

APLICACIÓN DE ENZIMAS COMO AUXILIARES EN TINTURA DE LANA ¹⁾

A. Riva*, J.M. Alsina**, R. Prieto***

0.1. Resumen

Este trabajo es un estudio comparativo de la acción de tres enzimas cuando se añaden al baño de tintura como auxiliares. Se han determinado las absorciones de colorante, las diferencias de color entre lana teñida con y sin presencia de enzimas y las solideces del color. La acción de los tres enzimas incrementa la absorción de colorante y parece que a la vez mejora la difusión hacia el interior de la fibra. El uso de enzimas en la tintura de lana ofrece la posibilidad de teñir a temperaturas más bajas.

Palabras clave: Enzimas, tintura, auxiliares, lana.

0.2. Summary: ENZYMES AS AUXILIARY AGENTS IN WOOL DYEING

The action of three enzymes has been comparatively studied when used as auxiliary agents in dyebath. The absorption rate of the dye, the colour differences between wool dyed with and without enzymes and the colour fastness were determined. The action of enzymes consists of increasing dye absorption and also seems to produce a better diffusion of the dye into the fibre. The use of the enzymes in wool dyeing offers the possibility of dyeing under mild temperature conditions.

Key words: Enzymes, dyeing, auxiliaries, wool.

0.3. Résumé: APPLICATION D'ENZYMES COMME ADJUVANTS DANS LA TEINTURE DE LA LAINE

Il s'agit d'une étude comparée sur l'action de trois enzymes ajoutées au bain de teinture comme adjuvants. Nous avons déterminé les absorptions de colorant, les différences de couleur entre les laines teintées avec et sans enzymes et la bonne tenue de la couleur. L'action des trois enzymes

augmente l'absorption de colorant et semble également améliorer sa diffusion à l'intérieur de la fibre. L'emploi d'enzymes dans la teinture de la laine permet de teindre à des températures plus basses.

Mots clés : Enzymes, teinture, adjuvants, laine.

1. INTRODUCCIÓN

La posibilidad de aplicación de enzimas a la lana para obtener diversos efectos de acabado mediante un proceso que resulte menos agresivo para el medio ambiente que los tradicionales con productos químicos, ha sido objeto de numerosas investigaciones.

No obstante, debido a la complejidad de la fibra de lana, es difícil encontrar enzimas que actúen eficazmente modificando algunas propiedades finales de la lana y no dañen excesivamente su estructura.

Se han estudiado una gran cantidad de enzimas, particularmente proteasas, pero sólo muy pocas han dado resultado esperanzadores.

En anteriores trabajos, los autores han presentado el resultado de sus investigaciones abordando distintos aspectos en cuanto a la eficiencia de una proteinasa, el S.F.P.^{1,2,3,4,5)}. Algunos de ellos^{6, 7)} han contemplado la acción de este enzima cuando se utiliza conjuntamente con el colorante en un proceso tintóreo, mostrando su eficacia en la mejora de la absorción de colorante por la fibra de lana.

En el presente trabajo se estudia el comportamiento de tres enzimas al ser utilizados como auxiliares en la tintura de la lana con un colorante ácido batanable.

Se aplican en distintos procesos tintóreos determinando su acción sobre las cinéticas de absorción del colorante, las diferencias de color entre lanas teñidas y sin la presencia de enzimas, y las solideces de las tinturas.

2. EXPERIMENTAL

2.1. Materia, Enzimas, Colorante

- Materia textil: Tejido de lana blanqueado de 191 g/m², 28 hilos/cm, 23 pasadas/cm, ligamento sarga batavia 2 e1 b2,2.

El tejido se ha sometido a un tratamiento de relajación según IWS Test Method nº 31 y se ha ambientado a pH hasta llegar a un valor constante de 6.

¹⁾ Publicado en J.S.D.C., nº 115, pág. 125-129, abril 1999.

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

** J.M. Alsina, Ingeniero Industrial.

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

- Enzimas: Se han elegido tres enzimas de acción proteolítica de las siguientes características:
Streptomyces Fradiae Proteasa (S.F.P.), enzima ya utilizada por los autores en trabajos anteriores¹⁻⁵; es una proteasa con actividad sobre proteínas tan variables como la Hemoglobina y la Queratina, cubriendo un amplio margen de proteínas intermedias. *Bactosol WO líquido*⁸) producto comercial a base de enzimas de hidrolasa que actúan preferentemente sobre fibras proteicas. Se utiliza para el lavado, desgrasado, blanqueo, suavizado, efecto de gastado y eliminación de manchas proteínicas. *Alcalase 2.0 T*⁹) es una proteasa del tipo serina que actúa hidrolizando proteínas.
- Colorante: C. I. Acid Blue 80. Es un colorante ácido batanable y su elección se debe a que es muy sensible a la variación de la capacidad de absorción por los colorantes que pueden presentar las fibras de lana.

2.2. Fórmula y procesos de tintura

- Fórmula de tintura:
 Concentración de colorante: 1% s.p.f.
 Concentración de enzima: 0 y 1 g/l
 Relación de baño: 1/50
 pH: se estudiarán dos pHs para cada enzima.

Los valores del pH para cada enzima son los indicados a continuación y se han seleccionado en función de la actividad del enzima.

BACTOSOL WO	pH = 6	
S.F.P.	pH = 5,5	pH = 6
ALCALASE 2.0T	pH = 5,5	pH = 6

El pH recomendado para Bactosol WO es mayor de 7. Por esta razón no se ha escogido el pH=5,5 para este enzima.

- Procesos de tintura: Para cada una de las enzimas estudiadas se han efectuado los tres procesos indicados a continuación:

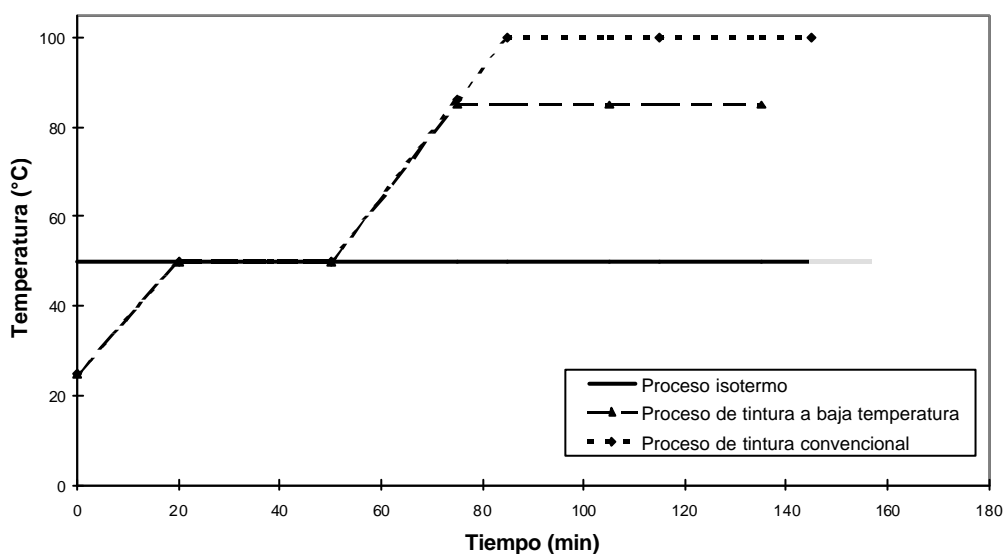


Figura 1: Procesos de tintura

Proceso isoterma a 50°C: siendo esta temperatura la de máxima actividad de los tres enzimas se sigue un proceso isoterma a dicha temperatura para comparar la acción de los tres enzimas.

Proceso de tintura a baja temperatura: temperatura máxima 85°C.

Proceso de tintura convencional: subida de temperatura desde 25°C a 100°C.

Después de la tintura todas las muestras fueron lavadas para eliminar el colorante no fijado.

2.3. Parámetros determinados

Absorción total de colorante y cinéticas de tintura: Se ha determinado finalizando las tinturas en distintos puntos del proceso de subida de temperatura, tal como se indica en el esquema anterior; en el proceso isoterma a 50°C se sacaron muestras a las 2, 4, 6 y 8 horas.

Diferencias de color: Para cada uno de los tiempos indicados, se han medido las diferencias de color CIELab entre las muestras teñidas con y sin enzima.

A partir de los resultados de estos parámetros se establecen las condiciones en las que el enzima ejerce una acción más favorable para el proceso tintóreo.

Solideces de las tinturas: Sobre las muestras teñidas en dichas condiciones se determinan las solideces consideradas más importantes para este tipo de tinturas: Solidez de las tinturas al lavado doméstico y comercial (según Norma ISO 105-C06), Solidez de las tinturas al sudor (ISO 105-E04), Solidez de las tinturas a la limpieza en seco (ISO 105-D01), Solidez de las tinturas al frote (ISO 105-X12), Solidez de las tinturas a la luz artificial (ISO 105-B02).

2.4. Instrumental

Las tinturas se realizaron en aparato Linitest (Original Hanau).

Las absorbancias de los baños tintóreos para determinar los agotamientos se midieron en un Espectrofotómetro Shimadzu UV-265.

Las diferencias de color se determinaron en un colorímetro Elrephomat (Zeiss).

Las solideces se realizaron en los siguientes aparatos:

Solidez de las tinturas al lavado doméstico y comercial y solidez de las tinturas a la limpieza en seco: Linitest

Solidez de las tinturas al sudor: Perspirometer y estufa Selecta

Solidez de las tinturas al frote: Crockmeter

Solidez de las tinturas a la luz artificial: Xenotest 450

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Cinéticas de tintura y diferencias de color

Isotermas a 50°C y pH 6

Los resultados de absorción de colorante se exponen en la Fig. 2.

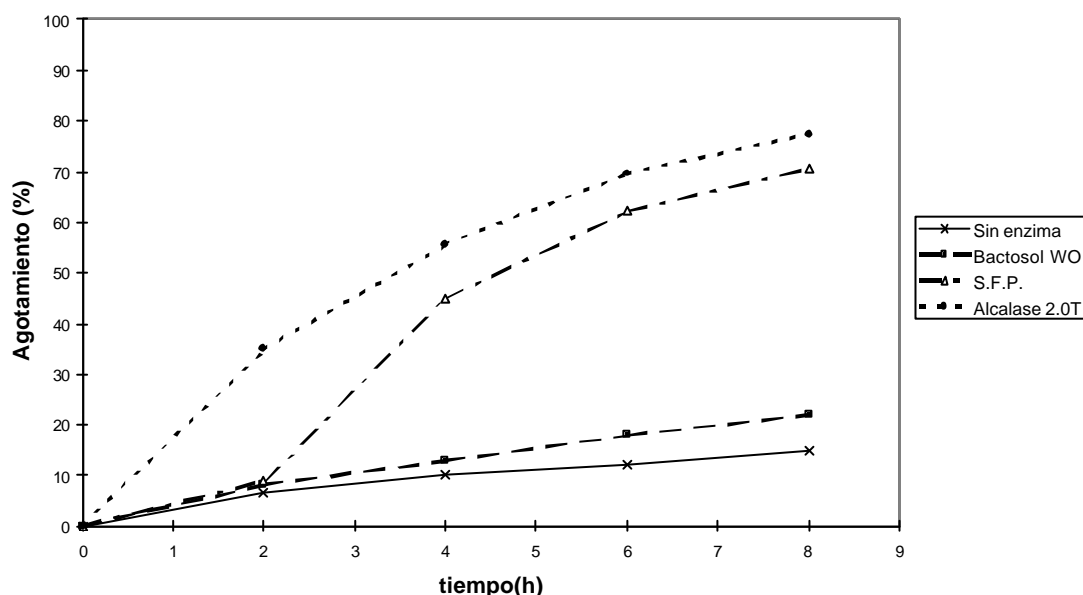


Figura 2: Proceso Isotermo. T= 50 °C, pH=6.

Los tres enzimas estudiados mejoran el agotamiento. El Bactosol WO lo hace ligeramente mientras que el S.F.P. y el Alcalase 2.0T obtiene unas absorciones notablemente superiores y bastante similares entre sí.

Respecto a las diferencias de color, los resultados obtenidos se muestran en la Fig. 3.

Como es lógico a la vista de los resultados para el agotamiento, las diferencias de color respecto al tejido teñido sin presencia de enzima en el caso de Bactosol WO son notablemente

inferiores a las obtenidas con los otros dos enzimas. Para este parámetro los resultados obtenidos con S.F.P. y Alcalase 2.0T también son muy similares.

Es interesante destacar que en la tintura a 50°C las diferencias de color aumentan ligeramente con el tiempo de tintura.

Tintura a baja temperatura (85 °C) y pH 6

Los resultados de absorción de colorante se exponen en la Fig. 4.

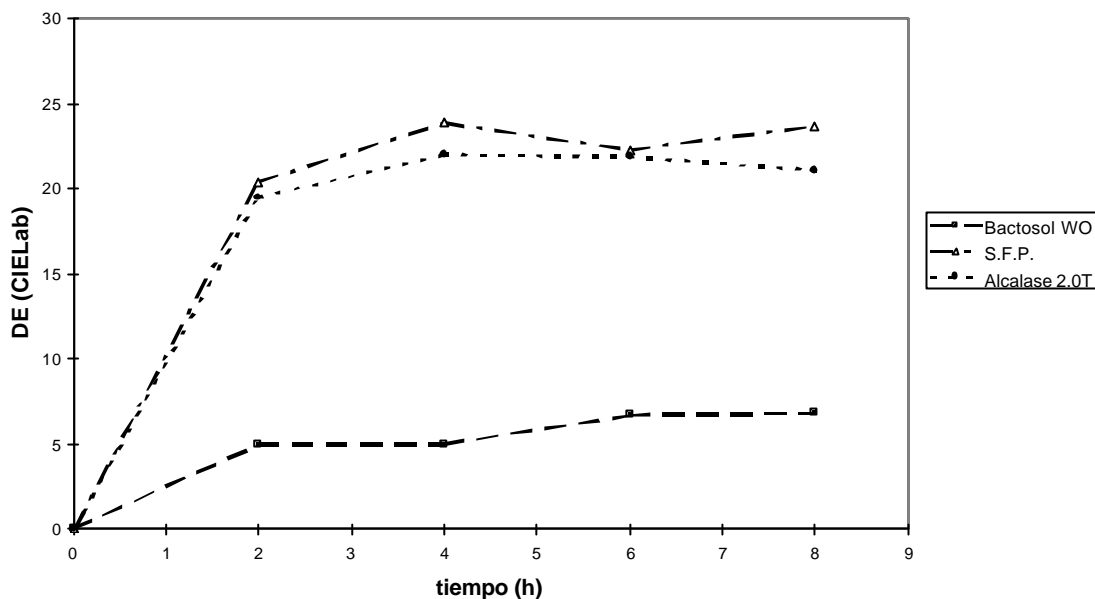


Figura 3: Diferencias de color. Isotherma a 50° C, pH=6.

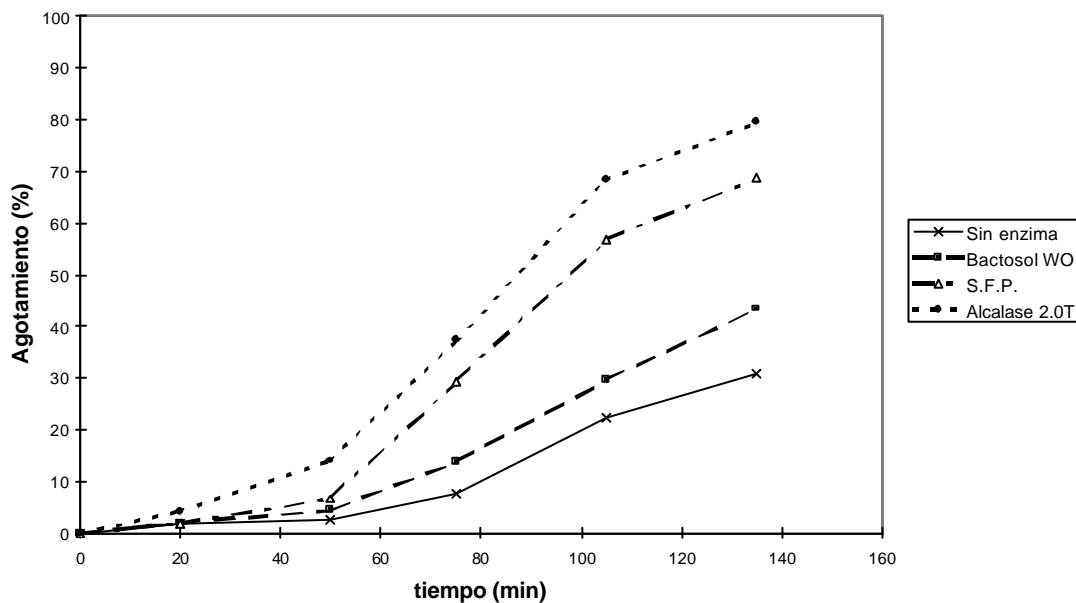


Figura 4: Proceso de tintura a baja temperatura. T_{máx}=85 °C, pH=6.

Para la tintura a baja temperatura también se puede observar que los tres enzimas estudiados mejoran el agotamiento. En este caso también se obtienen resultados superiores con el S.F.P. y el Alcalase 2.0T que con el Bactosol WO, siendo el

enzima Alcalase 2.0T el que proporciona mejores agotamientos.

Respecto a la diferencias de color, los resultados obtenidos se muestran en la Fig. 5.

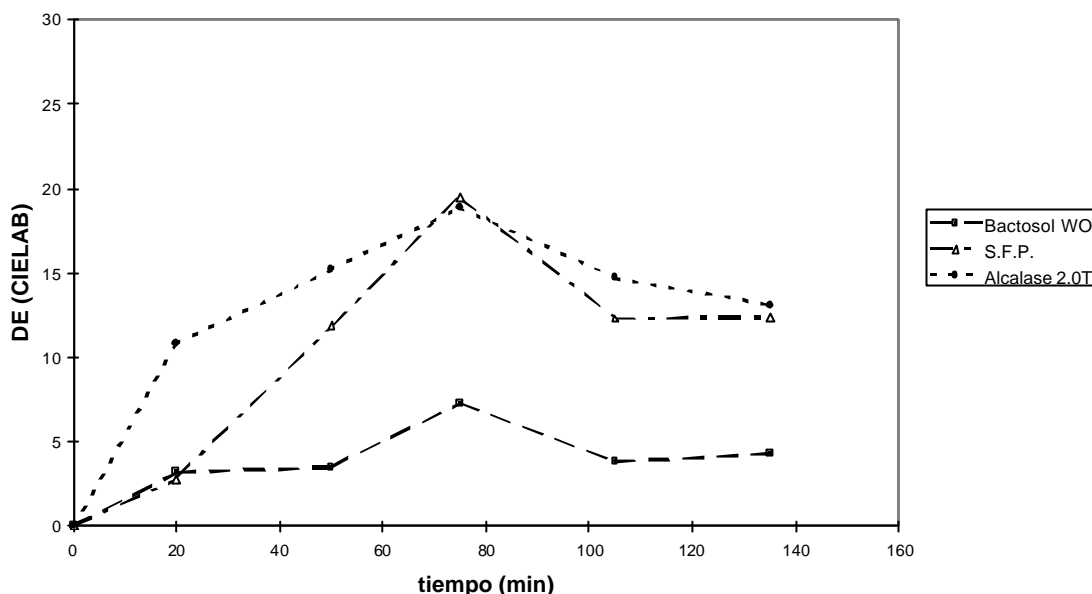


Figura 5: Diferencias de color. Proceso de tintura a 85 °C, pH= 6.

Las diferencias de color en este caso aumentan con el tiempo de tintura hasta los 75 min. de tintura. Este punto corresponde al inicio de la etapa de equilibrio. Este máximo en este parámetro se podría explicar porque es de suponer que se producen mayores absorciones del colorante a partir de 50°C, temperatura de máxima actividad del enzima. A 85°C el enzima deja de actuar y las muestras teñidas en presencia de enzima no poseen más lugares de fijación del colorante; por lo tanto el colorante puede ser eliminado mediante el lavado.

Como en el caso anterior las diferencias de color obtenidas con el enzima Bactosol WO son menores que las resultantes para los otros dos enzimas.

Proceso de tintura convencional (100°C) y pH 6

Los resultados en cuanto al agotamiento del colorante se muestran en la Fig. 6.

Todos los enzimas mejoran el agotamiento del colorante. Sin embargo, esta mejora es

bastante inferior a la que se produce en los casos anteriores. Parece que el aumento de la temperatura de tintura hasta 100°C produce una importante mejora de agotamiento en el proceso sin enzima, aproximándose bastante a los resultados obtenidos en los proceso con enzima. Comparando el efecto de los tres enzimas, también en este caso el Alcalase 2.0T es el que presenta mejores resultados y el Bactosol WO es el que obtiene agotamientos inferiores.

En la Fig. 7 se muestran los resultados obtenidos para las diferencias de color.

Las diferencias de color en este caso, como en el proceso a baja temperatura, también aumentan con el tiempo de tintura hasta un punto del proceso (85 min. del inicio de la tintura). También en este caso, este tiempo corresponde al inicio de la etapa de equilibrio. Al final de la tintura las diferencias de color obtenidas respecto al tejido teñido sin enzima, son muy pequeñas, y en el caso del Bactosol WO y el S.F.P. podrían considerarse nulas.

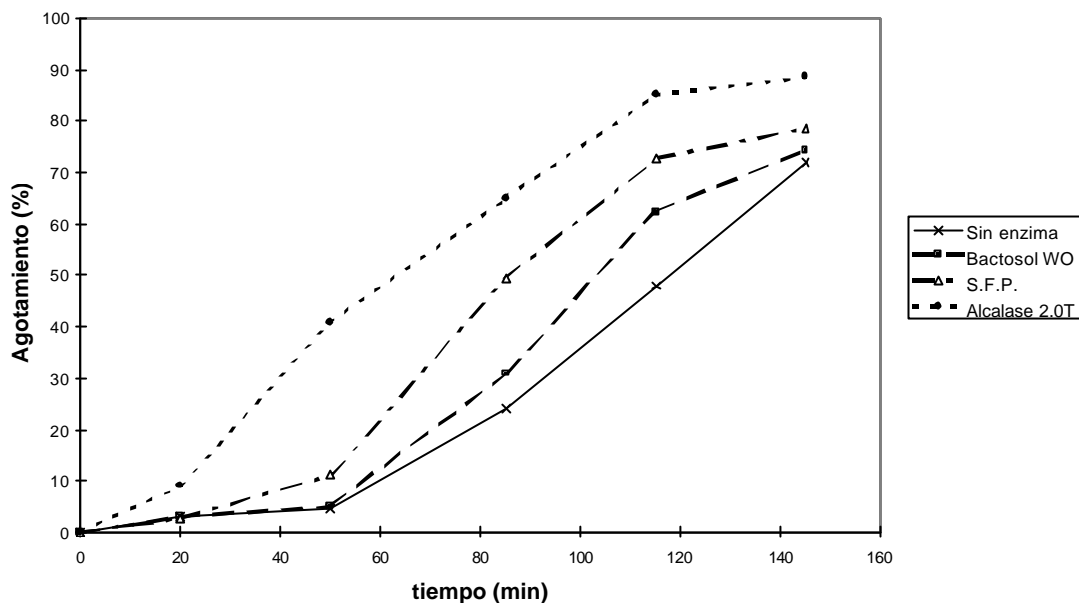


Figura 6: Proceso de tintura convencional. T= 100°C, pH=6.

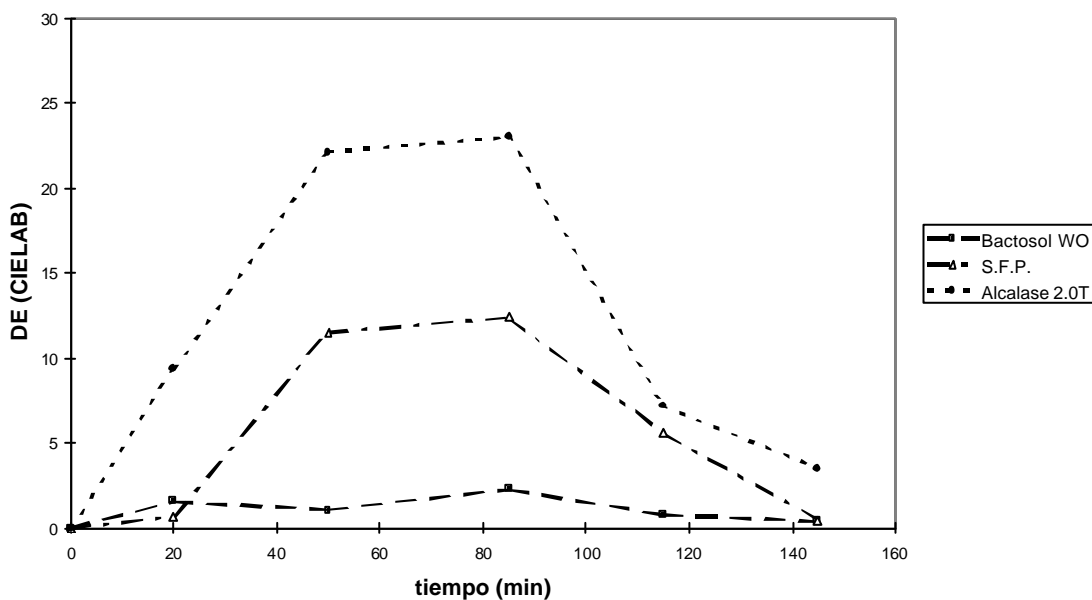


Figura 7: Diferencias de color.proceso de tintura convencional a 100°C, pH=6.

Isotermas a 50°C y pH 5.5

Los resultados de absorción de colorante se exponen en la figura 8.

Los dos enzimas estudiados mejoran el agotamiento.

El Alcalase 2.0T obtiene unas absorciones superiores a las obtenidas con el enzima S.F.P.

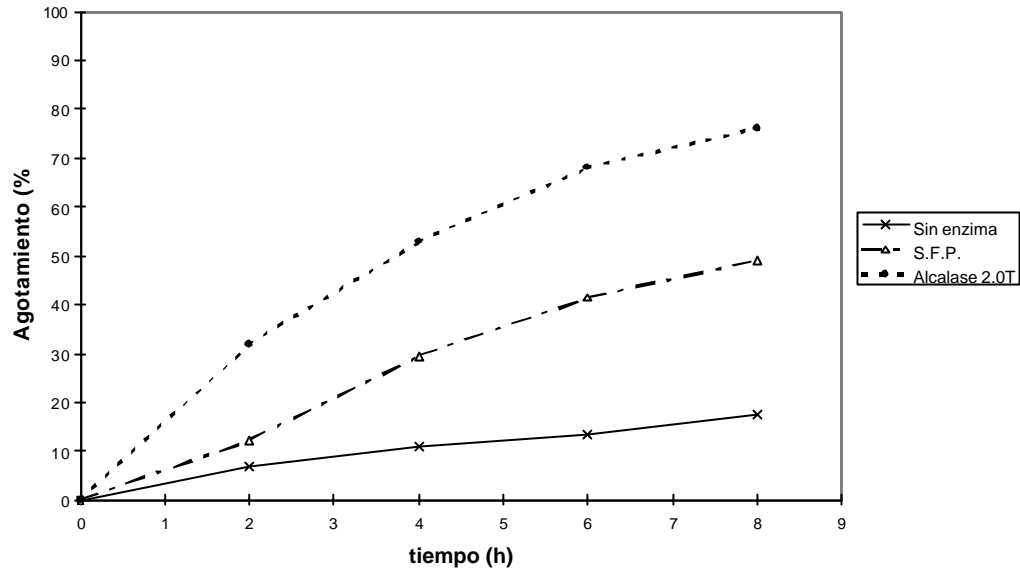


Figura 8: Proceso isoterma. T=50 °C, pH=5,5.

Respecto a la diferencias de color, los resultados obtenidos se muestran en la Fig. 9.

Los resultados en cuanto a diferencias de color, respecto al tejido teñido sin presencia de

enzima, obtenidos con los dos enzimas son muy similares.

Tintura a baja temperatura 85 °C y pH. 5,5

Los resultados de absorción se exponen en la Fig. 10.

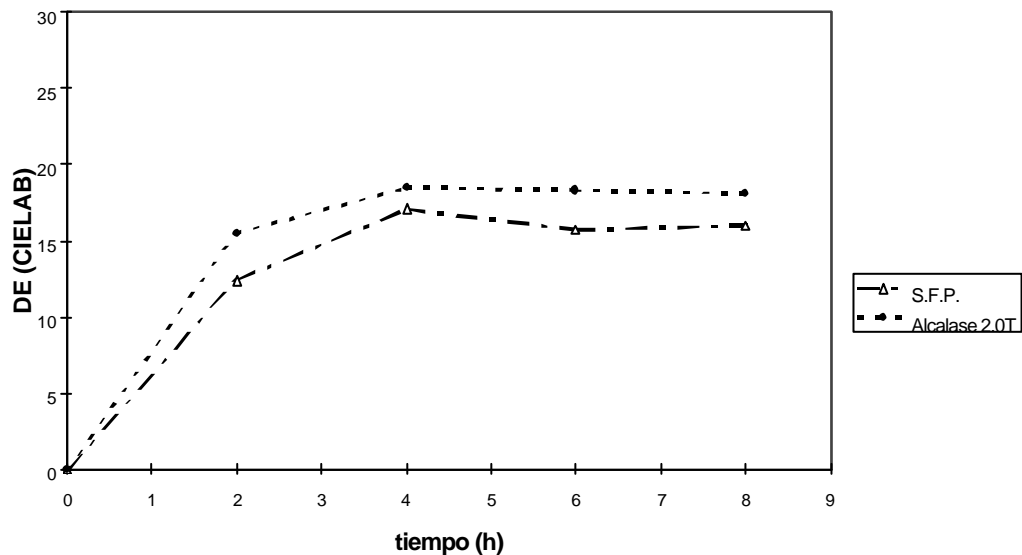


Figura 9: Diferencias de color. Isoterma a 50.°C, pH=5,5

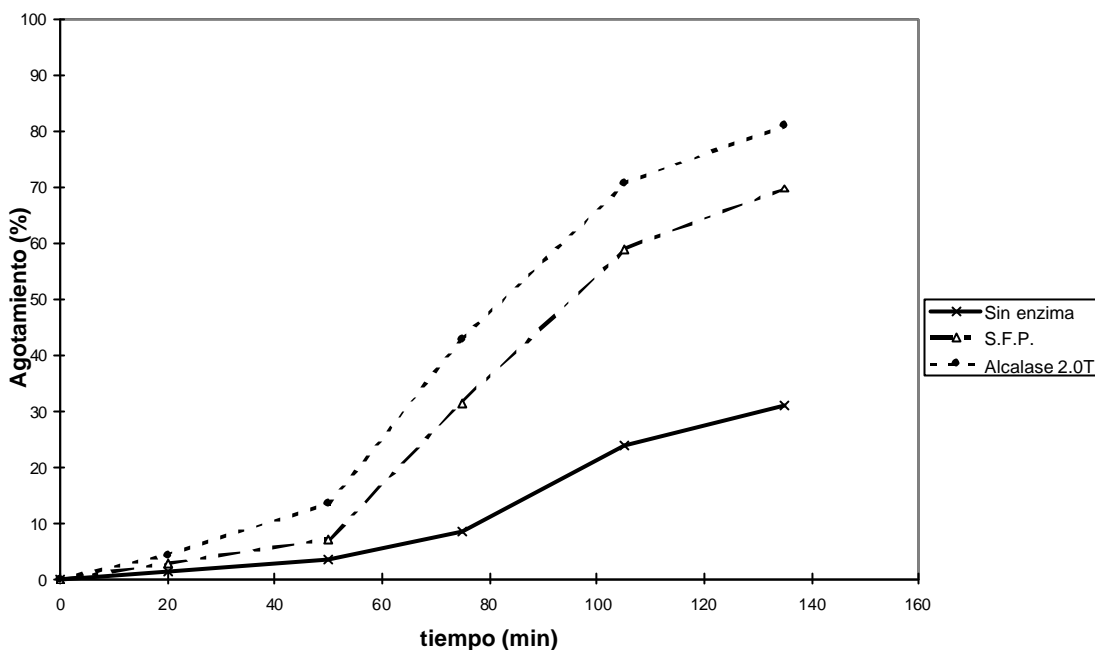


Figura 10: Proceso de tinte a baja temperatura. T= 85 °C, pH=5,5.

Para la tinte a baja temperatura también se puede observar que los dos enzimas estudiados mejoran el agotamiento.

En este caso se obtienen resultados bastante similares con el S.F.P. y el Alcalase 2.0T, siendo este último el que proporciona mejores agotamientos.

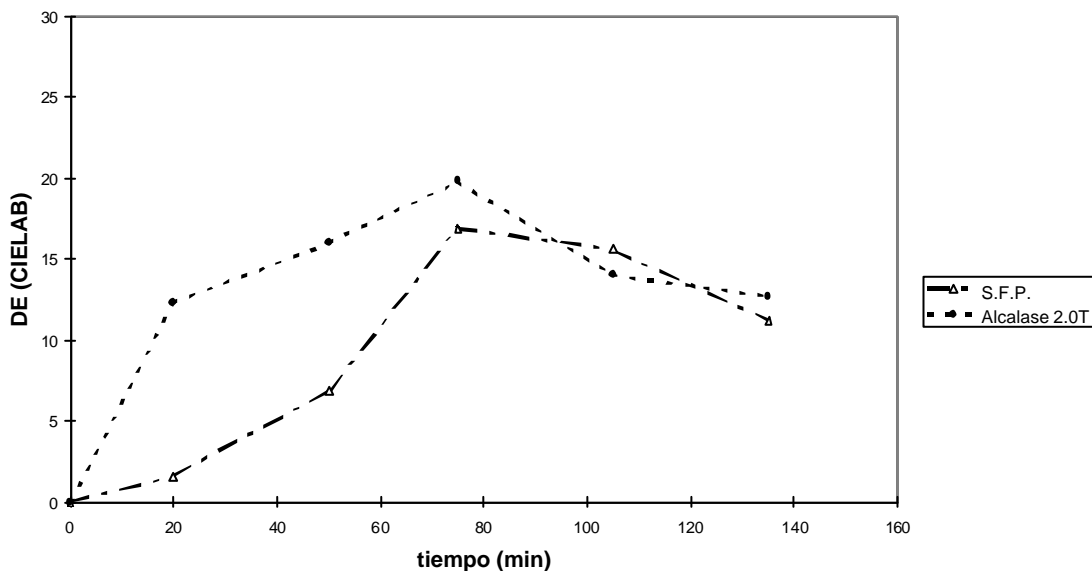


Figura 11: Diferencias de color. Isotherma a 85 °C, pH=5,5.

Respecto a la diferencias de color, los resultados obtenidos se muestran en la Fig. 11. Las diferencias de color en este caso aumentan con el tiempo de tintura hasta los 75 min. de tintura, punto correspondiente al inicio de la etapa de equilibrio.

El comportamiento es muy similar al obtenido en la tintura a pH 6.

Proceso de tintura convencional (100°C) y pH 5,5.

Los resultados en cuanto al agotamiento del colorante se muestran en la Fig. 12.

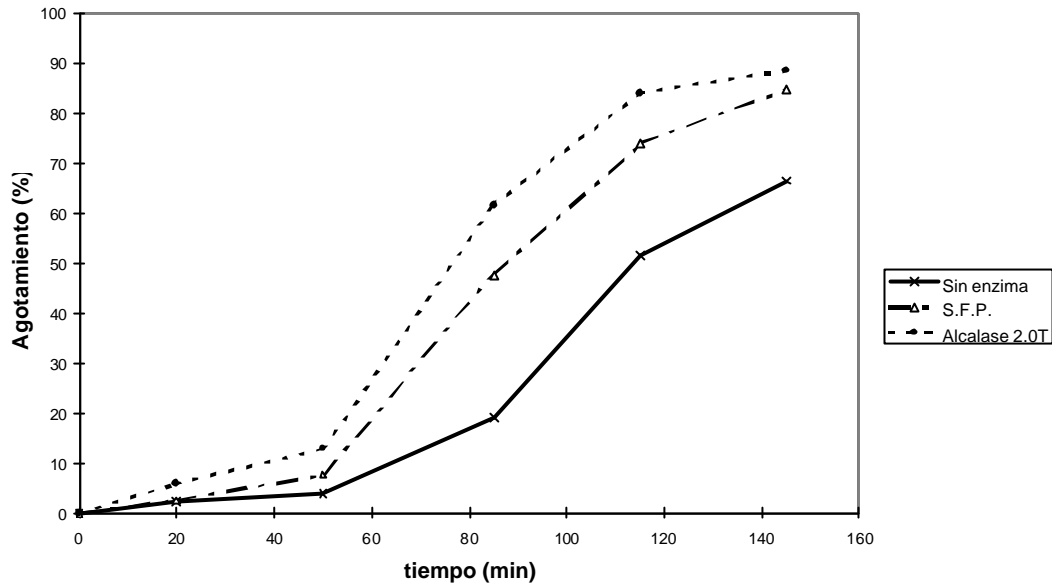


Figura 12: Proceso de tintura convencional. T=100 °C, pH=5,5.

Todos los enzimas mejoran el agotamiento del colorante. De igual forma que para pH 6, esta mejora es bastante inferior a la que se produce en

las tinturas a temperaturas inferiores. El comportamiento de los dos enzimas es muy similar.

En la figura 13 se muestran los resultados obtenidos para las diferencias de color.

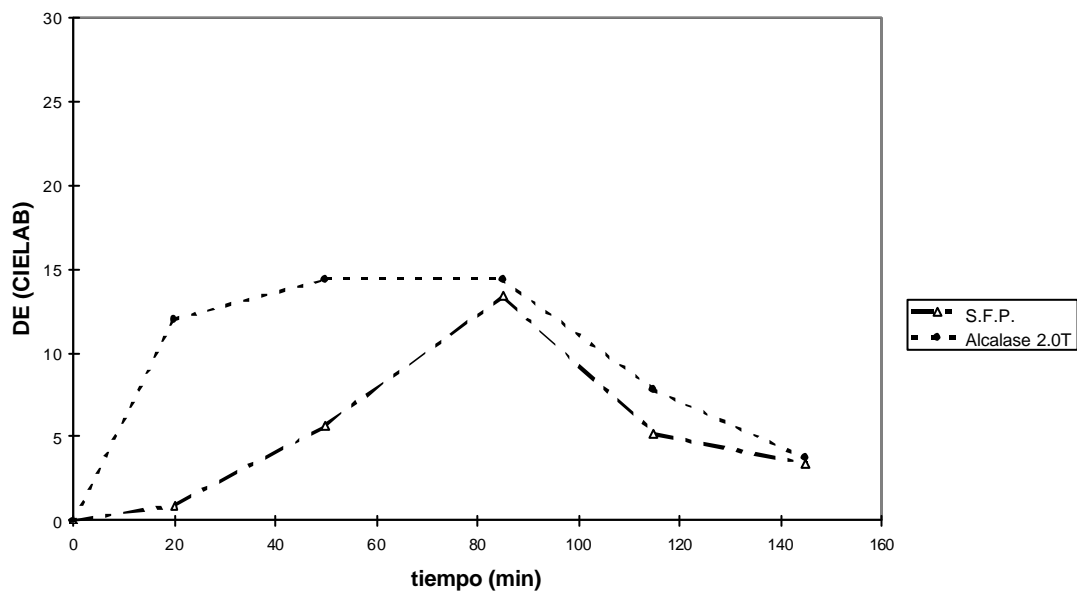


Figura 13: Diferencias de color. Procesos de tintura convencional 100°C, pH=5,5.

Las diferencias de color en este caso, como en el proceso a pH 6, también aumentan con el tiempo de tintura hasta un punto del proceso (85 min. del inicio de la tintura), correspondiente al inicio de la etapa de equilibrio. Al final de la tintura las diferencias de color obtenidas respecto al tejido teñido sin enzima también son muy pequeñas.

Si comparamos los resultados obtenidos con los tres enzimas podemos decir que:

En todos los casos la presencia del enzima en el baño de tintura mejora la absorción de colorante; el comportamiento los enzimas Alcalase 2.0T y SFP es bastante semejante y los resultados son superiores a los obtenidos con Bactosol WO.

En la mayoría de los casos las diferencias de color disminuyen hacia el final de la tintura incluso cuando aumentan las diferencias de absorción entre las muestras tratadas con y sin enzima; este dato nos hace pensar que la difusión del colorante hacia el interior de la fibra se ve beneficiada por la presencia del enzima.

Como es lógico los mejores resultados de absorción se obtienen a la temperatura más alta, 100°C y el pH más bajo de los utilizados para cada uno de los enzimas, aunque la acción de los enzimas es más evidente a bajas temperaturas.

Tanto con Alcalase 2.0T como con SFP el uso del enzima en el baño tintóreo permitiría bajar la temperatura de tintura de 100°C a 85°C.

3.2. Solideces de las tinturas

TABLA 1

Solidez de la tintura al lavado doméstico y comercial

Proceso de tintura	Enzima	Degradación	Descarga sobre algodón	Descarga sobre lana
T=100°C	Sin	4	4-5	4-5
pH=6	Bactosol WO	4	4-5	4-5
T=85°C,	Sin	4	4-5	4-5
pH=6	S.F.P.	3-4	4-5	4-5
T=85°C,	Sin	4	4-5	4-5
pH=5,5	Alcalase 2.0T	4	4-5	4-5

Las solideces de las tinturas al lavado doméstico y comercial no se ven afectadas por la presencia del enzima en el baño de tintura.

TABLA 2

Solidez de las tinturas al sudor ácido

Proceso de tintura	Enzima	Degradación	Descarga sobre algodón	Descarga sobre lana
T=100°C	Sin	4-5	3-4	3-4
pH=6	Bactosol WO	5	3-4	4
T=85°C,	Sin	4	3-4	4
pH=6	S.F.P.	4-5	3	3
T=85°C,	Sin	4-5	4	3-4
pH=5,5	Alcalase 2.0T	5	3-4	3

TABLA 3

Solidez de las tinturas al sudor alcalino

Proceso de tintura	Enzima	Degradación	Descarga sobre algodón	Descarga sobre lana
T=100°C	Sin	4	4	3-4
pH=6	Bactosol WO	4	3-4	3-4
T=85°C,	Sin	4	3-4	3
pH=6	S.F.P.	4	2-3	2-3
T=85°C,	Sin	4-5	3-4	3-4
pH=5,5	Alcalase 2.0T	4	3	2-3

Como en el caso anterior, la presencia del enzima no parece afectar a la solidez de la tintura al sudor.

TABLA 4

Solidez de las tinturas a la limpieza en seco

Proceso de tintura	Enzima	Degradación	Descarga sobre disolvente
T=100°C,	Sin	4-5	5
pH=6	Bactosol WO	4-5	5
T=85°C,	Sin	5	5
pH=6	S.F.P.	4-5	5
T=85°C,	Sin	5	5
pH=5,5	Alcalase 2.0T	4-5	5

En este caso se aprecia una pequeña diferencia entre las muestras teñidas con SFP y Bactosol y las muestras sin enzima; esta diferencia es solo de medio punto y podría deberse, más que a la presencia del enzima, a que esta muestras tienen un color más intenso.

TABLA 5
 Solidez de las tinturas al frote

Proceso de tintura	Enzima	Seco	Húmedo
T=100°C, pH=6	Sin	4-5	4
	Bactosol WO	4-5	4
T=85°C, pH=6	Sin	4-5	4
	S.F.P.	4	3
T=85°C, pH=5,5	Sin	4-5	3
	Alcalase 2.0T	4	3-4

Al igual que en el caso anterior, las pequeñas diferencias en la solidez podrían atribuirse a una mayor intensidad de las tinturas.

TABLA 6
 Solidez de las tinturas a la luz artificial

Proceso de tintura	Enzima	Degradación
T=100°C, pH=6	Sin	5
	Bactosol WO	5-6
T=85°C, pH=6	Sin	4-5
	S.F.P.	5
T=85°C, pH=5,5	Sin	4
	Alcalase 2.0T	5

En todos los casos, las muestras teñidas con enzimas tienen mejor solidez que la teñidas sin enzima, esta diferencia es sólo de medio punto.

4. CONCLUSIONES

4.1. La presencia de los tres enzimas estudiados, en el baño de tintura, aumenta la cantidad de colorante absorbido. El enzima Alcalase es el se muestra más eficaz, seguido por el S.F.P.

4.2. La acción de los enzimas sobre el incremento de la absorción de los colorante se manifiesta más claramente cuando la temperatura de tintura es más baja y es máximo cuando esta temperatura se aproxima a la de máxima actividad del enzima. Estas temperaturas suelen ser próximas a 50°C y aunque el efecto de los enzimas incremente notablemente la absorción del colorante, no obstante los rendimientos de la tintura son aún insuficientes.

4.3. Los agotamientos obtenidos a 85°C en la tintura en presencia de los enzimas más eficientes se acercan a los obtenidos en un proceso convencional a 100°C.

4.4. Las solidez de las tinturas no son afectadas por la presencia de enzimas en el baño de tintura.

4.5. Parece ser que la acción de los enzimas no sólo produce un aumento de absorción, sino que favorece la difusión del colorante hacia el interior de la fibra.

Todo ello conlleva una nueva posibilidad de tintura en condiciones suaves de temperatura.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a CEPA, SANDOZ y NOVO NORDISK el haber proporcionado los enzimas. Nuestro especial agradecimiento a I. Algaba por su colaboración en el tratamiento informático del texto.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Riva A., Cegarra J, Prieto R., J.S.D.C., vol 109, 5/6, 210-213 (1993)
2. Cegarra J., Riva A., Gacén J., Naik A., Tintoria, 4, 64-69 (1992)
3. Segura R., Laboratorio DAE (Profarma) CEPA, Madrid (1984)
4. Riva A., Riva M.C., Cegarra J., Prieto R, BIOTEC 88 (2º Congreso Nacional de Biotecnología) 391 (1986)
5. Riva A., Cegarra J, Prieto R., Melland Textilberichte, 11, 934-938 (1991)
6. Riva A., Prieto R., IWTO Harrogate Meeting June (1995)
7. Riva A., Alsina J.M., Prieto R., Pendiente de publicación
8. SANDOZ Información técnica
9. NOVO NORDISK Información técnica.

Trabajo presentado en: 1999.02.23.

Trabajo aceptado en: 1999.06.30.