

Caracterización de películas activas de almidón termoplástico elaboradas a partir de bagazo de yuca y aceite esencial de orégano para su uso potencial en empaques de alimentos

PROBLEMA

El uso extensivo de materiales plásticos convencionales en el envasado de alimentos ha contribuido significativamente a la contaminación ambiental debido a su persistencia y baja biodegradabilidad. Frente a esto, surgen como alternativa una serie de polímeros biodegradables, entre ellos, el almidón. Sin embargo, el uso de almidones comestibles para fabricar bioplásticos plantea preocupaciones éticas por su competencia con el uso para fines alimentarios. Por ello, existe un creciente interés en desarrollar alternativas sostenibles, utilizando residuos agroindustriales como el bagazo de yuca, para generar empaques activos y biodegradables.

Ecuador produce más de 96 mil toneladas de yuca al año, generando residuos como el bagazo, rico en almidón y con potencial para formular películas biodegradables. El desarrollo de películas activas con aceite esencial de orégano, rico en compuestos antimicrobianos y antioxidantes como el carvacrol y timol, ofrece una alternativa funcional y sostenible para conservar alimentos y reducir el uso de plásticos convencionales.

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar y caracterizar películas biodegradables a partir de almidón de bagazo de yuca (variedad INIAP 651) con adición de aceite esencial de orégano (OEO), evaluando sus propiedades fisicoquímicas, térmicas, mecánicas, antioxidantes y antimicrobianas para su aplicación como material de empaque activo en alimentos.

PROPUESTA

Se prepararon películas por el método *solvent casting* utilizando almidón de bagazo y almidón puro de yuca, con adición de glicerol como plastificante (0.5 %) y aceite esencial de orégano (1 %, 2 % y 3 %). Las soluciones acuosas fueron calentadas, homogeneizadas a 7000 rpm durante 12 minutos, vertidas en placas de Petri y secadas a temperatura ambiente durante 72 horas. Posteriormente, las películas se desmoldaron y evaluaron en cuanto a: Espesor, contenido de humedad y permeabilidad al vapor de agua (WVP), Propiedades mecánicas (resistencia máxima, deformación, módulo de elasticidad), Actividad antioxidante (ORAC y contenido fenólico total), Actividad antimicrobiana frente a *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* mediante difusión en agar.

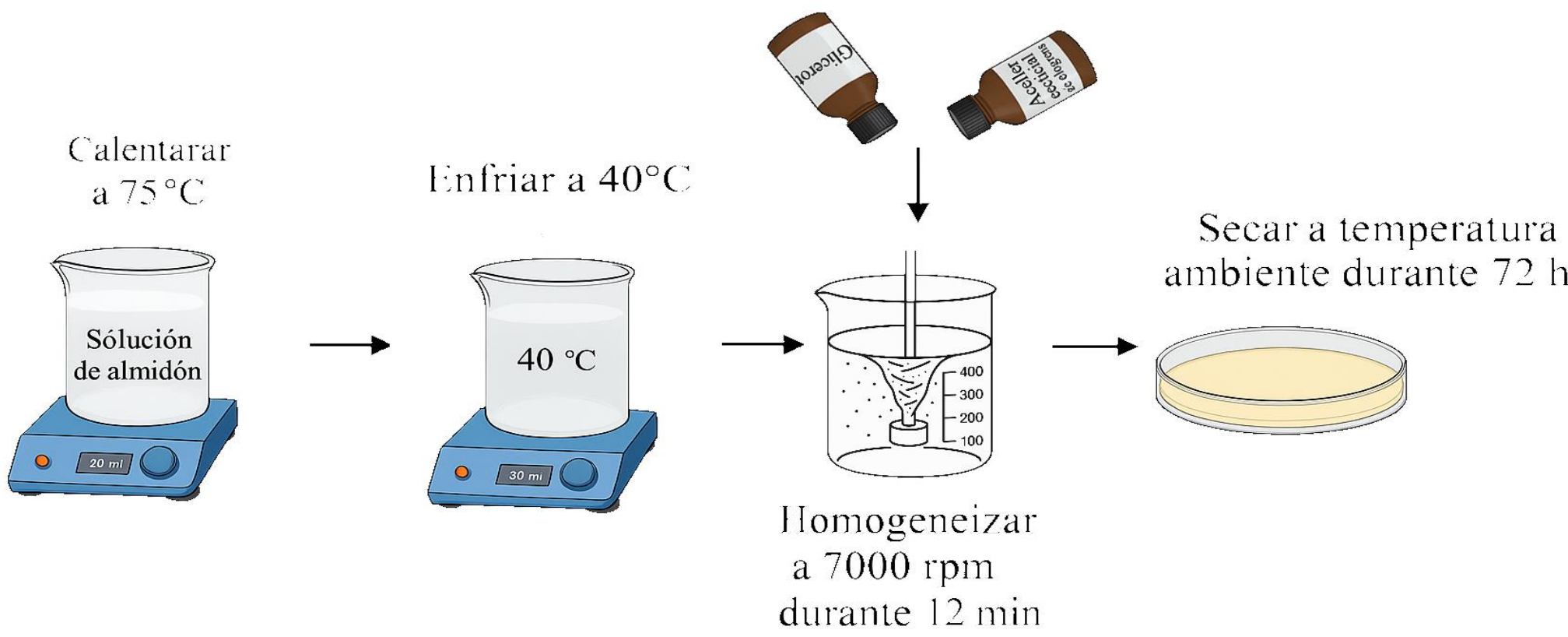


Figura 1. Esquema de la metodología utilizada para elaboración de películas de BS y CS.

RESULTADOS

Tabla 1. Resultados de los análisis de las películas: espesor, contenido de humedad, permeabilidad al vapor de agua (WVP), tensión máxima media, deformación máxima, módulo de elasticidad y diámetro de la zona de inhibición contra bacterias.

Serie	Espesor (μm)	Humedad (%)	WVP (×10 ⁻¹¹ g.m/m ² .s.Pa)	Esfuerzo máximo medio (MPa)	Deformación a la rotura (%)	Módulo de elasticidad (MPa)	Zona de Inhibición (cm) frente <i>S. aureus</i>	Zona de Inhibición (cm) frente <i>E. coli</i>
CS	66.7 ± 0.7 ^h	8.74 ± 0.28 ^f	1.22 ± 0.11 ^a	0.93 ± 0.57 ^a	26.8 ± 9.2 ^{bc}	5.1 ± 2.0 ^a	No presente	No presente
C1	98.8 ± 0.8 ^f	9.49 ± 0.25 ^e	3.35 ± 0.63 ^b	0.50 ± 0.03 ^a	42.0 ± 13.5 ^{cd}	10.3 ± 1.8 ^a	No presente	No presente
C2	138.0 ± 0.5 ^d	11.03 ± 0.64 ^c	6.05 ± 0.20 ^{cd}	0.21 ± 0.01 ^a	48.4 ± 11.1 ^{de}	1.3 ± 0.1 ^a	Inhibición total	7.0 ± 0.4 ^a
C3	161.2 ± 0.8 ^b	12.89 ± 0.17 ^a	6.32 ± 0.98 ^d	0.19 ± 0.04 ^a	61.6 ± 9.3 ^e	1.2 ± 0.1 ^a	Inhibición total	Inhibición total
BS	92.8 ± 0.6 ^g	8.10 ± 0.14 ^g	3.50 ± 0.43 ^b	6.48 ± 1.02 ^b	1.2 ± 0.3 ^a	690.9 ± 110.1 ^b	No presente	No presente
B1	104.7 ± 0.5 ^e	9.87 ± 0.23 ^{de}	3.67 ± 0.56 ^b	0.96 ± 0.11 ^a	14.8 ± 8.8 ^{ab}	46.7 ± 17.9 ^a	No presente	No presente
B2	142.9 ± 0.4 ^c	10.39 ± 0.47 ^d	4.95 ± 0.86 ^c	0.83 ± 0.115 ^a	25.9 ± 11.36 ^{bc}	38.5 ± 5.14 ^a	Inhibición total	6.6 ± 0.2 ^a
B3	164.7 ± 0.6 ^a	11.81 ± 0.21 ^b	5.73 ± 0.99 ^{cd}	0.39 ± 0.05 ^a	37.9 ± 9.6 ^{cd}	7.6 ± 0.68 ^a	Inhibición total	Inhibición total

*Los datos se presentan como media ± desviación estándar (n = 3). Diferentes letras minúsculas dentro de la misma columna indican diferencias significativas $p \leq 0,05$ (Duncan).
* CS: película de almidón de yuca; BS: película de almidón de bagazo de yuca; C: películas de almidón de yuca con 1, 2 o 3 % de AEO; B: películas de almidón de bagazo de yuca con 1, 2 o 3 % de AEO.

Parámetro	Comportamiento	Interpretación
Espesor	▲ Con AEO y BS	Mayor contenido de sólidos y componentes hidrofóbicos
Humedad (%)	▲ Con AEO	Propiedades higroscópicas del AEO
WVP	▲ Con AEO	Disrupción de la matriz polimérica
Resistencia máxima	▼ Con AEO	AEO actúa como plastificante secundario
Deformación	▲ Con AEO	Efecto plastificante de AEO y mayor movilidad de la matriz
Módulo de Elasticidad	▼ Con AEO	Reducción de rigidez por adición de compuestos hidrofóbicos
ORAC	▲ Hasta 3,7 veces mayor con 3 % de OEO	Alta presencia de carvacrol y timol
Fenoles totales	▲ Aumentan con concentración de OEO	Compuestos fenólicos del orégano
Inhibición antimicrobiana	▲ Total inhibición a 3 % OEO (<i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i>)	Alta concentración de compuestos bioactivos

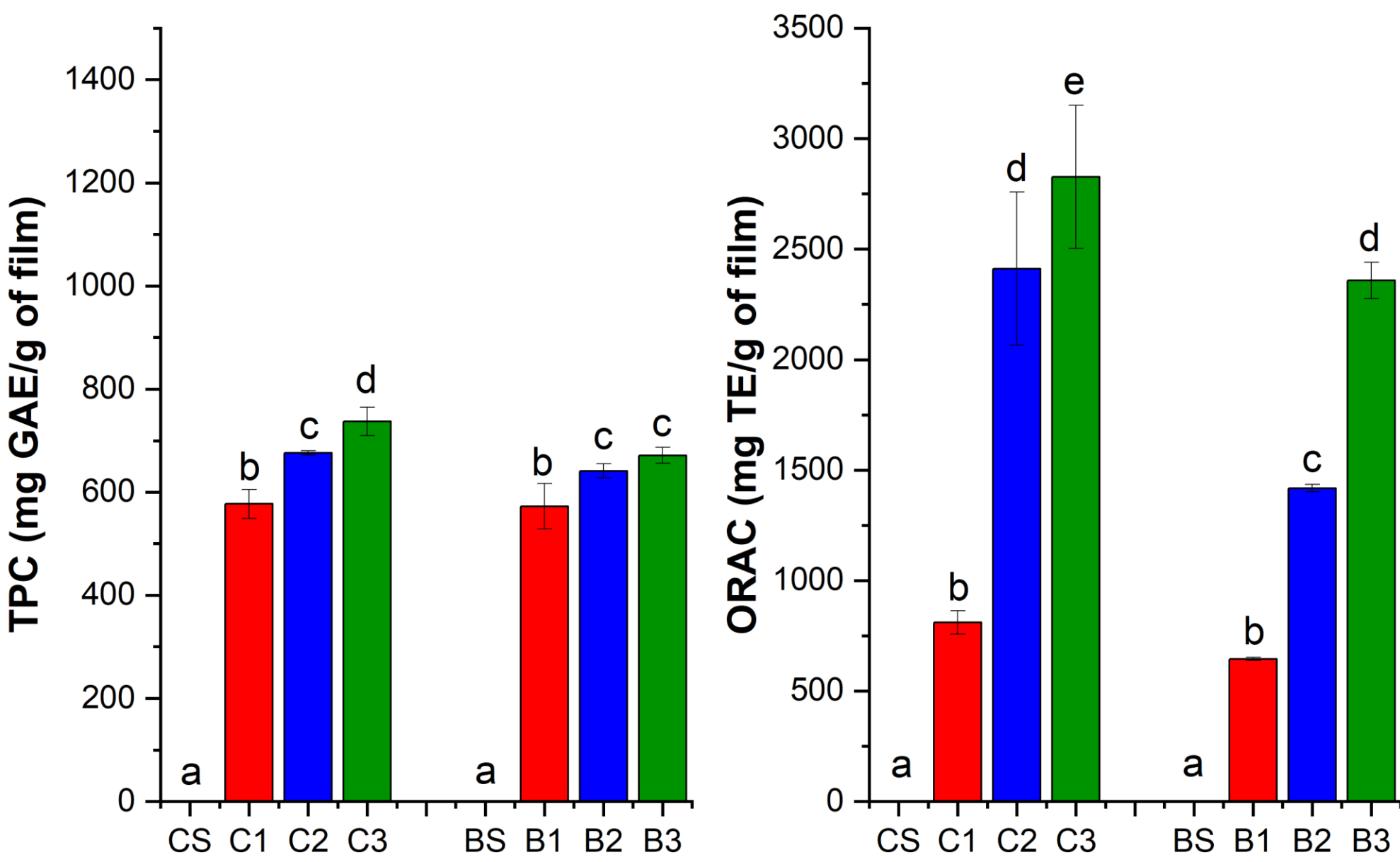


Figura 2. Gráfico de la actividad antioxidante (ORAC) y el contenido de fenoles totales (TPC) de las películas de CS y BS con incorporación de AEO.

CONCLUSIONES

Las películas basadas en almidón de bagazo de yuca con AEO presentan propiedades activas (antioxidantes y antimicrobianas) adecuadas para aplicaciones en empaque de alimentos. Su elaboración a partir de residuos agroindustriales representa una estrategia sostenible para reducir el uso de plásticos convencionales y valorizar subproductos agrícolas. Su desempeño permite considerarlas como una alternativa viable y biodegradable en la industria alimentaria.