

Contribución al estudio de la vida útil de las sábanas de algodón

J. Gacén (1), J. Valldeperas (2), J. M. Pons (3)
M. Caro (4) y J. Navarro (5)

Instituto de Investigación Textil
Universidad Politécnica de Barcelona
Terrassa

RESUMEN

Se ha estudiado la influencia del grado de polimerización (DP) del sustrato en el comportamiento de las sábanas de algodón a los lavados repetidos, realizados a diferentes temperaturas en presencia o ausencia del perborato sódico. De los resultados obtenidos se deduce que el estado inicial de la sábana influye escasamente en la duración de su vida útil. Ello se debe a que el DP disminuye a una velocidad tanto mayor cuanto menos atacado está el artículo original, de modo que, excepto en los lavados más benignos, antes o a partir de los 100 lavados los tres sustratos estudiados presentan un DP similar, desapareciendo las diferencias tanto más pronto cuanto más enérgicas son las condiciones de lavado. También se ha observado que una combinación inadecuada de la concentración de perborato y la temperatura de lavado puede conducir a artículos que quedan inservibles a los 20 lavados. Otros aspectos estudiados son la evolución de la resistencia a la tracción y de la blancura en función del número de lavados.

RESUME

On a étudié l'influence du degré de polymérisation (DP) du substrat sur le comportement des draps de lit en coton aux lavages répétés, réalisés à différentes températures en présence ou en absence de perborate de sodium.

-
- (1) Dr. Ing. Joaquín Gacén Guillén. Sub-Director del Instituto. Catedrático de «Polímeros Textiles» de la ETSII de Terrassa.
 - (2) Dr. Ing. José Valldeperas Morell. Jefe de los Laboratorios de Tecnología Textil Química del Instituto. Profesor Adjunto de «Tintorería» de la ETSII de Terrassa.
 - (3) Dr. Ing. José M.º Pons Casacuberta. Jefe del Laboratorio de Fibras e Hilos del Instituto. Profesor Adjunto de «Física Textil» de la ETSII de Terrassa.
 - (4) Ing. T. Montserrat Caro Silanes. Laboratorio de Polímeros Textiles del Instituto.
 - (5) Ing. T. J.-Antonio Navarro Viciana. Laboratorio de Tecnología Textil Química del Instituto.

Des resultats obtenus on déduit que l'état initial du drap influe très peu sur la durée de vie utile. Cela est dû au fait que le DP diminue à une vitesse d'autant plus grande que moins attaqué soit l'article original, de manière que, sauf dans les lavages plus bénins, avant ou à partir des 100 lavages les trois substrats étudiés présentent un DP similaire, les différences disparaissant d'autant plus vite que les conditions de lavage soient plus énergiques. On a observé aussi qu'une combinaison inadéquate de la concentration en perborate et la température de lavage peut mener à des articles restant aux 20 lavages en un état dans lequel ils ne peuvent plus servir. D'autres aspects étudiés sont l'évolution de la résistance à la traction et de la blancheur en fonction du nombre de lavages.

SUMMARY

The influence of the polimerization degree (PD) of the substrate on the behaviour of cotton sheets to repeated washings, carried out at different temperatures with or without sodium perborate, has been studied. The initial condition of the sheet hardly influences the length of its useful life. This is due to the fact that the PD decreases at a faster rate when less is attacked the original material, so that -except in the mildest washings- the three substrates examined show a similar PD from 100 washing or even before; the existing differences disappear sooner when the washing conditions are stronger. It has also been observed that an inadequate combination of the perborate concentration and the washing temperature may cause materials becoming useless after 20 washings. Other aspects studied in this paper are the evolution of the tensile strength and whiteness versus the number of washings.

1. INTRODUCCION

El deterioro de los tejidos de algodón ocasionado por los lavados repetidos constituye un problema en el que están implicados sectores industriales muy diversos, tales como industriales tejedores, industrias químico-textiles, productoras de detergentes, constructoras de maquinaria para lavanderías, industria de la hostelería, lavanderías públicas y entidades públicas y asistenciales.

Como factores determinantes de la vida útil de los artículos de algodón, en nuestro caso las sábanas, deben citarse el estado inicial del artículo, las condiciones de uso y las condiciones en que se efectúan los lavados repetidos. La importancia comercial de la degradación química de las fibras celulósicas ocasionada por los lavados repetidos justifica el gran interés de que ha sido objeto (1-9) en el sentido de conocer: a) el comportamiento al lavado de los artículos de algodón y sus mezclas con otras fibras; b) la influencia de las condiciones de utilización en la vida útil de los artículos algodoneros; c) la diferenciación y cuantificación del ataque químico ocasionado por el lavado y del ataque mecánico que se presenta durante el lavado y durante su uso; d) la influencia de las condiciones en que se efectúan los lavados; e) los parámetros más adecuados para medir la evolución del estado del artículo y los criterios para determinar el final de su vida útil.

Sin embargo, en el momento de programar el presente trabajo, la bibliografía no contemplaba explícitamente la influencia del estado inicial en la vida útil de los artículos domésticos, de modo que en muchos trabajos se

partía de un sustrato no blanqueado y en otros de un sustrato blanquetdo a un solo nivel. Este aspecto es importante, ya que casi todos los sustratos algodoneros de uso doméstico se confeccionan con artículos blanqueados y la intensidad del blanqueo influye en el grado de polimerización y en una pérdida más o menos importante de sus propiedades resistentes. Como quiera que cuando se llega a un grado de polimerización del orden de 600 se suele admitir, según Parisot, que el artículo puede ser considerado como inservible, parece interesante conocer el número de lavados necesarios para llgar a este valor en función del grado de polimerización inicial.

Por otra parte, para un mismo blanco inicial del artículo puede suceder que la degradación experimentada dependa del agente de blanqueo (hipoclorito, clorito, peróxido de hidrógeno) por lo que el tipo de producto empleado podría constituir una de las variables a considerar al estudiar la influencia del estado inicial del sustrato algodonerero.

También conviene considerar la importancia creciente que se da a la posibilidad de lavar a temperaturas inferiores a las convencionales incorporando persales a la fórmula de lavado, con la consiguiente oxidación adicional de la celulosa. La literatura hace referencia a la evolución del grado de polimerización en función del número de lavados realizados en presencia de productos de este tipo. Sin embargo, la tendencia a aumentar su concentración en las formulaciones de lavado parece apoyar la conveniencia de estudiar la interacción concentración de persal-temperatura, ya que una combinación inadecuada de los valores de estas variables puede acortar en buena medida la vida útil de un artículo.

De acuerdo con lo anteriormente señalado, se ha iniciado una línea de trabajo, de la que el primer estudio consiste en el conocimiento de la evolución de los parámetros ópticos, químicos y mecánicos de sábanas de algodón de diferentes grados de polimerización inicial en función del número de lavados repetidos realizados en presencia o ausencia de perborato sódico y a diferentes temperaturas.

2. EXPERIMENTAL

Materia

Tejido de algodón tipo americano (sustrato C) destinado a la confección de sábanas de alta calidad y cuyas características se indican:

	Urdimbre	Trama
Grado de polimerización	2.240	2.230
Título (dtex)	14,7	15,2
Torsión (v/m)	914	940
Densidad	38,4 h/cm	33,6 p/cm
Peso/m ² (g)	122,2	

Tratamientos de blanqueo

Para preparar sustratos con diferentes grados de polimerización, el artículo anteriormente descrito fue blanqueado con peróxido de hidrógeno en un jigger de laboratorio en condiciones tales que resultaron grados de polimerización de 1900 y 1440 (sustratos B1 y B2, respectivamente).

Ensayos de lavado

A partir de los tres sustratos reseñados, se prepararon probetas de 30x8 cm. en sentido de la urdimbre, para someterlas después a los lavados repetidos.

Los lavados se realizaron de acuerdo con las especificaciones y metodología descritas en el Documento ISO/DIS 105/CO6 (10) que se refiere al ensayo de solidez de las tinturas al lavado doméstico y comercial, métodos C y E a 60 y 95° C, respectivamente, cambiando esta última temperatura por la de 90° C.

Se utilizó un detergente comercial y los lavados se realizaron, con y sin adición de perborato sódico, en el aparato Launder-Ometer (Atlas) empleando recipientes de 1 l.

Los lavados se realizaron sobre los tres sustratos indicados, que difieren en su grado de polimerización a los niveles de temperatura y concentración de perborato que se reseñan en la Tabla I.

TABLA I

Niveles de las variables en los ensayos de lavado

Ensayo de lavado	Temperatura (° C)	Perborato sódico (g/l)
C 1	60	—
C 2	60	1
E 1	90	—
E 2	90	1

Las demás condiciones permanecieron constantes al nivel que se indica:

Peso de muestra	18 g
Volumen de baño	600 ml
Detergente	4 g/l
pH (carbonato sódico)	10,5
Tiempo	30 min
Bolas de acero inoxidable 6 mm de diámetro (acción mecánica)	25

Después de proceder a 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 125, 150 y 200 lavados de los tres sustratos en las condiciones señaladas, se retiraron las muestra correspondientes para evaluar la acción del lavado.

Evaluación del efecto de los lavados repetidos

Grado de polimerización

El grado de polimerización se determinó de acuerdo con la Norma Francesa T-12-05 (11), utilizando cuprietilendiamina 1N como disolvente.

Resistencia mecánica

Los ensayos de determinación de la resistencia mecánica de los hilos se han efectuado en el dinamómetro INSTROM sobre hilos de 20 cm. de longitud

de probeta, velocidad del carro igual a 5 cm/min, célula de carga de 0-500 g. y 10 ensayos por cada muestra.

Grado de blanco

El grado de blanco se ha determinado por espectrofotometría de reflexión en un aparato ZEISS ELREPHOMAT con miniordenador (HP 9815) incorporado. Se han medido las reflectancias R_x , R_y y R_z con el Iluminante Patrón D65 y el Observador Suplementario 10°. El grado de blanco se ha calculado según la fórmula de Berger (12), la cual se ha comprobado que conduce a resultados análogos a los de Stensby y Ganz.

$$\text{Grado de blanco (Berger)} = R_y + 3 R_z - R_x$$

3. RESULTADOS Y DISCUSION

Grado de polimerización

En las figuras 1, 2, 3 y 4 se ha representado la evolución del grado de polimerización de los tres sustratos en función del número de lavados realizados en las condiciones indicadas. Las gráficas se han agrupado de este modo porque así se facilita el estudio comparativo del comportamiento de los tres sustratos a los lavados repetidos.

Por otra parte, al agrupar las gráficas correspondientes a cada sustrato, se observa en todos los casos que, para un mismo número de lavados, un aumento de la temperatura de lavado conduce a un ataque químico más intenso según se deduce de los menores grados de polimerización. La misma observación es válida cuando, manteniendo constante la temperatura y demás condiciones, se adiciona perborato sódico a la fórmula de lavado. También se puede indicar que, entre 100 y 200 lavados, el lavado a 90° C sin perborato

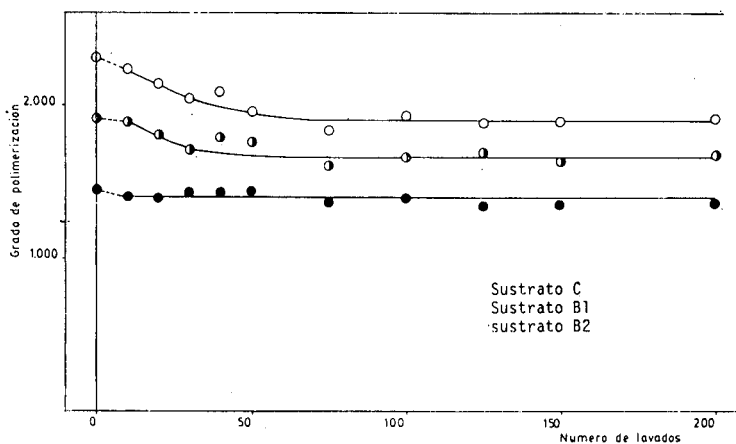


Fig. 1. Evolución del grado de polimerización en función del número de lavados a 60° C sin perborato.

y el lavado a 60° C con perborato conducen a grados de polimerización similares. Esta afirmación no puede extenderse al comportamiento a lo largo de los primeros 100 lavados como consecuencia quizá de una anómala evolución del grado de polimerización.

Tras estas consideraciones previas, debe insistirse en el comportamiento diferencial de los sustratos estudiados cuando se los lava en las mismas condiciones.

En cuanto al lavado a 60° C en ausencia de perborato sódico, la observación de las gráficas de la Figura 1 permite indicar que:

- El grado de polimerización de los sustratos C y B1 disminuye hasta un número de lavados del orden de 50, de modo que la variación más brusca corresponde al sustrato de mayor grado de polimerización inicial. A partir de los 50 lavados el DP se estabiliza en un valor del orden de 1.900 para el sustrato C y de 1.650 para el sustrato B1, lo que supone disminuciones de 400 y 250 unidades con respecto a los valores iniciales.
- El grado de polimerización del sustrato B2 apenas varía al aumentar el número de lavados, ya que en 200 lavados ha disminuido unas 80 unidades.
- Los tres sustratos se mantienen perfectamente diferenciados cualquiera que sea el número de lavados aplicados y la vida útil de los tres parece ser muy superior a 200 lavados.

Del comportamiento a los lavados a 60° C en presencia de perborato, Figura 2, puede deducirse que:

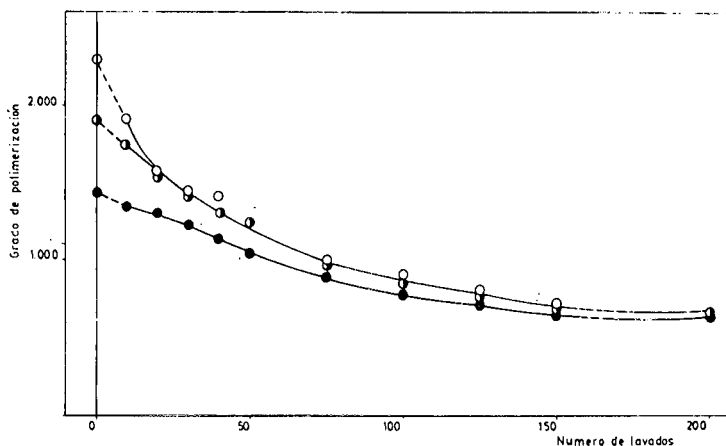


Fig. 2. Evolución del grado de polimerización en función del número de lavados a 60° C con perborato.

- La pendiente de la curva que relaciona el DP de cualquiera de los sustratos con el número de lavados, disminuye a medida que aumenta el número de lavados, de modo que al pasar de 125 a 200 sólo disminuye unas 100 unidades.
- A partir de los primeros 20 lavados, el DP de los sustratos C y B1 evoluciona del mismo modo y al mismo nivel en función del número de lavados. Efectivamente, cualquiera que sea el número de lavados, la dife-

rencia entre el DP de estos sustratos se mantiene casi constante en torno a 50 unidades, por lo que se sitúa dentro del error experimental.

- c) Después de aplicar 200 lavados, los tres sustratos presentan un grado de polimerización muy similar y próximo a 650. Este valor está muy cercano al DP de inversión, lo que significa que la rotura del artículo puede suceder en cualquier momento de su uso o entretenimiento.

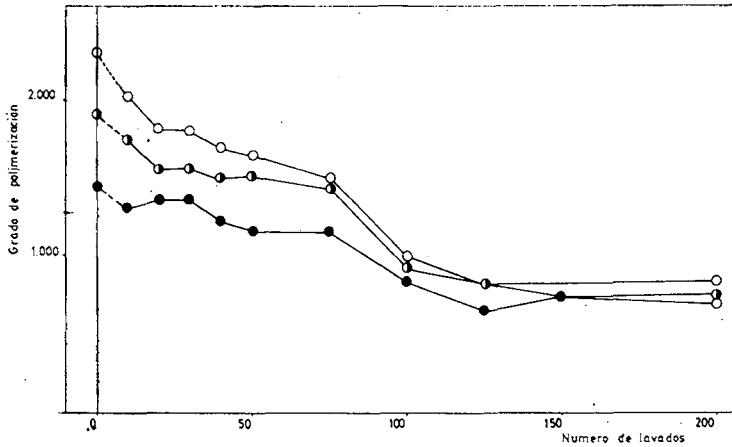


Fig. 3. Evolución del grado de polimerización en función del número de lavados a 90° C sin perborato.

En la Fig. 3 están contenidas las gráficas correspondientes a los lavados a 90° C en ausencia de perborato sódico, habiéndose optado por unir mediante rectas los sucesivos puntos para no incurrir en un error de interpretación al considerar como normales algunos valores que podrían ser anómalos. En

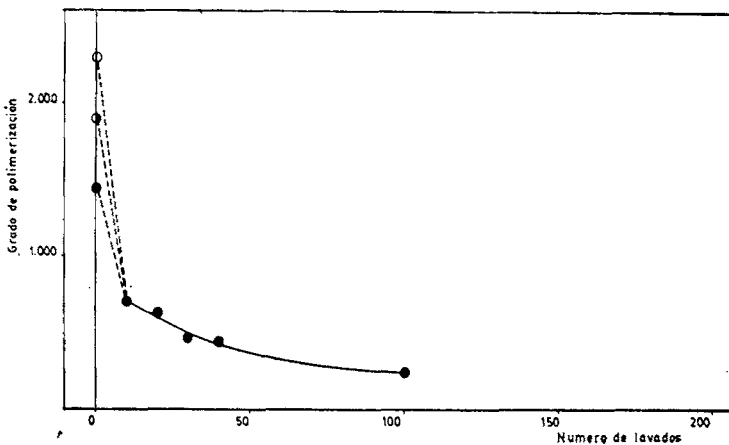


Fig. 4. Evolución del grado de polimerización en función del número de lavados a 90° C con perborato.

esta figura se observa que:

- a) El DP disminuye más o menos brusca y gradualmente al aumentar el número de lavados, pero permanece casi constante por encima de los 100 lavados.
- b) La disminución que se produce en los primeros 100 lavados es tanto más elevada cuanto mayor es el DP del sustrato inicial. Concretamente el DP disminuye 13, 10 y 6 unidades por lavado aplicado a los sustratos C, B1 y B2 respectivamente.
- c) Hasta los primeros 50 lavados, los tres sustratos presentan DP notablemente diferentes y desde los 100 lavados el DP de los tres se estabiliza alrededor de 750. Ello significa que los 200 lavados aplicados no representa el final de la vida útil de ninguno de los tres sustratos.

En cuanto a los lavados realizados a 90°C con perborato sódico incorporado a la fórmula de lavado (Figura 4) es interesante señalar que:

- a) En los primeros 10 lavados han desaparecido las diferencias de DP que presentaban los tres sustratos, ya que todos los valores se sitúan alrededor de 700. Ello supone en todos los casos una brusquísima disminución del DP, de manera que en el sustrato C ha pasado a 1/3 del original, en el sustrato B1 ha pasado a ser la mitad y en el sustrato B2 ha pasado a un valor igual a los 2/3 del que poseía el artículo original.
- b) Entre 20 y 100 lavados se presenta una disminución moderada del DP de los tres sustratos. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que, según los criterios de Parisot, después de 20 lavados los tres sustratos quedan prácticamente inertes, ya que su DP se sitúa por debajo de 600.

Prescindiendo de las limitaciones del presente estudio en cuanto a que no ha mediado un uso entre lavados, del conjunto de resultados referentes al grado de polimerización se puede deducir que:

- 1) Después de 200 lavados en las condiciones más suaves, los grados de polimerización de los tres sustratos se mantienen altos y muy diferenciados.
- 2) Los lavados en condiciones más energéticas tienden a igualar el grado de polimerización de los tres sustratos después de un número de lavados tanto menor cuanto más severas son las condiciones de lavado.
- 3) Después de aplicar 200 lavados a 60°C con o sin perborato, a 90°C sin perborato, el grado de polimerización de los tres sustratos se mantiene dentro de unos niveles que pueden considerarse adecuados.
- 4) Es imprescindible una cuidadosa selección de la temperatura de lavado cuando éste deba realizarse en presencia de perborato sódico.

Resistencia mecánica

Los valores de la resistencia de los hilos de urdimbre de los sustratos estudiados se han tabulado en lugar de representarlos gráficamente en función del número de lavados, ya que la agrupación de valores por sustratos es mucho menos definida que en el caso del grado de polimerización.

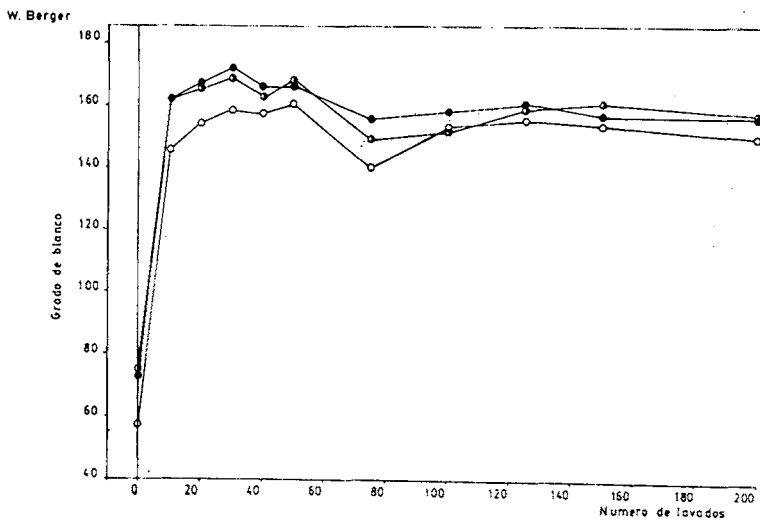


Fig. 5. Evolución del grado de blanco en función del número de lavados a 60° C sin perborato.

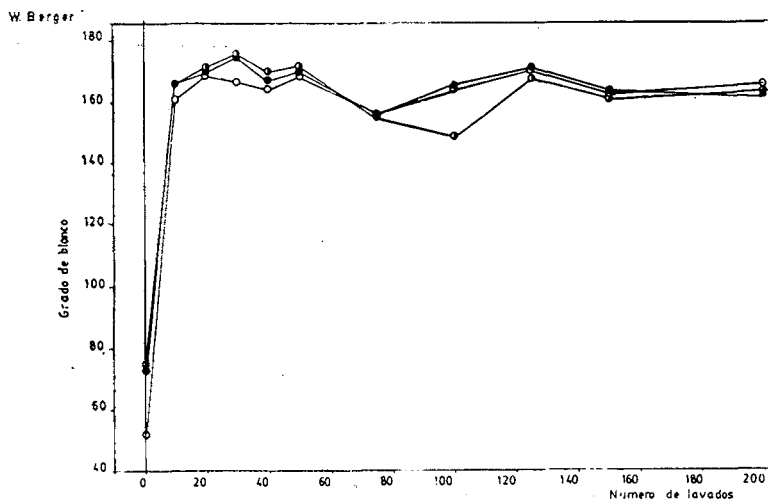


Fig. 6. Evolución del grado de blanco en función del número de lavados a 60° C con perborato.

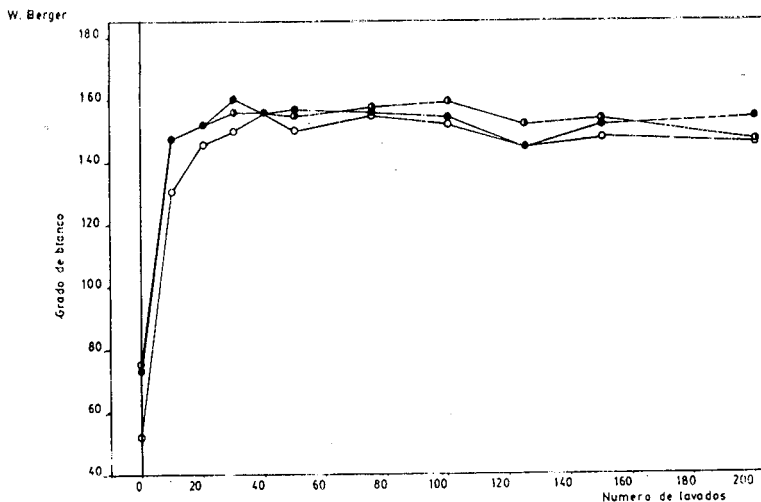


Fig. 7. Evolución del grado de blanco en función del número de lavados a 90° C sin perborato.

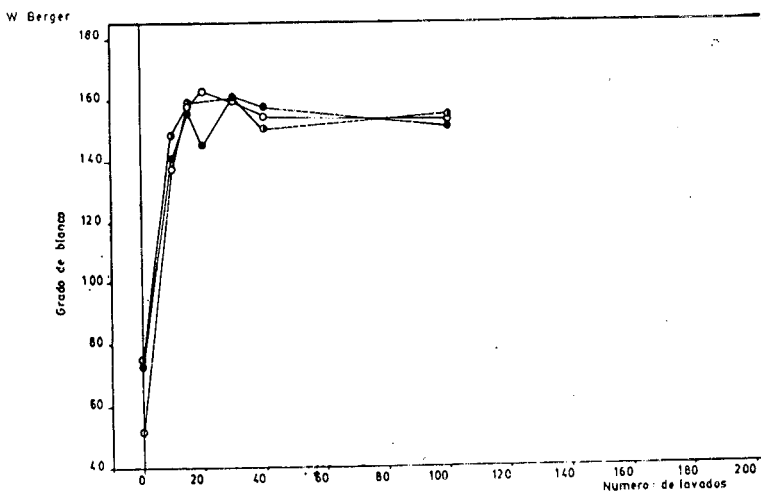


Fig. 8. Evolución del grado de blanco en función del número de lavados a 90° C con perborato.

TABLA II

Resistencia mecánica en función del número de lavados.
Temperatura de lavado: 60° C

N.º de lavados	C		B1		B2	
	sin perborato $\bar{R}(g)$	con perborato $\bar{R}(g)$	sin perborato $\bar{R}(g)$	con perborato $\bar{R}(g)$	sin perborato $\bar{R}(g)$	con perborato $\bar{R}(g)$
0	290	290	283	283	268	268
10	302	327	300	310	315	275
20	301	280	315	317	289	268
30	308	274	295	283	285	305
40	304	270	281	290	303	291
50	299	255	282	277	263	264
75	284	254	276	229	273	257
100	300	248	269	230	281	259
125	304	254	272	218	289	212
150	287	224	282	231	283	216
200	296	213	278	207	267	193

TABLA III

Resistencia mecánica en función del número de lavados
Temperatura de lavado: 90° C

N.º de lavados	C		B1		B2	
	sin perborato $\bar{R}(g)$	con perborato $\bar{R}(g)$	sin perborato $\bar{R}(g)$	con perborato $\bar{R}(g)$	sin perborato $\bar{R}(g)$	con perborato $\bar{R}(g)$
0	290	290	283	283	268	268
10	278	221	279	231	279	227
20	312	196	270	227	269	224
30	283	179	273	171	270	169
40	256	140	246	135	268	140
50	294	—	247	—	284	—
75	284	—	261	—	271	—
100	234	49	219	65	247	54
125	228	—	238	—	200	—
150	267	—	238	—	219	—
200	236	—	—	—	213	—

En la Tabla II se puede observar que en los lavados a 60°C sin perborato sódico, cualquiera que sea el número de lavados, los tres sustratos presentan una resistencia similar y que ésta no varía mucho al someter los diferentes sustratos a los lavados sucesivos. Del lavado a la misma temperatura en presencia de perborato sódico se deduce que la resistencia se mantiene casi constante hasta un número de lavados más alto cuanto más atacado está el sustrato inicial, de modo que en el sustrato C la variación se presenta a los 50 lavados, en el B1 a los 75 lavados y en el B2 a los 125 lavados.

De la observación de la Tabla III se deduce que, cualquiera que sea el número de lavados aplicados a 90° C sin perborato, los tres sustratos presentan una resistencia similar y que ésta permanece casi invariable en los primeros 75 lavados, para disminuir del orden del 25 % entre los 75 y los 200 lavados. Por otra parte, en el lavado a 90° C en presencia de perborato sódico se observa que los tres sustratos se comportan de un modo casi idéntico y que ya a los 10 lavados se presenta una pérdida de resistencia del orden del 20 % y del 50 % a los 40 lavados. Ello significa sin lugar a duda que en los lavados repetidos en presencia de perborato sódico deben evitarse las altas temperaturas.

Grado de blanco

En las Figuras 9, 10, 11 y 12 puede observarse la evolución del grado de blanco de los diferentes sustratos en función de las condiciones y del número de lavados repetidos.

En primer lugar hay que destacar que lógicamente se aprecia una diferencia significativa entre el grado de blanco inicial del tejido crudo y el de los dos tejidos blanqueados. El índice de Berger del sustrato C es igual a 52 y el de los sustratos B1 y B2 está comprendido entre 73 y 75, lo cual significa que el blanqueo en condiciones más energéticas ha conducido a una materia más degradada pero no más blanca. Esto debe ser objeto de reflexión en el sentido de que ha de evitarse aumentar la severidad de las condiciones de blanqueo sin que de ello se derive una mejora de la blancura del sustrato.

También se observa que, cualesquiera que sean el sustrato y las condiciones de lavado, el grado de blanco aumenta mucho después de los 10 lavados primeros, para estabilizarse después en torno a 155 ± 10 . La mejora se debe a la presencia de un blanqueador óptico en el detergente comercial y su importancia es tan acusada que casi enmascara la influencia de la temperatura de lavado y la presencia de perborato en la fórmula de lavado sobre el grado de blanco.

Por otra parte, parece deducirse también que el lavado a 60° C conduce a blancos superiores que el lavado a 90° C, que la presencia de perborato mejora en menos de 10 unidades el grado de blanco de los sustratos lavados a 60° C, y que la influencia de la persal es todavía inferior en el caso del lavado a 90° C.

A título de resumen se puede indicar que la presencia de un blanqueador óptico en la composición de lavado ocasiona, ya en los primeros lavados, una mejora del blanco que se mantiene en los lavados sucesivos. Por otra parte, la mejora es tan importante que casi desaparecen las diferencias entre la blancura del sustrato crudo y la de los sustratos blanqueados, y que las variaciones de blancura ocasionadas por la variación de la temperatura de lavado y por la adición de perborato sódico son relativamente escasas. Sin embargo, la escasa acción blanqueante del perborato sódico no significa que su

presencia en la fórmula de lavado sea innecesaria, ya que debe tenerse en cuenta su acción desinfectante y la posibilidad de que favorezca el proceso detergente.

4. CONCLUSIONES

- 1) Después de 200 lavados en las condiciones más benignas, los grados de polimerización de los tres sustratos estudiados se mantienen altos y muy diferenciados.
- 2) Los lavados en condiciones más enérgicas tienden a igualar el grado de polimerización de los tres sustratos después de un número de lavados tanto menor cuanto más severas son las condiciones de lavado.
- 3) Es imprescindible una cuidadosa selección de la temperatura de lavado cuando éste deba realizarse en presencia de perborato.
- 4) Después de aplicar 200 lavados sucesivos a 60° C en presencia de perborato sódico, los sustratos presentan un grado de polimerización del orden de 700 y una resistencia inferior en un 35 % aproximadamente a la de los sustratos originales.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento:

A la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica por la subvención recibida para la realización de este trabajo.

A la Sra. Begoña Manzarraga y a la Srta. M. C. Escamilla por su ayuda en la realización del trabajo experimental.

A Vda. de José Tolrá, S. A. por la aportación desinteresada del tejido utilizado en este estudio.

A Jabones Camp, S. A. por la aportación desinteresada del detergente empleado.

6. BIBLIOGRAFIA

- (1) Parisot, A.; Bull. I.T.F. n.º 75, junio 1958, p. 7.
- (2) Parisot, A.; Bull. I.T.F. n.º 89, julio-agosto 1960, p. 7.
- (3) Parisot, A. y Fresco, A.; Revue Textile TIBA.
- (4) I.T.F.-Maille; Bull. Scient. I.T.F., vol. 9, n.º 34, mayo 1980, p. 165.
- (5) Lord, J.; J. Textile Institute, 62, junio 1971, p. 304.
- (6) Lord, J.; J. Textile Institute and Industrie, junio 1975, p. 187.
- (7) Focher, B.; Textilia, agosto 1976, p. 11.
- (8) Bois du, W. F.; Melliand Textilberichte, julio 1972, p. 802.
- (9) Figari, A.; Industria Cotoniera, enero 1973, p. 29.
- (10) Documento IDO/DIS 105/CO6.
- (11) Grado de polimerización de la celulosa. Norma Francesa T12-005.
- (12) Cahiers Ciba-Geigy 1973/1, p. 14.