351	0,450	0,60	1,82	0,90
24		C.I. Fluorescent Brightener 351	0,700	0,40	1,00	0,55

Los tejidos de algodón no tratados, de características estructurales predefinidas con el fin de proporcionar diferente grado de protección, presentan espectros de transmisión cuyos valores son relativamente elevados. Las curvas son crecientes desde el límite inferior del UVB hasta el límite superior del UVA. Lógicamente a medida que la estructura del tejido es más compacta los valores de transmitancia disminuyen.

La adición de cualquiera de los productos hace disminuir de manera sensible las curvas de transmitancia, variando además su forma. Esta variación es más importante en la zona UVA.

La diferencia más significativa entre el efecto ejercido por los dos productos utilizados se produce en la zona UVB. El producto basado en estilbil-s-triazina produce un bloqueo de la radiación mayor que el producido por el producto a base de estililbifenil.

Los efectos producidos por ambos productos al aplicarlos sobre algodón están en

consonancia con lo deducido de sus espectros de absorbancia en disolución.

La transmisión de radiación UV a través de los tejidos en general es menor cuando han sido tratados con el producto de base estilbil-s-triazina.

En ambos productos un aumento de la concentración, dentro de los límites estudiados, implica una disminución de la transmisión en toda la región UV.

3.3. Factor de Protección Ultravioleta (UPF)

Los resultados obtenidos en la medida del Factor de Protección a la Radiación ultravioleta de los tejidos tratados con los dos blanqueadores ópticos se exponen en la tabla V. En la figura 5 se ha representado el UPF de los tejidos en función de la concentración de producto.

TABLA 5

Factor de Protección Ultravioleta UPF (UPF < 15: no protector; 15 ≤ UPF < 25: buena protección; 25 ≤ UPF < 40: muy buena protección; UPF ≥ 40: excelente protección)

	C.I. Fluorescent Brightener 252 (estilbil-s-triazina)			C.I. Fluorescent Brightener 351 (estirilbifenil)		
	UPF _i bajo	UPF _i medio	UPF _i alto	UPF _i bajo	UPF _i medio	UPF _i alto
No tratado	4,06	4,78	6,92	4,06	4,78	6,92
C baja	7,83	13,90	46,67	6,77	10,82	27,23
C media	8,62	21,66	89,03	9,03	17,92	61,12
C alta	11,29	27,33	147,01	9,37	24,17	112,58

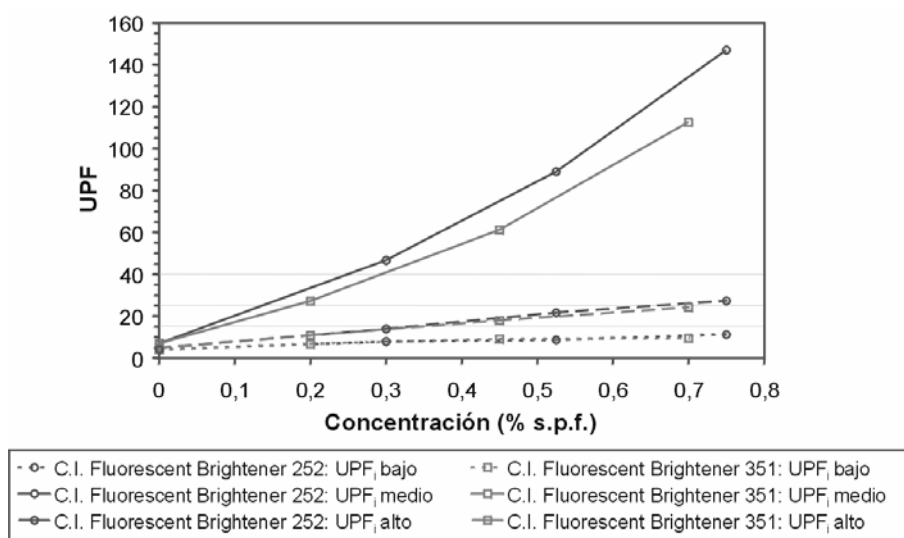


FIGURA 5: UPF en función de la concentración de los blanqueadores ópticos

La aplicación de los dos productos produce una mejora del UPF de los tejidos de algodón estudiados.

En los tejidos con UPF inicial bajo, el aumento de la protección no es suficiente en ningún caso para considerar al tejido como protector.

En los tejidos con UPF inicial medio sólo se consigue una protección buena cuando ambos productos se aplican a la concentración media. El tratamiento con el C.I. Fluorescent Brightener 252 a la concentración alta proporciona tejidos con muy buena protección.

En los tejidos con UPF inicial alto se alcanza un nivel excelente de protección en el tratamiento con el C.I. Fluorescent Brightener 252 a cualquiera de las concentraciones estudiadas. La aplicación del C.I. Fluorescent Brightener 351 a la concentración media o alta también proporciona excelente protección, mientras que

sólo se consigue una muy buena protección cuando se utiliza la concentración baja.

Los resultados muestran que no hay grandes diferencias en la mejora de la protección contra la radiación ultravioleta conseguida en el tratamiento con uno u otro blanqueador de los tejidos menos compactos (con UPF inicial más bajo). Pero a medida que aumenta la compacidad de los tejidos la aplicación del blanqueador óptico C.I. Fluorescent Brightener 252 (estilbil-s-triazina) va proporcionando una mejora de la protección mayor que el C.I. Fluorescent Brightener 351 (estirilbifenil).

3.4. Grado de blanco

Los resultados obtenidos en la medida del Grado de Blanco de los tejidos de Algodón tratados con blanqueadores ópticos se exponen en la tabla 6. La tabla 7 muestra las desviaciones de matiz.

TABLA 6

Grado de blanco ISO (W) de los tejidos de Algodón tratados

	C.I. Fluorescent Brightener 252 (estilbil-s-triazina)			C.I. Fluorescent Brightener 351 (estirilbifenil)		
	UPF _i bajo	UPF _i medio	UPF _i alto	UPF _i bajo	UPF _i medio	UPF _i alto
No tratado	77,47	79,36	78,87	77,47	79,36	78,87
C baja	131,47	142,68	137,32	128,52	137,63	131,41
C media	135,07	143,81	144,01	135,73	142,17	137,65
C alta	140,02	146,80	144,83	133,71	146,70	129,02

TABLA 7

Desviación del matiz (T) de los tejidos de Algodón tratados

	C.I. Fluorescent Brightener 252 (estilbil-s-triazina)			C.I. Fluorescent Brightener 351 (estirilbifenil)		
	UPF _i bajo	UPF _i medio	UPF _i alto	UPF _i bajo	UPF _i medio	UPF _i alto
No tratado	-1,25	-1,23	-1,30	-1,25	-1,23	-1,30
C baja	-0,51	-0,37	-0,54	-0,88	-0,65	-0,89
C media	-0,23	-0,29	-0,30	-0,26	-0,28	-0,72
C alta	0,00	0,12	-0,05	-0,07	0,40	-0,88

Las tablas muestran que la aplicación de los productos blanqueadores consigue mejorar el Grado de Blanco ISO de los tejidos, como era de esperar. Cuando el producto utilizado es el derivado de estilbil-s-triazina, un aumento en la concentración del producto provoca siempre un incremento en el valor del Grado de Blanco del tejido. En cambio, para el derivado de estirilbifenil se observa un máximo de eficiencia a partir del cual un aumento en la concentración no mejora el Grado de Blanco del tejido sino que lo empeora. De todas formas, el aumento de la blancura obtenido con cualquiera de los tratamientos es considerable, obteniéndose muy altos valores de grado de blanco. Las muestras no tratadas presentan, además de menores grados de blanco, una desviación del matiz hacia tonalidad rojiza (valores de T negativos). Dicha desviación se mejora con la aplicación de los blanqueadores ópticos obteniéndose valores de T más próximos a 0 ($-3 < T < +3$).

En resumen, el tratamiento con blanqueadores ópticos, además de incrementar la sensación de blancura, también aporta un incremento de la protección que los tejidos proporcionan contra la radiación ultravioleta. La protección será mayor a medida que aumenta la

concentración de los blanqueadores ópticos. Sin embargo, cuando se utilice el derivado de estirilbifenil se deberá tener en cuenta que un aumento de la concentración mejora el UPF, pero a partir de un determinado valor se puede causar un empeoramiento del grado de blanco.

4. CONCLUSIONES

4.1. Con la aplicación de blanqueadores ópticos no sólo se mejora el grado de blanco de los tejidos de algodón, sino que su capacidad de absorber la radiación UV es un medio eficaz para mejorar el factor de protección ultravioleta proporcionado por los tejidos.

4.2. La transmisión difusa de radiación UV a través de los tejidos de algodón disminuye al aplicar cualquiera de los dos productos estudiados. La forma de los espectros de transmisión viene determinada por la combinación de los espectros del tejido y del producto.

4.3. Para los dos productos estudiados la transmisión difusa de la radiación UV disminuye al aumentar la concentración de producto dentro de los límites estudiados.

4.4. La aplicación de los dos productos produce una mejora del UPF de los tejidos de

algodón y permite la obtención de tejidos ligeros para su uso en prendas de verano que pueden proporcionar niveles de protección buena, muy buena o excelente.

4.5. Pero el nivel de protección depende de todos los factores estudiados: del UPF inicial de los tejidos (dependiente de la estructura del tejido) y del tipo y concentración del producto aplicado. Es necesaria una correcta combinación de todas las variables para alcanzar una categoría de protección determinada.

- La aplicación del blanqueador óptico C.I. Fluorescent Brightener 252 (estilbil-s-triazina) proporcionará una mejora de la protección mayor que el C.I. Fluorescent Brightener 252 (estirilbifenil).
- El UPF de los tejidos aumenta con la concentración de cualquiera de los productos.
- La capacidad de ambos productos para incrementar el nivel de protección contra la radiación ultravioleta de forma apreciable en la práctica depende muy estrechamente de la estructura del tejido. Es necesaria una mínima compacidad del tejido para que el tratamiento con blanqueadores ópticos sea eficaz.

4.6. El Grado de Blanco alcanzado en todos los tratamientos es muy elevado y la aplicación del blanqueador óptico C.I. Fluorescent Brightener 252 (estilbil-s-triazina) proporciona mejores resultados que el C.I. Fluorescent Brightener 351 (estirilbifenil).

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT) la financiación de los proyectos MAT 1999-0996 y MAT 2003-04853, dentro de los que se ha llevado a cabo este estudio. Asimismo agradecen al Ministerio de Educación, Cultura y Deporte la concesión de una beca para la realización de la tesis doctoral dentro de su programa de Formación de Profesorado Universitario.

También desean expresar su especial agradecimiento a Hilaturas Llaudet S.A. por el suministro de las fibras y fabricación de los hilados utilizados en el estudio y a Ciba Especialidades Químicas por el suministro de los productos químicos, así como a la señora P. Ferrer por su colaboración en la preparación de los tejidos.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Pailthorpe, M. Sun Protective Clothing. *Textile Horizons*, 16(5): 11-14 (1996).

2. Algaba, I.; Riva, A.; Crews P.C., Influence of fiber type and fabric porosity on the Ultraviolet Protection Factor provided by summer fabrics, *AATCC Review*, 4(2): 26-31 (2004).
3. Crews, P.; Kachman, S.; Beyer, A. Influences on UVR transmission of undyed woven fabrics. *Textile Chemist and Colorist*, 31(6): 17-26 (1999).
4. Hilfiker, R.; Kaufmann, W.; Reinert, G.; Schmidt, E. Improving Sun Protection Factors of Fabrics by Applying UV-Absorbers. *Textile Research Journal*, 66(2): 61-70 (1996).
5. Haerri, H.P.; Haenzi, D.; Donzé, J.J. The application of ultraviolet absorbers for sun protective fabrics. Conferencia presentada en el 39th International Man-Made Fibres Congress, Dornbirn (Austria) 13-15 septiembre (2000).
6. Reinert, G.; Fuso, F.; Hilfiker, R.; Schmidt E. (1997). UV-protecting properties of textile fabrics and their improvement. *Textile Chemist and Colorist*, 29(12): 36-43
7. Srinivasan, M.; Gatewood, B. (2000). Relationship of dye characteristics to UV protection provided by cotton fabrics. *Textile Chemist and Colorist & American Dyestuff Reporter*, 32(4): 36-43
8. Zhou, Y.; Crews, P.C. Effect of OBAs and Repeated Launderings on UVR Transmission through Fabrics. *Textile Chemist and Colorist*, 30(11): 19-24 (1998).
9. Riva A, Algaba I. (). Ultraviolet protection provided by woven fabrics made with cellulose fibres: study of the influence of fibre type and structural characteristics of the fabric, *Journal of the Textile Institute*, aceptado para publicación
10. Cegarra, J. *Fundamentos y tecnología del blanqueo de materias textiles*, Terrassa: Universitat Politècnica de Catalunya (1997).
11. Fluorescent Whitening Agents for Textiles: Ciba UVITEX BHT liq. Basel: Ciba Specialty Chemicals Inc, 10 p. (2000).
12. Fluorescent Whitening Agents for Textiles: Ciba UVITEX NFW liq. Basel: Ciba Specialty Chemicals Inc, 11 p. (2000).
13. AS/NZS 4399:1996. Sun protective clothing – Evaluation and classification (1996)
14. UNE-EN ISO 105-J02:2001. Determinación instrumental del grado de blanco relativo (2001).