

OBTENCIÓN DE TEXTILES ANTIMICROBIANOS FUNCIONALIZADOS IN SITU CON NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE COBRE POR EL MÉTODO DE AGOTAMIENTO

RESUMEN

El presente artículo presenta parte del trabajo realizado en el tema de tesis, del mismo título, para la obtención de un textil que ofrezca la comodidad de un tejido de algodón y la protección antimicrobiana del óxido de cobre. El mismo que forma parte de un proyecto de investigación desarrollado en la Facultad de Ciencias y la Facultad de Ingeniería Química y Textil de la Universidad Nacional de Ingeniería. Es así que el estudio revela el método de la síntesis in situ de nanopartículas de óxido de cobre (agente antimicrobiano), partiendo de una sal de cobre, en presencia de un tejido textil preparado para teñir (PPT), elaborado al 100% de fibra de algodón.

De esta forma se logra que las nanopartículas de óxido de cobre fijadas en el textil otorguen una actividad antimicrobiana de 99.9%, evaluado con la cepa *Escherichia Coli* bajo la norma ASTM E2149-01.

Actualmente el método está registrado en INDECOPI-PERÚ,

siguiendo el proceso para la obtención de la patente, luego de obtener dos premios en el “XIV Concurso Nacional de Inventiones 2015”.

INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud informa que hay millonarios gastos a consecuencia de las infecciones intrahospitalarias, las cuales son causadas principalmente por agentes patógenos, y de los cuales uno de los más comunes es la cepa *Escherichia Coli*.

Una opción para combatir las infecciones intrahospitalarias causadas por agentes patógenos, es la utilización de indumentaria con protección antimicrobiana.

En la producción de tejidos antimicrobianos se pueden considerar diversas posibilidades físicas y químicas. El efecto antimicrobiano se obtiene mediante la aplicación de productos químicos específicos durante la etapa de acabado, o mediante la incorporación de estas sustancias en las fibras

químicas durante el proceso de hilatura.

En el estudio realizado, luego de varios ensayos con diferentes sistemas, se encontró un método similar al proceso de teñido de un colorante del tipo reactivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tejido textil

El textil utilizado corresponde al tipo de tejido plano, de ligamento tafetán, con un gramaje de 170 g/m² cuya composición es 100% algodón, sometido a un blanqueo químico con peróxido de hidrógeno.

Funcionalización

El proceso, por el cual se le otorga a un material una función de otro material, se realizó a través de la síntesis de nanopartículas de óxido de cobre en presencia del tejido textil, en una máquina de teñido a nivel de laboratorio, se procesaron muestras del tejido textil con diferentes concentraciones de acetato de cobre monohidratado, que van desde 0,2% a 1,2% del peso de la muestra del tejido textil, y con una relación de baño de 1:10.

El proceso se realizó siguiendo la curva de aplicación presentada en la figura 1, la cual se obtuvo luego de varios ensayos con la variación de los tiempos del proceso.

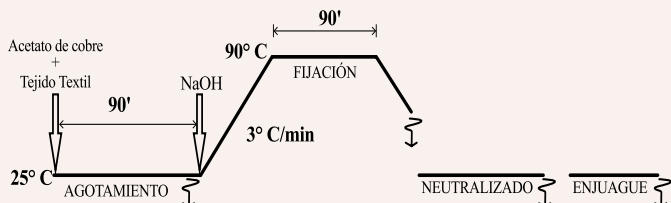


Figura 1: Curva de Funcionalización.

Caracterización

Para la caracterización de las partículas formadas en los textiles se utilizaron dos técnicas:

La microscopía electrónica de barrido de emisión de campo (FESEM), utilizada para ver las partículas en la escala nanométrica.

Y la difracción de rayos X, que es una técnica eficaz para la identificación de materiales en fase cristalina.

Medición del color

Se utilizó el espectrofotómetro de luz visible, DATACOLOR 550, realizando cuatro lecturas por muestra, con la abertura pequeña (9mm) calibrado con especificidad incluida "SCI" (Specular Component Included) y con filtro UV off (UV incluido). Los valores CIELab fueron calculados utilizando el

iluminante D65 y el observador estándar a 10°.

Además, se utilizaron las escalas de grises AATCC, tanto para el cambio de color como para la transferencia de color.

Medición de la actividad antimicrobiana

Se utilizó la norma estándar ASTM-2149-01:2013, con la cepa estándar, Gram negativa, *Escherichia Coli* ATCC 25922, en una concentración de 10³ Unidades Formadoras de Colonia por mililitro (UFC/ml), por espacio de una hora en constante agitación y temperatura constante de 37°C. Se realizó la siembra por duplicado de las soluciones, antes y después del contacto con el textil, en placas de Petri con el medio TSA (Tripteína Soya Agar), que fueron incubadas por 24 horas a 37°C, para finalmente realizar el recuento de las UFC y determinar la actividad antimicrobiana con el cálculo de la reducción porcentual de las UFC (%R).

Evaluación de calidad

Para determinar el efecto del método en las propiedades físicas y solidez del color adquirido debido al óxido de cobre, se realizaron las mediciones antes y después de la funcionalización evaluando la variación porcentual de las mismas. Se realizaron las siguientes evaluaciones, siguiendo las normas de ensayo correspondientes.

- Título del hilo: ASTM D1059-01(2010)
- Densidad del tejido: ASTM D3775-08(2012)
- Gramaje del tejido: ASTM D3776-09a(2013)
- Resistencia a la rotura: ASTM D5034-09(2013)
- Solidez al lavado doméstico: ISO 105 C06: 2010- Test B1M
- Solidez al frote: AATCC TM8:2013

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Funcionalización

El tejido textil adquiere un color beige luego del proceso de funcionalización, tal como se muestra en la figura 2.

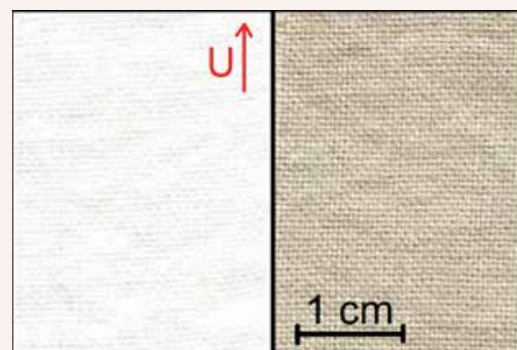


Figura 2: A la izquierda tejido PPT, a la derecha tejido Funcionalizado.

Caracterización

Utilizando la microscopía FESEM se obtuvo la imagen mostrada en la figura 3.

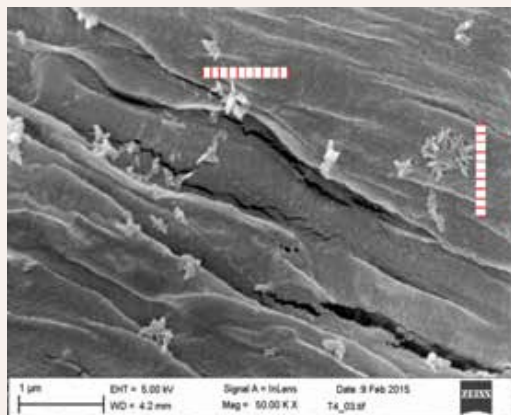


Figura 3: Micrografía del textil Funcionalizado.

Donde se puede comprobar que las partículas obtenidas corresponden a la escala nanométrica.

Por otro lado, realizando la difracción de rayos X al textil, antes y después de la funcionalización, se obtuvo las gráficas mostradas en la figura 4.

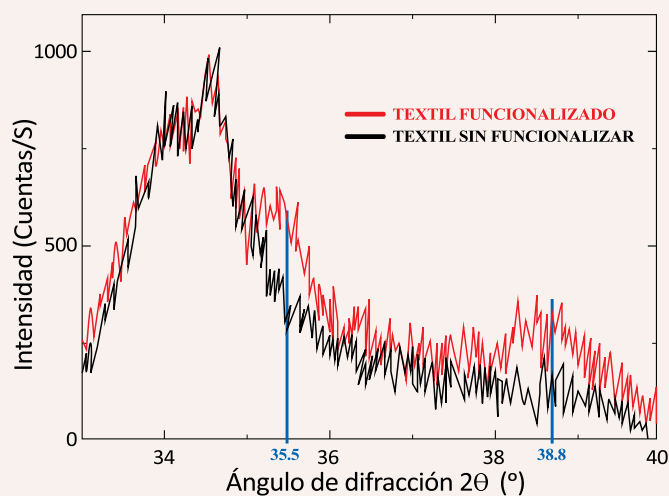


Figura 4: Difractograma del textil.

Donde se puede apreciar la diferencia de intensidades para los ángulos de 35,5 y 38,8, que son picos característicos del óxido de cobre.

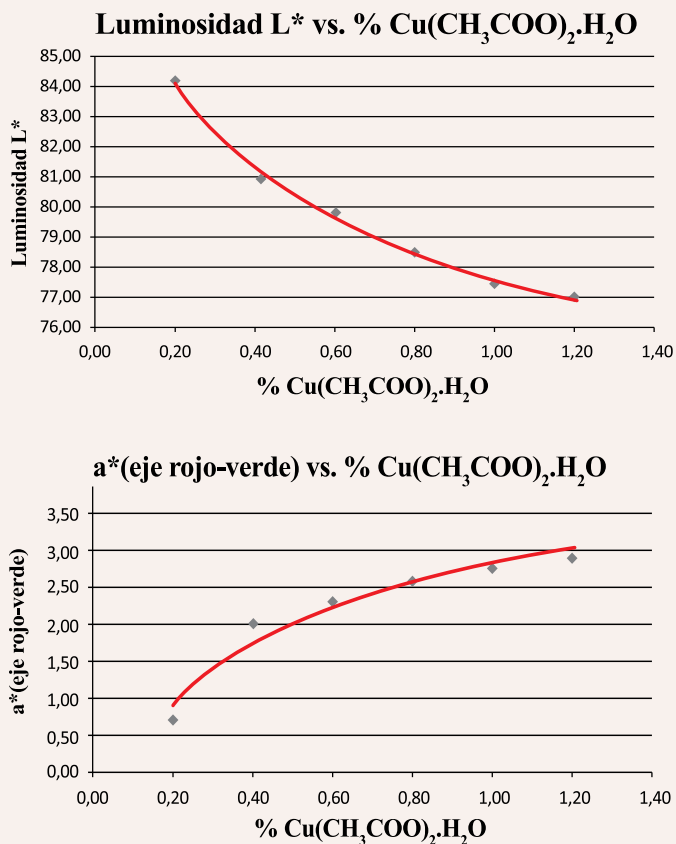
Análisis colorimétrico

Por cada concentración de acetato de cobre monohidratado se procesaron 3 muestras, cada una de ellas fue medida con el espectrofotómetro Datacolor 550, y se calculó un promedio aritmético por cada factor CIELab. Obteniéndose los resultados mostrados en la tabla 1.

Tabla 1: Promedio de lecturas con Datacolor 550.

Concentración (%)	L*	a*	b*
0,20	84,16	0,73	11,68
0,40	80,99	2,02	13,92
0,60	79,82	2,30	12,49
0,80	78,60	2,59	12,85
1,00	77,46	2,77	12,85
1,20	76,93	2,88	12,43

Luego se realizó el análisis por cada factor CIELab por separado, obteniéndose las gráficas de la figura 2.



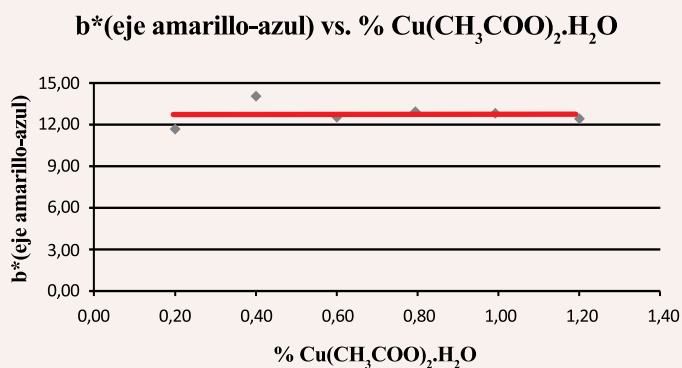


Figura 5: Factores CIELab vs. Porcentaje de acetato de cobre monohidratado.

De donde se observó que a medida que se incrementa la concentración de acetato de cobre monohidratado la luminosidad desciende, es decir se torna más oscuro; el tono rojizo aumenta, mientras que el tono amarillento se mantiene constante.

Actividad antimicrobiana

Los textiles procesados se enfrentaron a la cepa estándar ATCC 25922, *Escherichia Coli*, y los resultados obtenidos de la reducción porcentual de UFC se muestran el gráfico de la figura 5.

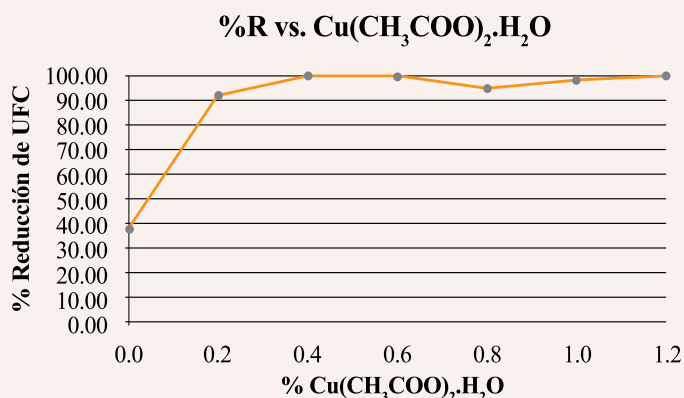


Figura 6: Porcentaje de reducción de UFC vs. % de acetato de cobre monohidratado.

De donde se observó, que con 0,2% de acetato de cobre ya se supera el 90% de reducción de UFC, y este valor se va incrementando conforme se incrementa el porcentaje de acetato de cobre.

Evaluación de Calidad

De cada una de las propiedades analizadas tenemos:

Propiedades Físicas

En la tabla 2 se muestran las mediciones de títulos, densidad de hilos y la resistencia y elongación a la rotura.

Tabla 2: Variación en las propiedades físicas.

SENTIDO	URDIMBRE			TRAMA		
	PPT	Funcionalizado	%V	PPT	Funcionalizado	%V
Titulo (Ne)	20,34	18,82	-7,47	21,07	19,40	-7,92
Densidad (hilos/Pulgada)	71,6	71,4	-0,27	57,6	59,8	3,82
Resistencia a la Rotura (Kg/m)	30,3	41,7	37,62	25,5	27,3	7,06
Elongación de rotura (%)	18,65	22,19	18,98	15,88	16,00	0,76

En cuanto al título se pudo observar una disminución del mismo, es decir se vuelven menos finos.

En cuanto a la densidad, se puede observar que en el sentido de la urdimbre la densidad prácticamente no se ve afectada, mientras que en el sentido de la trama hay un ligero incremento.

En cuanto a la resistencia a la rotura, se puede observar un gran incremento en el sentido de la urdimbre, mientras que en el sentido de la trama el incremento es leve.

En cuanto a la elongación a la rotura, se puede observar que en el sentido de la urdimbre hay un incremento considerable, mientras que en el sentido de la trama prácticamente no hay variación.

Gramaje (g/m²)

En la tabla 3 se muestran las mediciones del gramaje antes y después de la funcionalización, y se puede observar que el gramaje prácticamente no se ve afectado.

Tabla 3: Variación del gramaje

Medición	PPT	Funcionalizado
1	170,43	168,74
2	169,38	168,83
3	169,95	169,32
Promedio	169,92	168,96
Variación (%)	-0,56	

Evaluación de las solideces de color

Para la evaluación de las solideces es importante recordar la escala de valores (grados) utilizada, donde el grado 1 indica la más baja solidez (gran transferencia de color o gran cambio de color) y el grado 5 la más alta solidez (no hay transferencia de color o no hay cambio de color).

Solidez al lavado doméstico

Se analizó en ambos sentidos del tejido textil funcionalizado y se evaluó con ambas escalas de grises (transferencia y cambio de color) en la cabina de luces bajo luz D65. Los resultados se muestran en la tabla 4.

Tabla 4: Solidez al lavado doméstico según ISO 105 C06 B1M

EVALUACIÓN	TESTIGO	MUESTRA	
		Sentido Urdimbre	Sentido Trama
Transferencia de color	Di-acetato	4-5	4-5
	Algodón	5	4-5
	Poliamida	4	4
	Poliéster	5	5
	Acrílico	5	5
	Lana	4-5	4
Cambio de color		5	4-5

Donde se observó que el textil funcionalizado tiene una excelente solidez al lavado doméstico. Observamos valores de 4-5 y 5 para el cambio de color. Es decir, la variación del color, antes y después del lavado, es tan pequeña que es difícil de notar sin los instrumentos de medición.

Solidez al frote:

Se analizó en ambos sentidos del tejido textil funcionalizado, tanto en seco como en húmedo, en la cabina de luces bajo luz D65. Los resultados se muestran en la tabla 5.

Tabla 5: Solidez al frote según AATCC TM8:2013

EVALUACIÓN	TESTIGO	MUESTRA	
		Sentido Urdimbre	Sentido Trama
Transferencia de color	Húmedo	4-5	4
Transferencia de color	Seco	5	4-5

Donde se observó que el textil funcionalizado tiene una excelente solidez al frote en seco, mientras que para el frote en húmedo disminuye apenas un grado.

Conclusiones

1. El CuO otorga un color beige a los textiles elaborados al 100% de algodón, el cual va tornándose más oscuro y rojizo con el incremento de las nanopartículas sobre el textil.
2. A partir de 0,2% de acetato de cobre monohidratado, se pueden obtener textiles funcionalizados con un porcentaje de reducción de UFC, mayores al 90%.
3. El proceso de funcionalización con nanopartículas de óxido cobre, no es agresivo con la fibra de algodón, es decir no deteriora sus propiedades físicas.
4. La adhesión de las nanopartículas de CuO con la celulosa del algodón, es muy fuerte, permitiendo obtener excelentes grados de solidez, ante agentes de carácter físico como son las pruebas de solidez al lavado y al frote.

Apéndice.



Figura 7: Exhibición en el “XIV Concurso Nacional de Invencciones 2015”.

Agradecimientos

“El presente trabajo fue desarrollado bajo la financiación recibida por el Programa Nacional de Innovación para la Competitividad y Productividad - Innóvate Perú (Convenio 368-PNICP-PIAP-2014) y el Instituto General de Investigación de la Universidad Nacional de Ingeniería”.

Se agradece a la Ing. Esmeralda Román, Lic. Flavia Castro y la Dra. Dora Maúrtua por los análisis microbiológicos y la interpretación de los mismos, a la Ing. Carmen Uribe por la interpretación de los resultados de calidad textil y a la Dra. Mónica Gómez y al Dr. José Solís por los análisis estructurales y morfológicos de los textiles.

A las instituciones que colaboraron: Universidad de OULU-Finlandia, donde se realizaron los análisis de caracterización, la Universidad Peruana Cayetano Heredia, donde se realizaron los análisis biológicos, la Universidad de São Paulo-Brasil, donde se realizó la funcionalización de los textiles.

A la fábrica textil “Tejidos San Jacinto S.A.”, que donó el tejido PPT para la realización de las diferentes pruebas durante el proyecto de investigación.