

PRETRATAMIENTOS ENZIMÁTICOS DE TEJIDOS DE LANA: INFLUENCIA SOBRE LA ABSORCIÓN DE COLORANTES, EL COLOR Y LAS SOLIDECESES

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

0.1. Resumen

El tratamiento con enzimas puede modificar la fibra de lana haciendo que cambie su comportamiento en una tintura posterior.

En este trabajo se estudia la acción de pretratamientos con una proteasa sobre el comportamiento tintóreo de la lana. Se valora el efecto de dichos tratamientos en la cinética de absorción de diferentes tipos de colorantes así como en el color final de los tejidos y en las solideces.

Se concluye que el tratamiento enzimático influye sobre la tintura posterior, aumentando la velocidad de tintura. El color final y las solideces no son afectados significativamente.

Palabras clave: tejido de lana, tratamiento enzimático, tintura, cinética de tintura, diferencia de color, solidez de la tintura.

0.2. Summary: ENZYMATIC PRE-TREATMENT OF WOOL FABRIC: INFLUENCE ON DYE ABSORPTION, FINAL COLOUR AND COLOUR FASTNESS

The enzymatic treatment can modify the wool fibre and consequently its behaviour in the dyeing process.

In this work we study the action of pretreatments with a protease on the dyeing behaviour of wool. The effects of such treatments on dyeing kinetics of several types of dyes as well as on the colour and colour fastness are evaluated.

The study concludes that the enzymatic treatment influences the dyeing carried out later on, increasing the dyeing rate. The final colour and the colours fastness are not affected significantly.

Key words: wool fibre, enzymatic treatment, dyeing, dyeing kinetic, colour difference, colour fastness.

0.3. Résumé: PRÉ-TRAITEMENTS ENZYMATIQUES DES LAINAGES: INFLUENCE SUR L'ABSORPTION DES COLORANTS, LA COULEUR ET LES SOLIDITÉS

Les traitements enzymatiques peuvent modifier la fibre de laine, notamment son comportement lors d'une teinture postérieure.

Cette étude porte sur l'action des pré-traitements à base de protéase sur le comportement tinctorial de la laine. Elle évalue l'effet de ces traitements sur la cinétique d'absorption de plusieurs types de colorants ainsi que sur la couleur finale des tissus et les solidités.

Les auteurs concluent que le traitement enzymatique a une influence sur la teinture postérieure, car il augmente la vitesse de teinture. La couleur finale et les solidités ne sont pas modifiées de manière significative.

Mots clé: tissu de laine, traitement enzymatique, teinture, cinétique de teinture, différence de couleur.

1. INTRODUCCIÓN

Diversos autores han investigado sobre la posibilidad de aplicar enzimas a la lana para obtener diversos efectos de acabado, mediante procesos más respetuosos con el medio ambiente que los procesos tradicionales en los que se utilizan productos químicos.

Diversos autores han investigado sobre la posibilidad de aplicar enzimas a la lana para obtener diversos efectos de acabado, mediante procesos más respetuosos con el medio ambiente que los procesos tradicionales en los que se utilizan productos químicos.

La aplicación de enzimas en la industria textil se ha desarrollado en varios campos con éxito desde hace bastante tiempo. Algunas de estas aplicaciones son el desencolado y lavado, deslanado de pieles, tratamientos de envejecimiento del algodón, etc. Su uso en otros campos se sigue estudiando para sustituir o complementar los procedimientos actuales que pueden presentar problemas de tipo ecológico^{1,2)}.

En concreto, para el acabado de la lana, se está investigando la utilización de enzimas de tipo proteasa para la consecución de diferentes efectos sobre la fibra:

-Acabado inencogible: tradicionalmente se han aplicado tratamientos químicos para eliminar las escamas (procesos oxidantes o reductores), o

* 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 Tintura y Acabados del INTEXTER (U.P.C.)

** Ing. Ind. Inés Algaba Joaquín. 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.)

bien para cubrirlas (aplicación de polímeros), reduciendo de esta forma la fricción unidireccional producida por las escamas, causante del encogimiento de los tejidos de lana durante el lavado. Estos métodos, sin embargo, generan una contaminación importante y el tratamiento enzimático aparece como una alternativa ecológica. La aplicación de proteasas para conseguir este acabado, se basa en la modificación parcial o total de las escamas de la fibra. A pesar de la notable eficacia del tratamiento constatada en los estudios que se han realizado, aún no se ha desarrollado su uso industrial debido a la falta de uniformidad en el ataque de las proteasas^{3,4)}.

-Mejora del tacto y suavidad de la lana: en algunos casos se utilizan acabados con siliconas, que no son aceptados por el etiquetado ecológico. La eliminación de las escamas mediante tratamientos enzimáticos también produce una mejora del tacto y la suavidad de los tejidos de lana, así como una disminución de la formación de pilling. Varios tratamientos han sido comercializados ya para este acabado⁵⁾.

-Obtención de lana de tipo cachemir: el tratamiento enzimático permite la reducción del grosor de las fibras, pudiéndose obtener hilados más finos, aptos para su mezcla con cachemira⁵⁾.

-Influencia en la tintura: también se han realizado varios estudios con el objetivo de determinar la influencia que el tratamiento enzimático tiene sobre la tintura de los tejidos de lana, cuando el tratamiento se aplica antes o después de la tintura y también cuando el enzima se aplica como un auxiliar de tintura^{6,7,8,9)}.

El comportamiento y la efectividad de distintos productos enzimáticos en el acabado de tejidos de lana pueden variar sustancialmente. Asimismo, puede variar el grado de daño producido en la fibra. La modificación de la fibra tiene consecuencias también en tratamientos que se efectúen con posterioridad, como la tintura. Esto obliga a estudiar cada uno de estos productos para poder determinar sus posibilidades de utilización industrial en el acabado de la lana.

El presente trabajo corresponde a una parte de un proyecto cuyo objetivo es la realización de un proceso de acabado con proteasas sobre un tejido de lana 100% de alta calidad, con el fin de obtener un tacto más suave y mejor cayente. En un trabajo previo los autores estudiaron la efectividad del acabado que se pretendía conseguir y el daño producido a la fibra¹⁰⁾.

El tratamiento con enzimas produce una mayor o menor modificación de la fibra de lana que puede modificar su comportamiento tintóreo.

En este trabajo se estudia la acción que diferentes tratamientos enzimáticos con una proteasa pueden ejercer sobre el comportamiento tintóreo de tejidos de lana cuando dichos tejidos son teñidos con diferentes tipos de colorantes. Asimismo, se valora el efecto del tratamiento

enzimático tanto en el color final de los tejidos así como en la solidez de las tinturas.

2. EXPERIMENTAL

2.1. Materia textil

El tejido utilizado fue un tejido de lana 100%, destinado a artículos de lanería de alta calidad. Las características estructurales de este tejido son:

- Ligamento: Sarga batavia, 2e1 b2,1
- Masa laminar: 228 g/m²
- Densidad: Urdimbre, 30 hilos/cm
Trama, 25 pasadas/cm

Antes del tratamiento enzimático, el tejido fue sometido a las siguientes operaciones:

- Lavado del tejido en cuerda: la máquina utilizada fue una desgrasadora-batán. Mediante este tratamiento el tejido de lana adquiere un ligero efecto de batanado.
- Aclarado y acidulado final a pH 5.
- Secado en máquina rame propia para artículos de lanería.

Todos estos tratamientos se realizaron en maquinaria industrial.

2.2. Enzima y tratamiento enzimático

El enzima utilizado fue el Novolan T (Novo Nordisk). La elección de este enzima se basa en los resultados de un trabajo previo cuyo objetivo era el estudio de la acción de varios enzimas aplicados como productos de acabado para conferir al tejido de lana una mejor mano, sin producir un excesivo dañado de la fibra.

El enzima Novolan T es una proteasa producida por fermentación de un microorganismo del tipo *Bacillus* modificado genéticamente. Según la información técnica está especialmente indicado para mejorar la mano y la caída de los tejidos de lana así como para minimizar la velloidad de la superficie y el pilling¹¹⁾.

Antes de los tratamientos enzimáticos la lana se trató con una disolución de carbonato sódico al 1% durante 30 minutos a 50°C, para conseguir un pH estable durante el tratamiento enzimático.

Los tratamientos enzimáticos se realizaron a tres concentraciones de enzima, según las condiciones siguientes:

Concentración del enzima Novolan T	1, 3 y 5% s.p.f.
Temperatura	55°C
Tiempo	30 minutos
pH	8,5 (con carbonato sódico)
Relación de baño	1/10

Tras el tratamiento enzimático, el tejido se trató durante 5 minutos a la temperatura de 90 °C y pH inferior a 4 (con ácido sulfúrico), con el objeto de desnaturalizar completamente el enzima.

Posteriormente se sometió a varios aclarados para eliminar los restos de enzima y de fibras sueltas extraídas por el tratamiento.

2.3. Colorantes y fórmula de tintura

Los colorantes utilizados pertenecen a diferentes familias de colorantes adecuados para la tintura de tejidos de lana: colorantes ácidos, reactivos y premetalizados 2:1. Las fórmulas de tintura se establecieron de acuerdo con las

indicaciones de la información técnica correspondiente a los diferentes colorantes utilizados^{12,13,14,15}.

La elección de los colorantes concretos de cada tipo se debe a que son colorantes cuyo comportamiento tintóreo varía sensiblemente en función del estado de la fibra.

Las fórmulas de tintura se indican en la tabla 1.

TABLA 1
Fórmulas de tintura

	Ácido	Reactivo	Premetalizado 1:2	
	C.I. Acid Blue 80	C.I. Reactive Red 116	C.I. Acid Black 194	C.I. Acid Yellow 220
Colorante	1% s.p.f.	1% s.p.f.	1% s.p.f.	1% s.p.f.
Lanasan LT	1% s.p.f.		1% s.p.f.	
Albegal B		1% s.p.f.		
Albegal SET				1% s.p.f.
Sulfato sódico	10% s.p.f.	10% s.p.f.	10% s.p.f.	10% s.p.f.
Sulfato amónico	4% s.p.f.	4% s.p.f.	4% s.p.f.	
Acetato sódico				2 g/l
pH (acético)	4,5	4,5	4,5	4,5
R / B	1/30	1/30	1/30	1/30

2.4. Proceso de tintura

Las tinturas se realizaron según un proceso a baja temperatura tal como se indica en la figura 1. Para cada tipo de colorante se efectuaron tinturas cuya duración se indica en la línea de proceso mediante los puntos 1 a 7.

Lógicamente, y de acuerdo con resultados de trabajos previos, el tratamiento enzimático produce una mayor o menor degradación superficial de la fibra y, por tanto, los colorantes

pueden tener una mayor facilidad para acceder a la misma. Consecuentemente, la tintura debería poderse realizar en condiciones más suaves de temperatura. Estas condiciones favorecen una menor degradación de la fibra durante la tintura a la vez que permiten un ahorro de energía. Por esto se decidió seguir un proceso a baja temperatura (temperatura máxima de 85°C), es decir, sin llegar a ebullición.

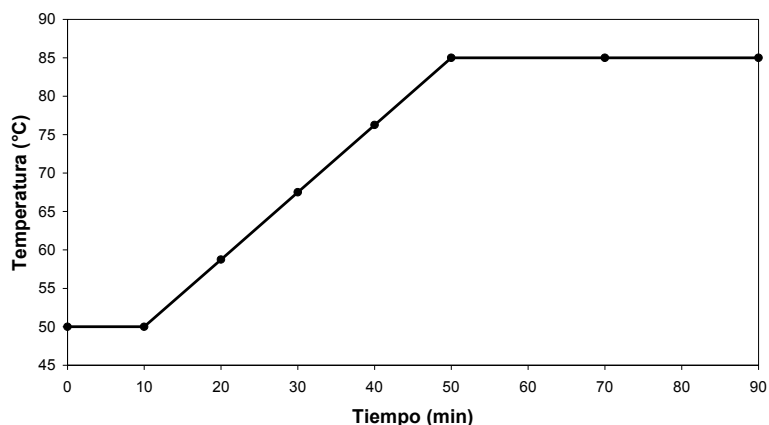


FIGURA 1: Proceso de tintura

2.5. Parámetros determinados

Para evaluar el efecto producido por los tratamientos enzimáticos sobre el comportamiento tintóreo de la lana, se determinaron los siguientes parámetros:

- Cinéticas de absorción de los colorantes
- Diferencias de color entre los tejidos tratados enzimáticamente y el tejido no tratado. Dichas diferencias de color se evaluaron mediante la fórmula CIELab (ISO 105-J03)
- Solideces de las tinturas
 - Solidez de las tinturas al lavado doméstico y comercial (ISO 105-C06)
 - Solidez de las tinturas a la limpieza en seco (ISO 105-D01)
 - Solidez de las tinturas al sudor (ISO 105-E04)
 - Solidez de las tinturas al frote (ISO 105-X12)

→ Solidez de las tinturas a la luz artificial (ISO 105-B02)

2.6. Equipos

Para el tratamiento enzimático y las tinturas se utilizó un equipo Linitest (Original Hanau)

Las absorbancias de los baños de tinte para la determinación de los agotamientos se midieron mediante un espectrofotómetro Shimadzu UV-265

El color y las diferencias de color se obtuvieron mediante un colorímetro Elrephomat (Zeiss)

Para la determinación de las solideces se utilizaron los equipos indicados en las normas correspondientes.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Cinéticas de tinte

Los resultados correspondientes al colorante C.I. Acid Blue 80 se exponen en la figura 2.

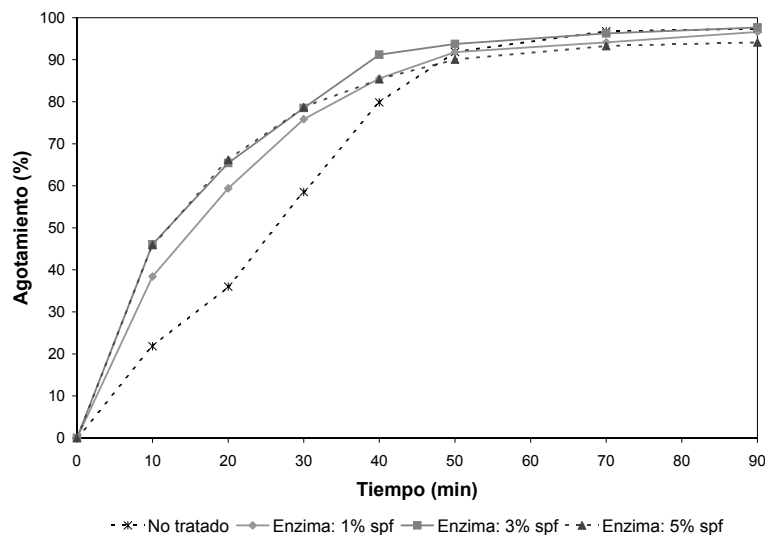


FIGURA 2: Cinéticas de tinte. Colorante C.I. Acid Blue 80

Para este colorante se puede observar que se ha producido una notable diferencia en la cinética de absorción de colorante entre los tejidos tratados con enzima y el tejido no tratado. A partir de aproximadamente 40 minutos de tinte las absorciones se van igualando hasta llegar a valores muy próximos al final de la tinte. Es decir, el tratamiento enzimático provoca un incremento en la velocidad de tinte, si bien el agotamiento de colorante al final de la tinte presenta pocas diferencias entre los tejidos tratados y el no tratado.

Este comportamiento puede ser atribuido a la degradación producida por el tratamiento enzimático en la superficie de la fibra de lana. Esta degradación provoca una destrucción parcial de la

epicutícula que envuelve las escamas de la fibra, con lo que se facilita la absorción de agua y la accesibilidad del colorante a los lugares de fijación de los mismos. Sin embargo, parece que no se produce un aumento del número de estos lugares de fijación, ya que en el punto final de la tinte el agotamiento es muy similar al obtenido para el tejido no tratado.

Entre los tejidos tratados enzimáticamente se observa que, en los primeros minutos de la tinte, el comportamiento de los tejidos tratados con las concentraciones de enzima del 3% y del 5% s.p.f. es prácticamente idéntico. El tejido tratado con 1% s.p.f. presenta una absorción de colorante algo menor en este intervalo de tinte.

Para el colorante reactivo C.I. Reactive Red 116 se han obtenido los resultados expuestos

en la figura 3.

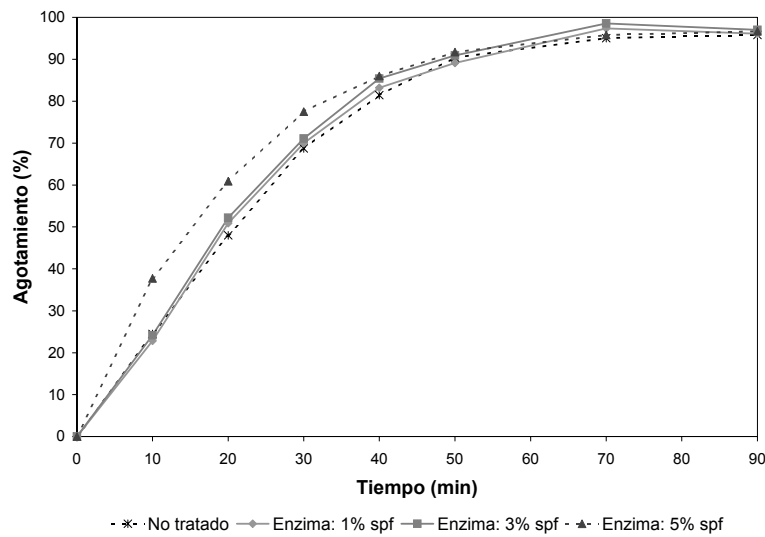


FIGURA 3: Cinéticas de tintura. Colorante C.I. Reactive Red 116

Para este colorante se produce un pequeño aumento de la velocidad de tintura en el caso de la tintura del tejido tratado con un 5% s.p.f. de enzima. Para los demás tejidos tratados la velocidad de tintura es similar a la obtenida en la tintura del tejido no tratado. El agotamiento es muy similar para todos los tejidos tratados y para el tejido no tratado.

En este caso no resulta tan evidente la repercusión del tratamiento enzimático sobre la absorción del colorante por la fibra de lana.

Los resultados expuestos en la figura 4 corresponden al colorante premetalizado C.I. Acid Black 194.

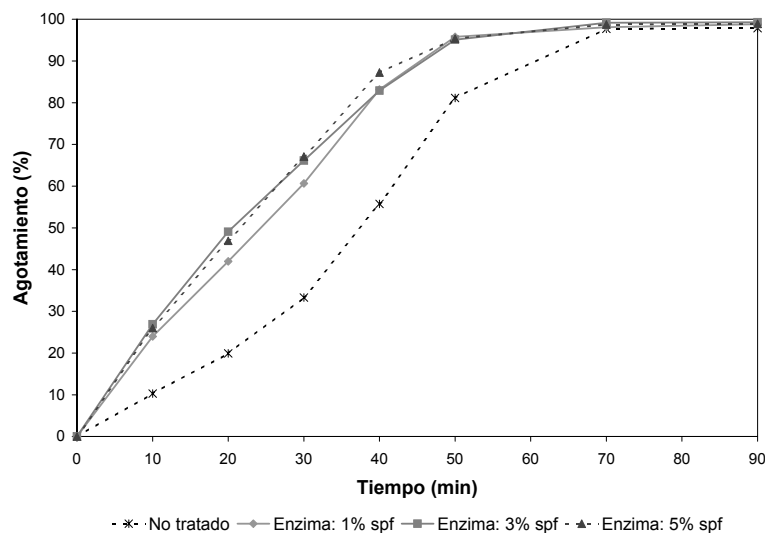


FIGURA 4: Cinéticas de tintura. Colorante C.I. Acid Black 194

Para el colorante C.I. Acid Black 194 se observa que se ha producido una notable diferencia en la cinética de absorción de colorante entre los tejidos tratados con enzima y el tejido no tratado. A partir de unos 70 minutos de tintura las absorciones se van igualando hasta llegar a valores prácticamente idénticos al final de la tintura. Es decir, el tratamiento enzimático provoca también un incremento en la velocidad de tintura con este

colorante, aunque no un mayor agotamiento de colorante al final de la tintura.

Los tejidos tratados enzimáticamente presentan un comportamiento tintóreo muy similar entre ellos. Para los tres tejidos tratados se consigue ya un agotamiento de más del 95% a los 50 minutos de tintura, mientras que en este punto el tejido no tratado presenta un agotamiento del 80%.

Los resultados obtenidos para el colorante premetalizado C.I. Acid Yellow 220 se exponen en la figura 5. Para este colorante se consideró

necesario alargar 20 minutos el tiempo de tintura ya que se observó que, a los 90 minutos, la curva de absorción aún no alcanzaba un valor estable.

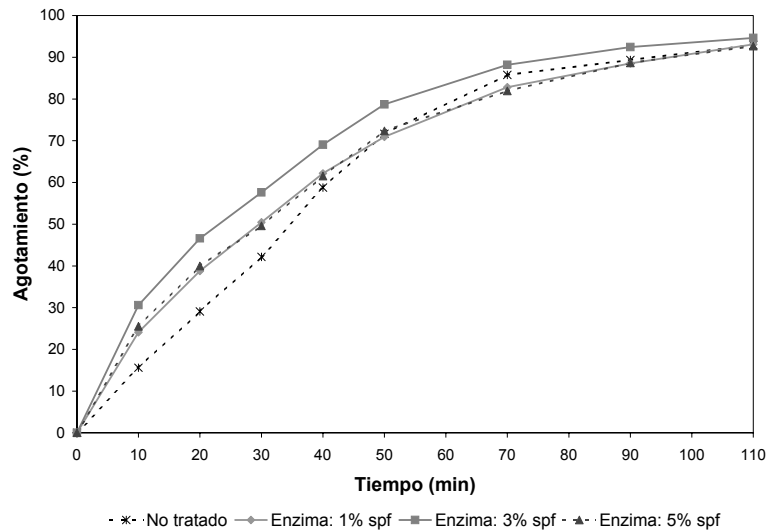


FIGURA 5: Cinéticas de tintura. Colorante C.I. Acid Yellow 220

También en este colorante se observa un aumento de la velocidad de tintura en los tejidos tratados enzimáticamente. Sin embargo, la diferencia de absorción respecto al tejido no tratado no es tan grande como la mostrada por el colorante ácido C.I. Acid Blue 80 o el premetalizado C.I. Acid Black 194. El agotamiento al final de la tintura también es muy similar al obtenido para el tejido no tratado.

Así pues, podemos concluir que el tratamiento enzimático produce una modificación de la facilidad de absorción de los colorantes por la fibra. En general, la cinética de tintura es más rápida cuando se ha efectuado un tratamiento enzimático previo. Sin embargo, la absorción de colorante total al final de la tintura no presenta

grandes diferencias en el proceso a baja temperatura estudiado.

3.2. Diferencias de color

Para determinar como evoluciona el color de los tejidos a lo largo de todo el proceso tintóreo se determinó el color de los tejidos teñidos a los diferentes tiempo de tintura.

Para determinar las diferencias de color, se tomó como referencia el tejido teñido sin pretratamiento enzimático.

Como ejemplo representativo de los resultados obtenidos, en la figura 6 se presentan los valores de diferencia de color en función del tiempo, correspondientes a las tinturas con el colorante C.I. Acid Blue 80.

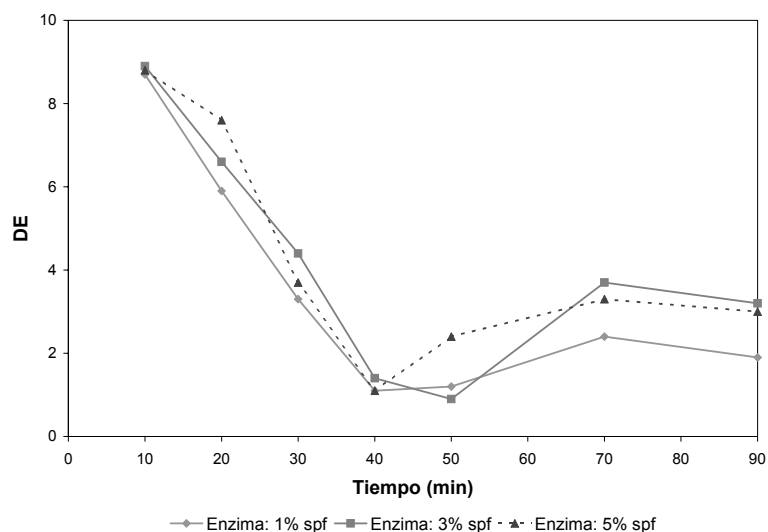


FIGURA 6: Diferencias de color en función del tiempo de tintura. Colorante C.I. Acid Blue 80

Se aprecia que las diferencias de color son más acusadas en las primeras etapas de la tinte y no presentan una correspondencia con la concentración de enzima en el tratamiento previo.

Los valores de DE proporcionan poca información respecto al tipo de diferencias, por eso

se exponen los resultados correspondientes a diferencias de luminosidad y saturación o croma (figuras 7 y 8).

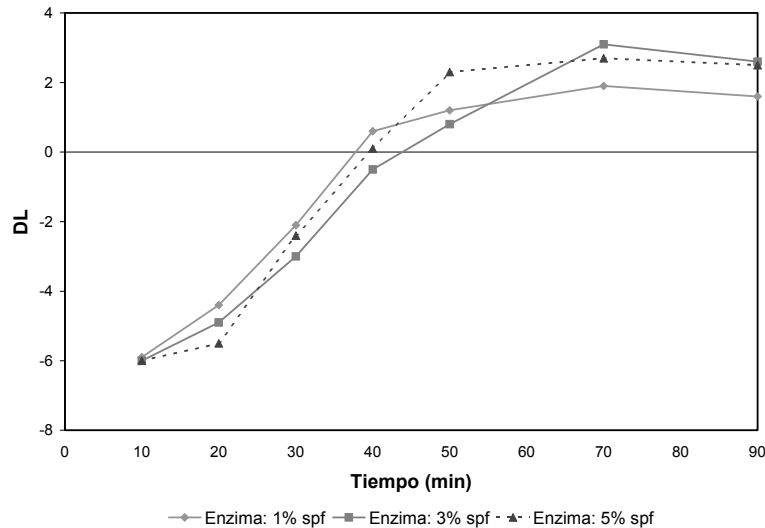


FIGURA 7: Diferencias de luminosidad en función del tiempo de tinte. Colorante C.I. Acid Blue 80

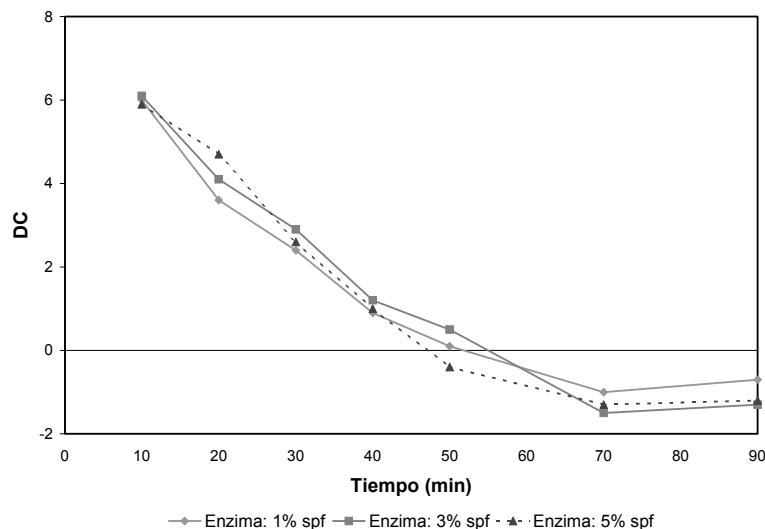


FIGURA 8: Diferencias de croma en función del tiempo de tinte. Colorante C.I. Acid Blue 80

En estas figuras se aprecia que los tejidos tratados con enzima pasan de tener una menor luminosidad que el tejido no tratado, en las primeras etapas de la tinte, a tener mayor luminosidad al final de la misma. Los tejidos tratados con enzima presentan mayor croma que el tejido no tratado en el principio de la tinte y menor croma al final de la misma.

Al inicio de la tinte la mayor cantidad de colorante absorbido por los tejidos pretratados con enzimas, da lugar a tejidos más oscuros y con mayor saturación de color. Sin embargo, la mayor

luminosidad y menor croma medidos al final de las tinturas no se corresponde con un menor agotamiento de los tejidos pretratados. Este comportamiento sólo podemos explicarlo si consideramos que, al final de las tinturas, se produce una mayor penetración del colorante hacia el interior de las fibras en el caso de los tejidos tratados, con lo cual la cantidad de colorante en la periferia de las fibras sería menor. ello produciría una sensación de mayor luminosidad y menor croma. Esta hipótesis, no obstante, debe ser comprobada con más experiencias.

3.3. Solideces de las tinturas

3.3.1. Solidez de las tinturas al lavado doméstico y comercial

Los resultados se muestran en la tabla 2.

TABLA 2

Solidez de las tinturas al lavado doméstico y comercial

		No tratado	Enzima: 1%	Enzima: 3%	Enzima: 5%
C.I. Acid Blue 80	Degradación	4	3-4	3-4	3-4
	Descarga algodón	4-5	4-5	4-5	4-5
	Descarga lana	4-5	4-5	4-5	4-5
C.I. Reactive Red 116	Degradación	4-5	4-5	4-5	4-5
	Descarga algodón	4-5	4-5	4-5	4-5
	Descarga lana	4-5	4-5	4-5	4-5
C.I. Acid Black 194	Degradación	4-5	4	4	4
	Descarga algodón	4-5	4	4	4
	Descarga lana	4	4	4	4
C.I. Acid Yellow 220	Degradación	4-5	4-5	4	4
	Descarga algodón	4-5	4-5	4	4
	Descarga lana	4	4	4	4

Los cuatro colorantes presentan buena solidez al lavado doméstico. En ninguno de ellos se aprecian cambios importantes en las solideces al lavado doméstico debidos a la aplicación de un tratamiento enzimático.

3.3.2. Solidez de las tinturas al sudor ácido y alcalino

Los resultados de solidez al sudor ácido se presentan en la tabla 3 y los de solidez al sudor alcalino en la tabla 4.

Las solideces de las tinturas al sudor ácido y alcalino son, en general, muy buenas. Únicamente en el caso de la solidez al sudor alcalino de la tintura con el colorante C.I. Acid Yellow 220, se ha apreciado una disminución de

hasta 1 punto en la solidez en los tejidos tratados enzimáticamente.

TABLA 3

Solidez de las tinturas al sudor ácido

		No tratado	Enzima: 1%	Enzima: 3%	Enzima: 5%
C.I. Acid Blue 80	Degradación	4-5	4-5	4-5	4-5
	Descarga algodón	4-5	4	4	4
	Descarga lana	4	4	4	4
C.I. Reactive Red 116	Degradación	4-5	4-5	4-5	4-5
	Descarga algodón	4-5	4-5	4-5	4-5
	Descarga lana	4-5	4-5	4-5	4-5
C.I. Acid Black 194	Degradación	4-5	4-5	4-5	4-5
	Descarga algodón	4-5	4-5	4-5	4-5
	Descarga lana	4-5	4-5	4-5	4-5
C.I. Acid Yellow 220	Degradación	4-5	4-5	4-5	4-5
	Descarga algodón	4-5	4-5	4-5	4
	Descarga lana	4-5	4-5	4-5	4-5

TABLA 4

Solidez de las tinturas al sudor alcalino

		No tratado	Enzima: 1%	Enzima: 3%	Enzima: 5%
C.I. Acid Blue 80	Degradación	4-5	4-5	4-5	4-5
	Descarga algodón	3-4	3	3	3
	Descarga lana	3	2-3	2-3	2-3
C.I. Reactive Red 116	Degradación	4-5	4-5	4-5	4-5
	Descarga algodón	3-4	3-4	3-4	3-4
	Descarga lana	4-5	4-5	4-5	4-5
C.I. Acid Black 194	Degradación	4-5	4-5	4-5	4-5
	Descarga algodón	4-5	4-5	4-5	4-5
	Descarga lana	4-5	4-5	4-5	4-5
C.I. Acid Yellow 220	Degradación	4-5	4-5	4-5	4-5
	Descarga algodón	4	4	3-4	3
	Descarga lana	4	3-4	3-4	4

3.3.3. Solidez de las tinturas a la limpieza en seco

Los resultados se presentan en la tabla 5.

TABLA 5
Solidez de las tinturas a la limpieza en seco

		No tratado	Enzima: 1%	Enzima: 3%	Enzima: 5%
C.I. Acid Blue 80	Degradación	4-5	4-5	4-5	4-5
	Descarga	5	5	5	5
C.I. Reactive Red 116	Degradación	4-5	4-5	4-5	4-5
	Descarga	5	5	5	5
C.I. Acid Black 194	Degradación	4-5	4-5	4-5	4-5
	Descarga	5	5	5	5
C.I. Acid Yellow 220	Degradación	5	5	5	5
	Descarga	5	5	5	5

Las solidez de las tinturas son muy buenas e iguales para los tejidos tratados enzimáticamente y el tejido no tratado, para los cuatro colorantes ensayados.

3.3.4. Solidez de las tinturas al frote

Los resultados de solidez de las tinturas al frote se exponen en la tabla 6.

TABLA 6
Solidez de las tinturas al frote

		No tratado	Enzima: 1%	Enzima: 3%	Enzima: 5%
C.I. Acid Blue 80	Seco	4-5	4	4	4
	Húmedo	4	2	3-4	3
C.I. Reactive Red 116	Seco	4	3-4	3-4	3-4
	Húmedo	4	2-3	2-3	3
C.I. Acid Black 194	Seco	4	3	3	3
	Húmedo	4	2	2	3-4
C.I. Acid Yellow 220	Seco	4-5	4	4	3-4
	Húmedo	4-5	3	3-4	3

Las tinturas realizadas sobre tejido no tratado presentan una solidez al frote en seco y húmedo entre buena y muy buena.

Para los tejidos tratados enzimáticamente la solidez al frote en seco disminuye hasta 1 punto, con respecto a la obtenida para el tejido no tratado.

Sin embargo, la solidez al frote en húmedo se ve bastante más afectada por el tratamiento enzimático, llegando a disminuir hasta en 2 puntos.

3.3.5. Solidez de las tinturas a la luz

Los resultados se muestran en la tabla 7.

TABLA 7.
Solidez de las tinturas a la luz

	No tratado	Enzima: 1%	Enzima: 3%	Enzima: 5%
C.I. Acid Blue 80	5-6	5-6	5-6	5-6
C.I. Reactive Red 116	5	5	5	5
C.I. Acid Black 194	6-7	6-7	6-7	6-7
C.I. Acid Yellow 220	6-7	6-7	6-7	6-7

La solidez a la luz de las tinturas con el colorante ácido y el colorante reactivo es regular, mientras que las realizadas con los colorantes premetalizados son buenas. En ninguno de los casos se produce una variación en estas solidez por efecto del tratamiento enzimático.

4. CONCLUSIONES

4.1. El tratamiento enzimático previo a la tintura produce modificaciones en el comportamiento tintóreo de la lana. En todos los colorantes estudiados, el tratamiento enzimático ha producido un aumento de la velocidad de absorción en los primeros estadios de la tintura. Este comportamiento debe ser causado por la degradación producida por la acción enzimática sobre la superficie de la fibra, lo cual facilita la absorción de los colorantes.

4.2. El agotamiento al final del proceso tintóreo no presenta diferencias importantes entre los tejidos tratados enzimáticamente y los no tratados, en un proceso de tintura a baja temperatura.

4.3. El tratamiento enzimático produce también variación de la apariencia de color. Los tejidos tratados enzimáticamente aparecen más oscuros en las primeras etapas de la tintura como consecuencia de la mayor absorción de colorante. Sin embargo, al final de la tintura presentan un color más claro que el tejido no tratado, a pesar de que la cantidad total de colorante absorbido es prácticamente igual.

4.4. El tratamiento enzimático parece que facilita la difusión del colorante hacia el interior de la fibra, por lo que la tintura sería menos superficial. Esta hipótesis deberá ser comprobada.

4.5. En los colorantes estudiados, el tratamiento enzimático no afecta a las solidez al lavado en seco y a la luz. Se han observado pequeñas disminuciones de la solidez al lavado y al sudor. La solidez al frote, en particular en el frote en húmedo, se ha visto más afectada.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la empresa Artexil el suministro del tejido de lana y la realización de los tratamientos industriales. Nuestro agradecimiento a las empresas Novo Nordisk, Sandoz y

Ciba Geigy por el suministro del enzima y de los colorantes respectivamente y a la Sra. P. Ferrer su colaboración en el trabajo experimental.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Nilsson, T.E., López Ainaga, J.L. Los enzimas en el sector textil. *Revista de Química Textil*, 128, 79-87 (1996).
2. Cegarra, J. Biotecnología aplicada a los procesos de química textil. *Proceeding VI Meeting on Industrial Applications of Enzymes*. AIQS, Barcelona, 103-113 (1995).
3. Riva, A., Cegarra, J., Prieto, R., The role of an enzyme in reducing wool shrinkage. *Journal Society of Dyers and Colourists*, 109(5/6), 210-213 (1993).
4. Levene, R., Cohen, Y., Barkai, D. Applying proteases to confer improved shrink resistance to wool. *Journal Society of Dyers and Colourists*, 112, 6-10 (1996).
5. Briera, M., Nubiola, J. Biotecnología: la revolución bioindustrial llega al textil. Parte I. *Revista de Química Textil*, 359, 70-80 (1998).
6. Riva, A., Cegarra, J., Prieto, R. Einfluß von Enzymbehandlungen auf das Färben von Wolle. *Melliand Textilberichte*, 11/1991, 934-938 (1991).
7. Riva, A., Cegarra, J., Algaba, I., Prieto, R. Effects of an enzymatic treatment on the colour and colour fastness of dyed wool fabrics. 69th IWTO Conference, Christchurch (New Zealand) (2000).
8. Riva, A., Prieto, R. Action of a protease on the dye absorption by wool. 64th IWTO Conference, Harrogate (UK) (1995).
9. Riva, A., Alsina, J.M., Prieto, R. A new possible function of enzymes as auxiliary agents in wool dyeing. *Journal Society of Dyers and Colourists*, 115, 125-129 (1999).
10. Riva, A., Algaba, I., Prieto, R. Efectividad de un tratamiento enzimático en el acabado de tejidos de lana. XXVI Simposio de la AEQCT, Barcelona (España) (2000).
11. Novo Nordisk. Ficha técnica enzima Novolan T.
12. Sandoz. Catálogo técnico de colorantes Sandolán.
13. Ciba-Geigy. Catalogo técnico de colorantes Lanazol.
14. Sandoz. Catálogo técnico de colorantes Lanasyn.
15. Ciba-Geigy. Catalogo técnico de colorantes Lanaset.