

MICROENCAPSULACIÓN DE ACETATO DE TRICLOSAN POR POLIMERIZACIÓN INTERFACIAL PARA APLICACIONES TEXTILES

Tito Enrique Herrera Larrasilla^{1*}, Cristina E. Martínez Vitela², Benjamín Valdez Salas¹

¹ Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, México, correo electrónico therrera@uag.mx

² Instituto Tecnológico de Aguascalientes, Aguascalientes, México.

RESUMEN

El triclosan es uno de los agentes antimicrobianos más utilizados a nivel mundial por su baja toxicidad y su alta efectividad para combatir hongos y bacterias. Sin embargo, algunas de las desventajas que presenta en las aplicaciones textiles son: bajo punto de fusión y su solubilidad en medios alcalinos, por lo cual se pierde durante los procesos térmicos y lavado. Se ha reportado el uso de acetato de triclosan, como una alternativa para prolongar el efecto antibacterial en textiles con tratamiento superficial y también se ha microencapsulado triclosan utilizando polilactida como polímero coraza, también para aplicaciones superficiales. El objetivo del presente trabajo es la microencapsulación de triclosan para proporcionar propiedades antimicrobianas a las fibras textiles tanto en aplicaciones superficiales como integrado durante la extrusión en húmedo.

Palabras clave: Acetato de Triclosan, microencapsulación, fibra antibacterial

ABSTRACT

Triclosan is a widely used antimicrobial agent because it's high efficiency to eliminate bacteria and molds with a low toxicity to human health. A low melting point and solubility in alkaline media are two important disadvantages for its application in textile fiber. Under these conditions Triclosan is lost during textile washing and thermal processes. Triclosan acetate represents an alternative to improve the antibacterial efficiency on surface treated textile, including also the microencapsulation in polyactide as a shield polymer. The aim of this research is focused on the microencapsulation of Triclosan to impart antibacterial properties to textile fibers, both in surface applications and by addition during the wet extrusion process.

Keywords: Triclosan acetate, microencapsulation, antibacterial fiber

1. INTRODUCCIÓN

El triclosan es uno de los productos que más se han utilizado para dar propiedades antimicrobianas a los textiles. Este agente antibacterial se ha popularizado por su efectividad contra hongos y bacterias y por su baja toxicidad hacia los humanos. El triclosan se encuentra comúnmente en jabones, enjuagues bucales, cremas, pomadas, talcos, etc. Tiene un punto de fusión relativamente bajo de 56 a 58°C y a una temperatura ambiente su presión de vapor es suficiente para que migre formando a su alrededor un halo de inhibición. El triclosan se ha utilizado con éxito en aplicaciones superficiales, para dar propiedades antimicrobianas a las fibras de origen celulósico, como lino, algodón, rayón, *Lyocel*, etc. Estos tratamientos son superficiales y se pierden gradualmente con los lavados. El triclosan también se ha utilizado con éxito en las fibras que se obtienen por procesos de extrusión en húmedo, como la fibra acrílica. Dependiendo del tipo de proceso de extrusión, la incorporación del triclosan a la fibra puede presentar diferentes dificultades y cada una de ellas puede ser resuelta de diferentes maneras.

En el caso de extrusión en húmedo, usando como disolvente dimetilformamida (DMF), es

particularmente difícil la incorporación de triclosan a la fibra en el proceso de extrusión ya que su gran solubilidad en DMF hace que se pierda la mayor parte en el baño de coagulación. Una alternativa para resolver este problema es la microencapsulación de triclosan, ya que la coraza de las microcápsulas se puede diseñar tanto para resistir el disolvente, como los procesos térmicos. En este trabajo se prepararon microcápsulas de triclosan utilizando como coraza un polímero entrecruzado para darle resistencia a disolventes y a los procesos térmicos.

De las distintas técnicas de microencapsulación que existen, se seleccionó la polimerización interfacial ya que en esta técnica se tiene control sobre el diseño del polímero de la coraza.

Desde 1970 se han publicado diferentes artículos acerca de la actividad antimicrobiana del triclosan y sus derivados. La actividad antimicrobiana de estos productos, se describe en diversas patentes de *Ciba Geigy* [1,2].

En la industria textil, el triclosan se ha utilizado principalmente para las fibras de origen celulósico. En 2004, *Payne* [3], patentó el tratamiento de algodón y mezclas de algodón con triclosan mezclado con resinas de poliuretano y agentes plastificantes. También se ha utilizado el triclosan en aplicaciones por agotamiento en textiles diferentes al algodón, como en el caso de tejidos de nylon y poliéster [4], aunque la resistencia a los lavados no ha sido muy buena.

Se han preparado algunos de polímeros termoplásticos incorporando triclosan en el proceso de extrusión, como lo reporta *Kaylon* [5], pero han requerido de cantidades relativamente altas de triclosan para obtener la actividad antibacteriana necesaria.

Otros incorporaron triclosan en un polímero termoplástico no textil, durante el proceso de polimerización, como se demuestra en el trabajo de *Iconomopoulou et al.* [6], con el fin de obtener una liberación prolongada del agente antibacteriano en los productos hechos con esta resina.

En la patente de *Li Shulong* [8], de *Milliken & Co.*, propone el uso de acetato de triclosan, como una alternativa para prolongar el efecto antibacteriano en textiles con tratamiento superficial, al disminuir mediante el acetato de triclosan la solubilidad en medio alcalino del triclosan y bajar la volatilidad del mismo.

Satyendra Mishra [7] y sus colaboradores sintetizaron diferentes derivados esterificados de triclosan con otros propósitos diferentes a las aplicaciones textiles, los resultados son una gran variedad de ésteres derivados de triclosan diseñados con actividad contra la malaria. No se reportan en este artículo los puntos de fusión de los derivados obtenidos, pero de acuerdo a su estructura química, algunos de ellos pueden tener puntos de fusión lo suficientemente altos para resistir los procesos de extrusión.

Hong y Park [9] realizaron un estudio de la microencapsulación de fragancias utilizando la

técnica de polimerización interfacial en polímeros tipo poliuretanos y poliureas, para analizar el efecto de diferentes segmentos de poliéter glicol en la formación de la coraza de las microcápsulas y su influencia en la liberación prolongada de la fragancia.

Bogna Goetzendorf-Grabowska et al. [10], encapsularon triclosan en poli(1,1-lactida), logrando microcápsulas de liberación prolongada para dar propiedades antimicrobianas a textiles no-tejidos, aunque la aplicación solo fue de manera superficial y no internamente en la fibra.

El objetivo de este trabajo es la obtención de microcápsulas de triclosan con las propiedades necesarias para ser aplicadas en la superficie de los textiles, como también para ser incluidas en el proceso de extrusión de fibra acrílica. Para lograr esto, las microcápsulas deben cumplir con dos condiciones: 1) El polímero de la coraza debe tener una baja solubilidad en dimetilformamida (DMF) y 2) el tamaño de las microcápsulas debe ser suficientemente pequeño para no obstruir los orificios de las espreas y para no afectar las propiedades de resistencia mecánica de la fibra.

En el presente trabajo se realizó primero un estudio de los factores que influyen en la formación de las microcápsulas tanto en cuanto a las características de solubilidad, como al tamaño de las mismas. Este estudio se realizó primero con microcápsulas vacías y después los resultados obtenidos se utilizaron para la microencapsulación de triclosan para aplicarlos a los textiles y probar su actividad antimicrobiana a diferentes ciclos de lavado.

2. PARTE EXPERIMENTAL.

2.1. Reactivos y equipo. El triclosan utilizado fue adquirido directamente con el productor en México, *Organosíntesis, S. A.* De C.V. El diisocianato de 2,4 tolieno es de *Fluka Chemika* grado técnico 95% (HPLC). Los disolventes utilizados como medios de reacción y para la purificación de los productos fueron de *J.T. Backer*. Los espectros de FTIR se determinaron en un equipo *Perkin-Elmer* Modelo *Spectrum RX I FT-IR*.

2.2. Técnicas experimentales.

2.2.1. Microencapsulación. La microencapsulación se realizó por medio de la técnica de polimerización interfacial en base poliuretano y poliurea. El método consiste básicamente en dispersar la fase orgánica (diisocianato + agente a encapsular), en una fase acuosa (agua + surfactante + diol + triol o triamina). Se realizaron dos diseños de experimentos: el primero fue para minimizar la solubilidad de las microcápsulas y el segundo para minimizar el tamaño de las mismas. Estas pruebas se hicieron con microcapsulas sin triclosan.

2.2.2. Solubilidad de las microcápsulas. Las pruebas de solubilidad de las microcápsulas se hicieron dispersando 1 g de microcápsulas secas en 10 mL de DMF y dejando en agitación

magnética durante 60 minutos. Después se filtraron microcápsulas insolubles y se cuantifican gravimétricamente.

2.2.3. Actividad Antimicrobiana. La evaluación de actividad antimicrobiana se hizo por el método de AATCC-147 (98). Que consiste en colocar el textil sobre una caja *Petri* con agar nutritivo y sembrar estrías paralelas del microorganismo sobre la superficie de la caja y el textil a evaluar. Después de la incubación de 24 horas, se analiza si hubo crecimiento del microorganismo sobre el textil y en caso de que haya halo de inhibición se mide. Las pruebas se hicieron utilizando la bacteria *Staphylococcus aureus*.

2.2.4. Tamaño de partícula. Las mediciones de tamaño de partícula se hicieron en un equipo analizador de partículas por gravedad/centrifugación marca *Shimadzu* modelo SA-CP3.

2.2.5. Caracterización de las microcápsulas. Se les determinó el tamaño de las microcápsulas, su resistencia al disolvente y su efectividad antibacterial.

2.2.6. Pruebas en productos textiles. Se probó la efectividad antimicrobiana de las microcápsulas de triclosan tanto en aplicación superficial como dentro de la masa en la extrusión de fibra acrílica.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Condiciones de microencapsulación. En esta serie de pruebas preliminares, el objetivo fue encontrar las condiciones de la microencapsulación que minimizaran la solubilidad de las microcápsulas en el disolvente de extrusión que es el DMF. Estas pruebas se hicieron sin triclosan.

Son varios los factores que influyen en la formación de las microcápsulas:

- 1) Porcentaje de exceso de TDI
- 2) Relación de grupos di y trifuncionales
- 3) Tipo de agente entrecruzante: Triol o Triamina
- 4) Velocidad del emulsificador
- 5) Velocidad de agitación durante la reacción
- 6) Relación agua/reactivos.
- 7) Proporción de tensioactivo/agua

De acuerdo a la experiencia previa y a las referencias consultadas, *Hong y Park* [9], las tres primeras influyen más en la solubilidad de las microcápsulas y las otras cuatro con el tamaño de las mismas.

3.1.1. Porcentaje de exceso de TDI. Durante las pruebas preliminares de microencapsulación, se observó formación de espuma. Esto es debido a que en la polimerización

interfacial existe la posibilidad de que el TDI reaccione con el agua presente en el sistema y esto puede afectar al proceso de microencapsulación. Es por eso que se realizó una serie de pruebas para ver el efecto del exceso de TDI en el sistema contra la solubilidad de las microcápsulas. Las condiciones utilizadas en esta serie de pruebas se muestran en la Tabla 1 y los resultados en la Figura 1.

Tabla 1. Condiciones experimentales para el estudio del efecto del exceso de TDI sobre la solubilidad de las microcápsulas.

<i>Variable</i>	<i>Valor</i>	<i>Unidades</i>
Velocidad de Emulsificación	15.000	rpm
Agitación durante la reacción	350	rpm
Tiempo	90	min
Temperatura	30	°C
Agua	200	mL
Diol	19,0	mM
Triol	19,0	mM
Tensioactivo	20	mL

La Figura 1 muestra una relación inversa entre el porcentaje de exceso del TDI y la solubilidad de la coraza. Esto se debe a que, como se mencionó antes, durante la emulsificación, parte del TDI reacciona con el agua y esto contribuye a la formación de espuma durante la reacción. El exceso de TDI, compensa al reaccionado con el agua y permite una mejor formación del polímero coraza.

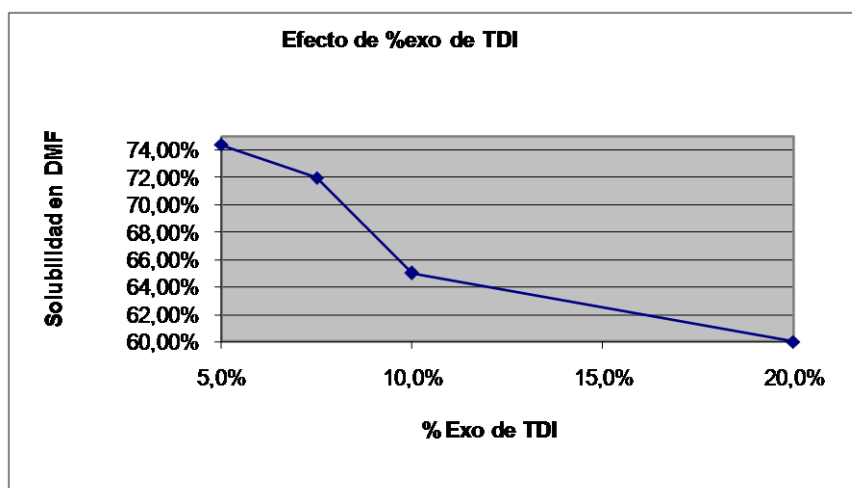


Figura 1. Efecto del exceso de TDI sobre la solubilidad de la coraza de las microcápsulas.

3.1.2. Relación de grupos di y trifuncionales. Se realizó otra serie de pruebas para ver el efecto de la proporción entre el triol y el diol sobre la solubilidad de las microcápsulas. Las condiciones experimentales se encuentran en la Tabla 2 y los resultados en la Figura 2.

Tabla 2. Condiciones experimentales para el estudio del efecto de la proporción de triol y diol sobre la solubilidad de las microcápsulas.

<i>Variable</i>	<i>Valor</i>	<i>Unidades</i>
Velocidad de emulsificación	15.000	rpm
Agitación durante la reacción	350	rpm
Tiempo	90	min
Temperatura	30	°C
Agua	200	mL
TDI	57,00	mM
Tensioactivo	20	mL

La Figura 2, muestra también una relación inversa entre el incremento en la proporción entre triol/diol y la solubilidad de la coraza, ya que a mayor cantidad de triol, la estructura del polímero es mas entrecruzada y esto disminuye la solubilidad de la coraza.

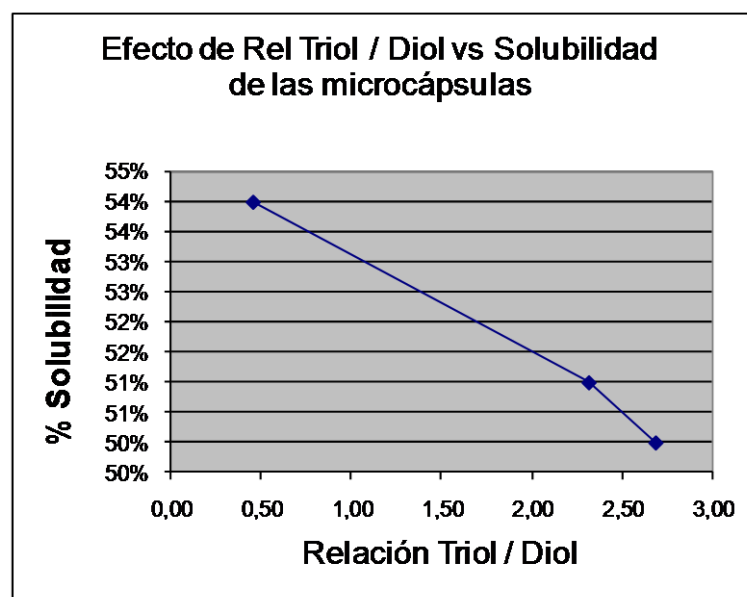


Figura. 2. Efecto de la relación triol/diol sobre la solubilidad de las microcápsulas.

3.1.3. Tipo de agente entrecruzante: Triol o Triamina. La función del compuesto trifuncional es formar una estructura tridimensional que dificulte la solubilidad de las microcápsulas. El compuesto entrecruzante puede ser un triol o una triamina. En la Tabla 4 se muestra que la solubilidad más baja se encontró cuando se utiliza una triamina.

Tabla 3. Condiciones experimentales para el estudio del efecto del tipo de compuesto trifuncional triol y diol sobre la solubilidad de las microcápsulas.

<i>Variable</i>	<i>Valor</i>	<i>Unidades</i>
Velocidad de Emulsificación	15.000	rpm
Agitación durante la reacción	350	rpm
Tiempo	90	min
Temperatura	30	°C
Agua	200	mL
Diol	10.000	mM
Triol	25.000	mM
TDI	57.000	mM
Tensioactivo	20	mL

En la Tabla 4, se puede observar que los mejores resultados de insolubilidad de la coraza, se obtuvieron cuando se utilizó una triamina que cuando se usó un triol. Esto puede deberse a que los grupos aminos son agentes nucleófilos más fuertes y reaccionan más rápido que los grupos OH del triol.

Tabla 4. Resultados de la influencia del tipo de molécula trifuncional sobre la solubilidad de las microcápsulas.

Compuesto	% Solubilidad
Triol	50%
Triamina	36%

Tabla 5. Diseño ortogonal *Taguchi* L₉.

<u>FACTORES</u>	<u>NIVELES</u>		
A (1) = Velocidad de agitación en la emulsión	15000	18000	22500
B (2) = Velocidad de agitación en la reacción	340	880	1000
C (3) = Proporción de reactivos en agua	5%	10 %	20 %
D (4) = Concentración del tensioactivo	5%	10 %	20 %

3.2. Factores que influyen en el tamaño de las microcápsulas. El tamaño de las microcápsulas depende de varios factores como son: 1) Velocidad de agitación en la emulsificación (VEMUL), velocidad de agitación durante la polimerización interfacial (VEPI), relación agua/reactivos (REAR) y la concentración del emulsificante. Para optimizar el tamaño de las microcápsulas, se realizó un diseño ortogonal L₉ con la metodología *Taguchi*, con 4 factores y 3

niveles cada uno. Las variables y sus niveles de variación, se presentan en la Tabla 5 y el diseño ortogonal L₉ y los resultados de las se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Diseño experimental y resultados del tamaño de las microcápsulas.

No.	VEMUL rpm	VEPI rpm	%React	%Surf	Media diámetro(μm)
1	15.000	340	5	5	26,11
2	15.000	880	10	10	3,20
3	15.000	1000	20	20	1,70
4	18.000	340	10	20	1,09
5	18.000	880	20	5	20,81
6	18.000	1000	5	10	1,71
7	22.500	340	20	10	12,62
8	22.500	880	5	20	0,76
9	22.500	1000	10	5	8,84

3.2.1. Análisis estadístico. Para el análisis estadístico del diseño experimental de optimización se utilizó el paquete computacional *STATISTICA* con el propósito de encontrar la combinación óptima de factores. En la Tabla 7 se puede verificar las características analizadas. Aunque se analizaron también la solubilidad de las microcápsulas y el rendimiento de cada prueba, el diseño experimental solo se utilizó para optimizar el tamaño de partícula.

Tabla 7. Diseño L9 tabla de mediciones y resultados.

#	1	2	3	4	5	6	7
#	V_EMULSI	V_REACCI	PROP_R_A	C_SURFAC	DIÁMETRO	SOLUBILI	RENDIM
1	1.000	1.000	1.000	1.000	26.110	33.000	82.000
2	1.000	2.000	2.000	2.000	3.200	37.000	92.000
3	1.000	3.000	3.000	3.000	1.700	36.000	93.000
4	2.000	1.000	2.000	3.000	1.090	46.000	61.000
5	2.000	2.000	3.000	2.000	20.810	38.000	94.000
6	2.000	3.000	1.000	1.000	1.720	45.000	90.000
7	3.000	1.000	3.000	2.000	12.620	32.000	86.000
8	3.000	2.000	1.000	3.000	0.760	50.000	99.000
9	3.000	3.000	2.000	1.000	8.840	38.000	87.000

3.3.2. Análisis por efecto. En la Tabla 8 se muestran los efectos de los factores en el tamaño del diámetro medio de la partícula. Donde se puede ver que la variable 4 tiene mayor efecto.

Tabla 8. Efectos por factor para tamaño de partícula.

DISEÑO DE EXPERIM Factor	Media = 8,53778 Sigma = 9,44706		
	Nivel	Efecto del Tamaño	Error estándar
(1) V_EMULSI	1.000	1,799	---
(2) V_REACCI	1.000	4,736	---
(3) PROP_R_A	3.000	3,172	---
(4) C. SURFAC.	1.000	10,049	---
Expected S/N		28,293	---

3.2.3. Análisis por nivel. El análisis de las variables por nivel nos indica que la variable A (1), que es la velocidad a la que se realiza la emulsión, tiene una tendencia a disminuir el tamaño de partícula conforme se incrementa la velocidad, sin embargo, la Tabla 9 no muestra una diferencia significativa entre los niveles 2 y 3. La variable B es la velocidad de agitación en la reacción también presenta una tendencia a disminuir el tamaño de partícula conforme aumenta la velocidad de agitación. La variable C es la proporción de los reactivos con respecto a la cantidad de agua, no muestra una tendencia lineal. La concentración del tensioactivo es la variable D, sigue una tendencia lineal inversa que indica que a mayor concentración de tensioactivo menor tamaño de partícula.

Tabla 9. Tabla de efectos por niveles para tamaño de partícula.

DISEÑO DE EXPERIM Efecto	Media = 8,53778 Sigma = 9,44706			
	Nivel	Medias	Parámetro estimado	Desviación estándar
(1) V_EMULSI	1.000	10,33667	1,7989	13,6807
	2.000	7,87000	-0,6678	11,2107
	3.000	7,40667	-1,1311	6,0585
(2) V_REACCI	1.000	13,27333	4,7356	12,5228
	2.000	8,25667	-0,2811	10,9398
	3.000	4,08333	-4,4544	4,1194
(3) PROP_R_A	1.000	9,52667	0,9889	14,3694
	2.000	4,37667	-4,1611	4,0068
	3.000	11,71000	3,1722	9,5875
(4) C. SURFAC.	1.000	18,58667	10,0489	8,8471
	2.000	5,84333	-2,6944	5,9159
	3.000	1,18333	-7,3544	0,4769

3.3. Determinación de la combinación óptima y predicciones de respuesta para los

niveles óptimos. Para seleccionar los factores óptimos se examinaron las gráficas de factoriales, de acuerdo al análisis de la gráfica de efectos principales, la cual se encuentra en la Figura 3; la combinación óptima de factores para obtener el menor tamaño de partícula es la siguiente: A₃B₃C₂D₃, en donde A, B, C y D son las variables o factores; los números 3 y 2 son los niveles de dichas variables.

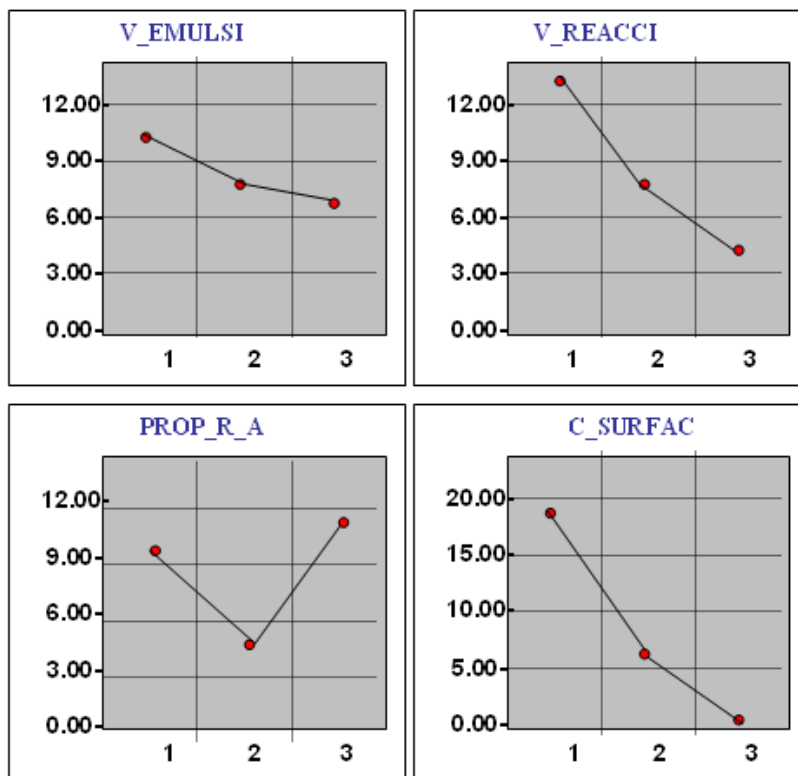


Figura 3. Representación de los efectos principales para el diámetro medio.

3.3.1. Predicciones de respuesta para los niveles óptimos. Con objeto de confirmar que los resultados puedan reproducirse, se debe generar una estimación de la respuesta, utilizando la condición recomendada. Esto se compara con los resultados del experimento confirmatorio, esto es, una corrida experimental usando la condición óptima.

La estimación de la respuesta se deriva al utilizar aditividad de efectos.

μ : estimación del promedio del proceso en la condición óptima.

T: promedio general de los datos

C_n : número de factores

$$\mu = T + (C_1 - T) + (C_2 - T) + \dots + (C_n - T) \quad (1)$$

Los valores medios que se sustituyen se toman de la tabla de efectos por niveles.

$$\mu = A_3 + B_3 + C_2 + D_3 - 3T \quad (2)$$

$$\mu = 7,40667 + 4,08333 + 4,37667 + 1,18333 - 3(8,53778) \quad (3)$$

Respuesta estimada: $\mu = -8,5377$ micras.

La combinación sugerida generó una estimación negativa de la respuesta; esto se puede interpretar como que el valor esperado en la corrida confirmatoria debe ser más pequeño que el resultado menor obtenido en el diseño experimental, el cual fue de 0,76 μm . Este valor se aprecia en la Tabla 10.

El experimento confirmatorio se realizó con la combinación óptima: Velocidad de agitación en la emulsión de 22.500 rpm, la velocidad de agitación durante la reacción de 1.000 rpm, la relación de reactivos-agua de 10% y concentración del tensioactivo de 20%. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 13.

Tabla 10. Resultados del experimento confirmatorio.

Parámetro	Valor
Tamaño de Partícula	Diámetro medio de 0,4 μm .
Distribución de partícula	Entre 0,2 y 1,5 μm
Solubilidad de la coraza de la microcápsula	36%.
Rendimiento de la reacción	92%

3.4. Preparación de microcápsulas con triclosan. Una vez estudiados los efectos de las diferentes variables que influyen en la insolubilidad tamaño de las microcápsulas, se procedió a la microencapsulación del triclosan para probar su actividad antimicrobiana, tanto las microcápsulas solas, como en aplicación superficial de la fibra y dentro de la misma en el proceso de extrusión de fibra acrílica. Los resultados se muestran en las Tablas 11, 12 y 13. Se puede observar en la Tabla 11 que aun las microcápsulas sin triclosan fueron probadas, para comprobar que el polímero no tiene actividad antibacteriana por si mismo, sino solo cuando está presente el triclosan.

Tabla 11. Resultados de las pruebas antibacteriales preliminares

Tipo de Muestra	Halo de inhibición	Solubilidad de la coraza
Microcápsulas secas sin agente antibacterial.	0 mm.	
Microcápsulas secas con agente antibacterial.	10 mm.	72%.
Cobertor con aplicación superficial de microcápsulas.	8 mm.	
Fibra con microcápsulas en la masa.	5 mm.	72%

3.5. Resistencia a los lavados. Las muestras de los textiles tratados con las microcápsulas de

triclosan, se sometieron a pruebas de lavado acelerado en un equipo *Atlas Launder Ometer*. En la Tabla 12, se presentan los resultados de las pruebas de aplicación superficial de las microcápsulas de triclosan sobre tela de cobertor acrílico. La aplicación se hizo con microcápsulas diluidas y sumergiendo la muestra del cobertor en la suspensión de las microcápsulas. La muestra, se exprimó y se secó antes de realizar la evaluación. La aplicación fue de 0,310% de triclosan, base tela. La muestra mantuvo sus propiedades antibacteriales aun después de 30 ciclos de lavado.

Tabla 12. Resultados de la efectividad antibacterial de una muestra de cobertor acrílico tratado superficialmente con microcápsulas de triclosan sobre la superficie.

RESULTADOS Efectividad antibacterial (vs. <i>S. aureus</i>).				
# de Ciclos de lavado	prueba 1		prueba 2	
	Halo (mm)	% de crecimiento	Halo (mm)	% de crecimiento
0	10	0	10	0
5	10	0	10	0
10	10	0	8	0
15	10	0	10	0
20	6	0	4	0
30	5	0	4	0

En la Tabla 9, se muestran los resultados de una muestra de fibra acrílica obtenida agregando las microcápsulas de triclosan en la solución del polímero en DMF, antes de realizar el proceso de extrusión. La aplicación fue de 0,308% de triclosan base fibra. Los resultados muestran una buena actividad antibacterial aun después de 60 ciclos de lavado.

Tabla 13. Resultados de la efectividad antibacterial de la muestra de fibra acrílica con microcápsulas de triclosan en la masa.

Efectividad antibacterial (vs. <i>S. aureus</i>).				
# de Ciclos de lavado	prueba 1		prueba 2	
	Halo (mm)	% de crecimiento	Halo (mm)	% de crecimiento
0	10	0	10	0
20	6	0	6	0
40	2	0	2	0

60	2	0	2	0
----	---	---	---	---

3.6. Microfotografías de las microcápsulas del experimento confirmatorio. En la Figura 4, se muestra la microfotografía donde se aprecian los tamaños relativos de las microcápsulas comparados contra una fibra acrílica 3 denier, con diámetro a aproximado a 20 micras. Puede notarse como las microcápsulas pueden caber perfectamente en la fibra.



Figura 4. Microcápsulas de Triclosan comparadas contra una fibra acrílica 3 denier.

CONCLUSIONES

Se estudiaron los efectos de los diferentes factores que influyen en la solubilidad de la coraza de las microcápsulas, así como aquellos que afectan el tamaño de las mismas.

Se logró microencapsular triclosan mediante polimerización interfacial utilizando una triamina como agente entrecruzante.

Las microcápsulas de triclosan mantuvieron la actividad antimicrobiana del triclosan y fueron efectivas para dar estas propiedades en tratamientos superficiales a textiles y resistieron hasta 30 ciclos de lavado.

Las microcápsulas de triclosan fueron efectivas también para dar propiedades antimicrobianas a la fibra acrílica obtenida mediante el proceso de extrusión en húmedo, manteniendo efecto antimicrobiano aun después de 60 ciclos de lavado.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Model Basel E, Bindler J. Geigy Corporation. USP 3,506,720 (1970)
- [2] Model, Basel E, Bindler J. Ciba-Geigy Corporation. USP 3,904,696 (1975)
- [3] Payne SA, *Antimicrobial Superfinish and Method of Making*, United States Patent Application no 20040077747 (2004)
- [4] Mao JW, Murphy L “Durable Freshness for Textiles”, *AATCC Review*, **1**, 28 (2001)
- [5] Kalyon BD, Olgun U “Antibacterial Efficacy of Triclosan-incorporated Polymers”, *Am. J. Infect. Contr.*, **29**, 124 (2001)

- [6] Kalyon, Iconomopoulou SM, Andreopoulou AK, Soto A, Kallitsis JK, Voyiatzis GA “*Incorporation of Low Molecular Weight Biocides into Polystyrene-divinyl Benzene Beads with Controlled Release Characteristics*”, *J. Contr. Release*, **102**, 223 (2005)
- [7] Satyendra Mishra, Krishanpal Karmodiya, Prasanna Parasuraman, Avadhesha Suroliia, Namita Suroliab, *Design, synthesis, and application of novel triclosan prodrugs as potential antimalarial and antibacterial agents*”, *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, **16**, 5536 (2008)
- [8] Li S “*Esterified Triclosan Derivatives as improved textile antimicrobial agents*”. Patente número WO9942650.
- [9] Hong K, Park S “*Preparation of polyurethane microcapsules with different soft segments and their characteristics*”, *Reactive and Functional Polymers*, **42(3)**, 193 (1999)
- [10] Goetzendorf-Grabowska B, Królikowska H, Gadzinowski M, *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe* October /December 2004, 12 (4), 48 (2004)