

## Tecnología de envases activos revalorizando subproductos de la industria cítrica

María Julieta Bof\*, Gustavo D. Suarez\*\*, Valeria Bordagaray\*\*, Vanesa Lare\*, Lauro Bordenave\*\*, Andrea Gallo\*\*, Evangelina Gonzalez Alejandro\*\*, Adrián Perez\*, E. Mariana Ramos\*, Franco Laurent\*\*

Autoras/es: \*Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos de Entre Ríos, (CONICET-UNER).

\*\*Facultad de Ciencias de la Alimentación, Universidad Nacional de Entre Ríos. Monseñor Tavella 1450 - Concordia, Entre Ríos, Argentina.

Contacto: [julieta.bof@uner.edu.ar](mailto:julieta.bof@uner.edu.ar)

ARK: <https://id.caicyt.gov.ar/ark:/s22504559/5bk4j0bxz>

### RESUMEN

El presente proyecto tuvo como objetivo principal desarrollar y obtener biomateriales (películas y recubrimientos) con mejoradas propiedades antioxidantes, antimicrobianas, mecánicas y de barrera, mediante la incorporación de polvo de cáscaras de cítricos, valorizando de este modo, un subproducto de la agroindustria regional. En primer lugar, se realizó un pretratamiento y secado de las cáscaras provenientes de industrias de jugos locales; luego, las cáscaras secas fueron molidas y tamizadas hasta obtener un fino polvo. Este polvo se incorporó en formulaciones de películas y recubrimientos. Los biomateriales fueron caracterizados en cuanto a sus propiedades mecánicas, de permeabilidad, antimicrobianas y antioxidantes. El presente proyecto permitió obtener materiales de envasado que pueden utilizarse en la conservación de alimentos y, asimismo disminuir el impacto ambiental generado por las cáscaras de la industria cítrica agregando valor a este subproducto.

**Palabras clave:** cáscaras cítricas, polvo antioxidante, propiedades mecánicas

## Marco teórico y metodológico

Las cáscaras de cítricos son subproductos de la industria de jugos concentrados, ricos en nutrientes, principalmente biopolímeros y compuestos bioactivos. Asimismo, contienen varios componentes funcionales, como aceites esenciales, pectina, carotenoides, hesperidina y limonina (Kevij et al., 2021), que son materias primas utilizadas en las industrias química y farmacéutica (Shan, 2016). Actualmente, generan problemas ambientales debido a su acumulación y a su alto contenido de humedad, que los convierte en altamente perecederos. Una propuesta para su aprovechamiento y disminución de su impacto ambiental, es su incorporación en la formulación de envases activos, como son las películas y los recubrimientos. El propósito del presente proyecto fue revalorizar la piel de cítricos (naranjas y mandarinas) utilizándolo como aditivo en matrices compuestas de quitosano y almidón de maíz, para obtener biomateriales destinados a envases activos de alimentos.

Las cáscaras fueron provistas por industrias elaboradoras de jugos concentrados de la ciudad de Concordia. La piel de las frutas fue acondicionada, separando los restos de fruta y contaminantes, y luego triturada. Posteriormente, se realizó el secado de las cáscaras por dos metodologías. Una parte fue congelada a  $-80^{\circ}\text{C}$  en ultrafreezer y liofilizada en un equipo liofilizador a 50 MPa y  $-90^{\circ}\text{C}$  durante 24 h. Mientras que otra fracción de cáscaras fue secada con aire en una estufa con convección forzada a  $60^{\circ}\text{C}$  hasta obtener una  $a_w$  menor a 0,2 (Bogdanoff, 2018). Luego del secado, las cáscaras fueron molidas en molinillo hasta obtener polvos y, por último, tamizadas.

Los recubrimientos se prepararon a partir de 0,3 g de cáscara cítricas en polvo, dispersadas en una mezcla de una solución acidificada de quitosano de peso molecular medio al 2.5% y una suspensión de almidón de maíz gelatinizado al 4% p/p; a esta dispersión se adicionó glicerol (0,08 g/100 g) como plastificante. La mezcla se homogeneizó en homogeneizador de alta velocidad y el recubrimiento se envasó hasta su utilización.

Por otra parte, las películas o films se obtuvieron a partir de la mezcla de los dos biopolímeros por el método casting. Se secaron a  $50^{\circ}\text{C}$  en estufa hasta peso constante. Luego, las películas se acondicionaron en desecadores con 60% de HR durante 5 días antes de realizar los ensayos.

Se determinaron algunas propiedades del polvo de cáscaras de citrus, tales como el tamaño medio de partícula del polvo, la humedad y la  $a_w$ . También se midió el color de las fracciones de polvo de distinta granulometría. Otras propiedades que se determinaron fueron la higroscopicidad y solubilidad del polvo, la composición físicoquímica (contenido de proteína por el método AOAC 920.152 y contenido de lípidos por el método AOAC 960.39) y su capacidad antioxidante por el método de inhibición del radical DPPH.

Con respecto al recubrimiento, se determinó su estabilidad por método de difracción de luz en Turbiscan y tamaño de partícula.

Por otra parte, en las películas se determinó su actividad antimicrobiana *in vitro* por dos métodos: en fase vapor y por densidad óptica en caldo sobre las bacterias *Salmonella Typhimurium* y *Escherichia coli O157:H7*. Se determinó la tasa de inhibición (%) por ambas metodologías. A su vez, se determinó la permeabilidad al vapor de agua utilizando copas de permeación y un gradiente de presión de vapor conocido, y la resistencia mecánica de las películas mediante ensayos de tensión en texturómetro.

Posteriormente, se realizó la aplicación del recubrimiento en semillas de lino y nueces pecán a fin de determinar el efecto del recubrimiento sobre la vida útil de estos alimentos de alto contenido lipídico. Las películas se aplicaron como stickers en clamshells de arándanos frescos.

### Síntesis de resultados y conclusiones

Los objetivos específicos para la primera etapa del proyecto fueron obtener polvo de cáscaras cítricas a partir de dos metodologías: secado con aire por convección y liofilización; y analizar las características y propiedades del producto obtenido luego del proceso de secado.

Para la obtención del polvo de cáscara de citrus, se trabajó con cáscaras de mandarina proveniente de dos industrias de jugos locales (Baggio S.A. y Litoral Citrus S.R.L.), en las cuales estas cáscaras constituyen un residuo industrial ya que en el procesamiento del jugo son descartadas y desechadas como bagazo. Las cáscaras se recibieron y se almacenaron en congelación a  $-18^{\circ}\text{C}$  hasta la realización de los ensayos. Luego, las mismas se acondicionaron, lo cual consistió en la separación de los restos de fruta y en un lavado con agua blanda en una proporción agua/cáscaras igual a 3:1 durante 1 hora con agitación constante, de acuerdo al método propuesto por [Bogdanoff \(2015\)](#). El objetivo de la etapa de lavado es extraer magnesio, ácido y azúcares que generarían reacciones de Maillard en la etapa de secado. Finalmente, el acondicionamiento culminó con el escurrimiento del agua de lavado. En la Figura 1, se observa el bagazo industrial ya acondicionado (derecha), y el agua de lavado (izq.).



**Figura 1.** Bagazo industrial acondicionado

El secado de las cáscaras se llevó a cabo mediante dos metodologías: secado por aire caliente con convección y secado por liofilización. En el método de secado por aire caliente las muestras fueron distribuidas en soportes perforados que se colocaron en una estufa de convección forzada (Fac, Argentina) a una temperatura de  $60^{\circ}\text{C}$ . El proceso se continuó hasta lograr una actividad acuosa ( $a_w$ ) próxima a 0,2. Durante este proceso se realizaron mediciones de la humedad de las cáscaras, para lo cual las muestras se secaron en una estufa a  $105^{\circ}\text{C}$  hasta obtener peso constante, y luego se pesaron

en una balanza (Kern, Alemania); asimismo se determinó el  $a_w$  de las cáscaras con un medidor de actividad acuosa (Aqualab).

Por otra parte, también se realizó secado por liofilización de los residuos industriales, para lo cual los mismos se congelaron a  $-80^\circ\text{C}$  en ultrafreezer (Righi, Argentina) y luego se liofilizaron en un equipo Heto Drywinner (Alemania) a 50 MPa y  $-90^\circ\text{C}$ , provisto de manifold y bomba de vacío (Vakuumtechnik RZ2, Alemania).

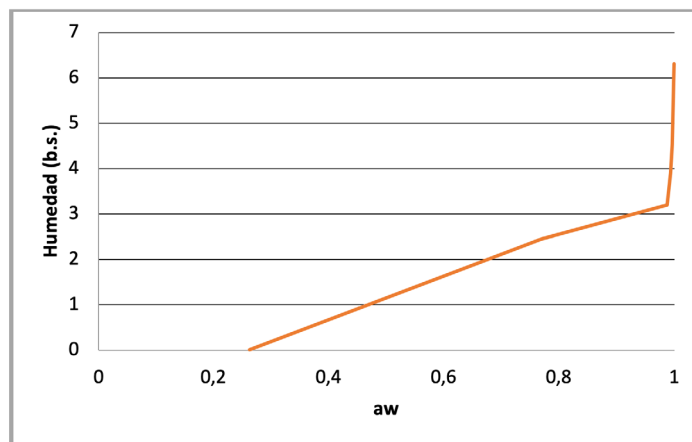
En la Tabla 1 se encuentran los resultados del contenido de humedad en base seca, que se obtuvieron a través de la Ecuación 1 y la actividad acuosa de las muestras durante el secado por convección; a su vez, en la figura 1, se encuentra la isoterma de desorción obtenida.

$$\text{Humedad (b.s.)} = \frac{W1-W2}{W2} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde W1 es el peso de muestra húmeda y W2 es el peso de muestra seca obtenido por medio de secado en estufa hasta peso constante.

**Tabla 1:** Actividad acuosa y humedad de cáscaras secadas por convección con aire a  $60^\circ\text{C}$

Tiempo (min)	$a_w$	Humedad (b.s.)
0	1,000	6,312
30	0,996	4,534
60	0,993	3,895
90	0,988	3,186
300	0,767	2,435
2400	0,262	0.020



**Figura 1:** Isotherma de desorción para residuo industrial secado por convección con aire a  $60^\circ\text{C}$

El secado por convección provocó un fuerte encogimiento de las cáscaras y luego de 8 horas de tratamiento, se logró una  $a_w$  de 0,2, lo cual permite asegurar su estabilidad en condiciones de almacenamiento adecuadas.

Por su parte, los sólidos tratados por liofilización se obtuvieron luego de 4 h de congelación y posterior sublimación (48 horas) en el liofilizador, presentando una  $a_w$  final menor a 0,2.

Las muestras secas obtenidas por ambos métodos fueron trituradas en un molinillo de cuchillas horizontal (Tecno Dalvo, Argentina) durante 5 min a 15000 rpm, y tamizadas en un equipo vibratorio (Macotest, Argentina) de tamices superpuestos normalizados (ASTM) durante 30 minutos con el objetivo de separar las fracciones de polvo de cáscara de diferente tamaño o granulometría (Fig. 2).



**Figura 2:** Fracciones de polvo de cáscaras de citrus obtenidas luego del tamizado

El resultado de la proporción de las fracciones obtenidas se muestra en la tabla 2.

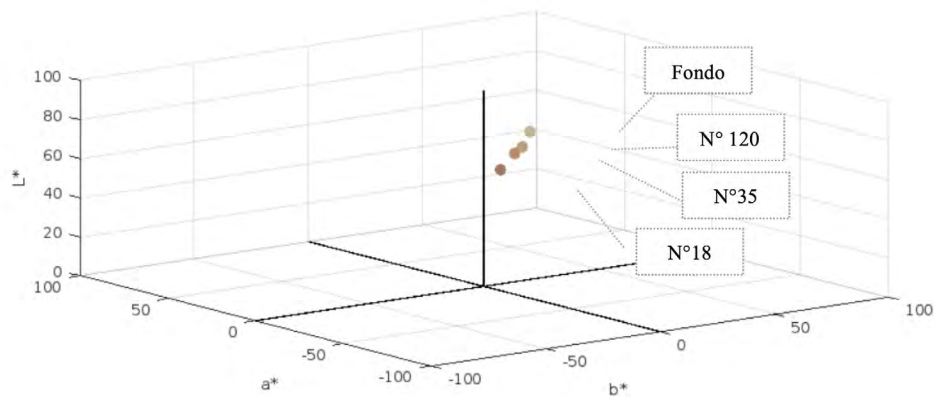
**Tabla 2:** Fracciones de polvo de cáscaras de citrus de distinto tamaño obtenidas por tamizado

Malla (mesh)	Tamaño ( $\mu\text{m}$ )	Cantidad de sólidos (%)
18	>1000	6
35	500 - 1000	10
120	125 - 500	46
Fondo de tamiz	<125	38

Posteriormente, se realizaron algunas caracterizaciones de los polvos de cáscara tamizados. En primer lugar, se determinó el **color** de las distintas fracciones de polvo.

**Tabla 3:** Parámetros de color en espacio CIELab de fracciones de polvo de cáscaras de citrus de distinto tamaño obtenidas por tamizado

Tamaño fracciones (mesh)	L	a*	b*
1000 mm (N°18)	54,88 ± 4,45	10,52 ± 1,84	15,55 ± 4,09
500 mm (N°35)	61,43 ± 1,19	12,22 ± 0,16	23,11 ± 2,91
125 mm (N°120)	67,30 ± 1,68	3,47 ± 0,02	19,40 ± 1,12
Fondo de tamiz	74,71 ± 0,93	2,34 ± 0,93	22,09 ± 1,20



N°18. 1000 μm	N°35. 500 μm	N°120. 125 μm	Fondo

**Figura 3:** Representación del color de los polvos de distinta granulometría en el espacio y apariencia visual

Luego, se determinó la **higroscopicidad** y la **solubilidad** de las fracciones de polvo más finas. Los resultados de higroscopicidad se encuentran en la tabla 3. Esta propiedad se define como la habilidad de un material de absorber agua en un ambiente de alta humedad relativa. Los resultados obtenidos son más elevados que los encontrados en la bibliografía ([Sáez García, 2017](#)) lo que indica que los polvos tendrán tendencia a humectarse rápidamente, aumentando su actividad acuosa durante su almacenamiento. Mientras que con respecto a la solubilidad se puede destacar que las fracciones más finas del polvo fueron las que presentaron mayor solubilidad en agua que las fases más gruesas

**Tabla 3:** Higroscopicidad de polvo de cáscaras de citrus secados por convección con aire caliente a 60°C

Granulometría polvo	Higroscopicidad (g agua/100 g muestra)
125 mm (N°120)	23,59 ± 1,68 <sup>a</sup>
Fondo (<125 µm)	25,64 ± 0,27 <sup>a</sup>

Letras diferentes indican diferencias significativas entre columnas.

Se determinó el contenido de **proteínas** de los polvos de cáscaras de citrus en un equipo analizador de proteínas Marca Selecta, modelo PRO-NITRO S. según método Kjeldhal (AOAC, 1984) y el contenido de fibra bruta en equipo marca Selecta, Modelo DOSI-FIBER por método 978.10 descrito por la AOAC. Los resultados obtenidos muestran que no hubo diferencias significativas en el contenido de proteínas de los polvos obtenidos por los dos métodos de secado (tabla 4). Estos resultados son del mismo orden que los publicados para harina de naranja (Martínez-Fernández de Lara, 2017) y menores que para polvo de cáscara de pomelo (Edet et al., 2016). Durante la determinación del contenido de fibra ocurrió una falla eléctrica en el equipo por lo que los resultados fueron anómalos y no se incluyeron en la tabla.

**Tabla 4:** Composición de polvo de cáscara de citrus obtenido por secado con aire por convección y por liofilización

Muestra	Proteína (%)
CL	6,79 ± 0,082 <sup>a</sup>
CSA	7,18 ± 0,16 <sup>a</sup>

CL = cáscaras liofilizadas; CSA = Cáscaras secadas por aire; letras diferentes indican diferencias significativas entre columnas.

Teniendo en cuenta la baja capacidad del liofilizador en cuanto al volumen de muestra que permite procesar, el costo energético y el tiempo de operación inherentes al proceso de liofilización, se decidió continuar los ensayos con los polvos obtenidos por secado por convección. A su vez, se determinó la **capacidad antioxidante** del polvo de cáscaras a través del método de inhibición del radical DPPH para evaluar si el secado por convección producía algún efecto de deterioro de los componentes. Los resultados evidenciaron que no hubo efecto negativo en el proceso de secado ya que la actividad antioxidante del polvo y de las cáscaras antes del secado fueron similares. La actividad antioxidante frente a DPPH fue 1,94 ± 0,0001 mg/mL para las cáscaras secadas.

Posteriormente, los polvos de cáscaras de citrus se incorporaron en la formulación de recubrimientos biodegradables y películas biodegradables.

### **g.2) Recubrimientos biodegradables**

Los recubrimientos se obtuvieron a partir de suspensiones formuladas con la mezcla de dos biopolímeros: quitosano (al 2,5% p/p) y almidón de maíz gelatinizado (al 4% p/p) en dos proporciones relativas (quitosano:almidón): 50:50 (R50) y 25:75 (R75). Estas



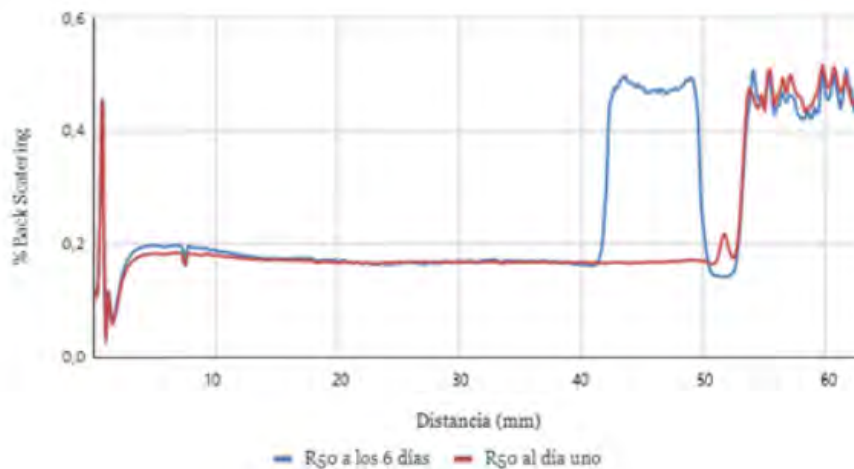
proporciones de biopolímeros fueron estudiadas anteriormente (Bof et al, 2015). En las formulaciones, se añadió cáscara de citrus en polvo en una concentración de 0,3 % p/p, definida en ensayos previos, y glicerol al 25% p/p como agente plastificante. La suspensión resultante se homogeneizó en un equipo UltraTurrax IKA T25, durante 2 min a 24000 rpm. Los recubrimientos desarrollados se caracterizaron en cuanto a su estabilidad en el tiempo y distribución de tamaño de partícula.

Los tamaños medios de partícula de R50 y R75, se obtuvieron de la distribución del tamaño y se encuentran en la tabla 5.

**Tabla 5:** Diámetro de Sauter ( $D_{3,2}$ ) y diámetro volumétrico ( $D_{4,3}$ ) para recubrimientos con proporciones de quitosano:almidón de 25:75 (R75) y 50:50 (R50)

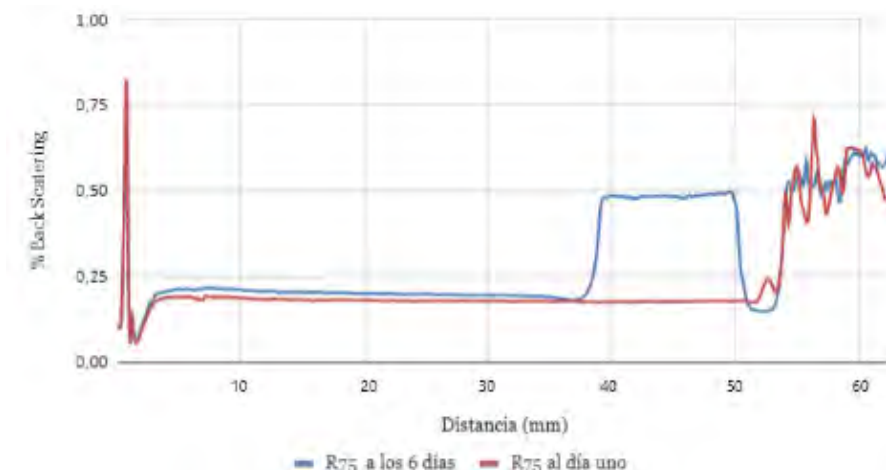
Recubrimiento	$D_{4,3}$	$D_{3,2}$
R75	28,109 ± 1,266	3,557 ± 0,173
R50	29,752 ± 0,291	3,615 ± 0,010

Los resultados de estabilidad de las formulaciones en el equipo Turbiscan Classic (Formulation SA, Francia), demuestran que ambos recubrimientos R75 y R50 permanecieron estables hasta el día 2; pero luego de 6 días, se observó una separación de fases evidenciada como un cremado en la parte superior del tubo con aumento del %BS (Figuras 3 y 4). Esto podría deberse principalmente a las diferencias de tamaño de las partículas en el sistema, al tratarse de una emulsión primaria.



**Figura 3:** %Backscattering en función de la altura del tubo (mm) durante el almacenamiento del recubrimiento R50





**Figura 4:** %Backscattering en función de la altura del tubo (mm) durante el almacenamiento del recubrimiento R75

### g.3) Películas biodegradables

Las películas o films biodegradables se formularon a partir de los mismos biopolímeros con capacidad filmogénica utilizados para los recubrimientos, quitosano y almidón de maíz, en proporción 50:50; se adicionó glicerol como agente plastificante y se incorporaron los polvos de cáscaras de mandarina en tres concentraciones diferentes (0%, 0,3% y 3% p/p), seleccionadas en ensayos previos. Las películas se obtuvieron por el método de moldeo y secado (casting).

Estas películas se utilizaron para determinar la **actividad antimicrobiana** “*in vitro*” de los materiales obtenidos frente a dos bacterias patógenas humanas.

El efecto antimicrobiano de las películas se analizó por dos metodologías diferentes: en fase vapor y mediante medición de la densidad óptica en caldo.

En primer lugar, se generó el stock de trabajo de las bacterias *Salmonella* Typhimurium y *Escherichia coli* O157:H7, a partir de las cepas almacenadas en Ultrafreezer (-70°C).

En la determinación del efecto antimicrobiano por el método de fase vapor las películas fueron cortadas en discos de 50 mm de diámetro, se les aplicó radiación UV (por 5 minutos de cada lado) y luego fueron pegadas sobre las tapas de placas con TSA (Agar Tripteína Soja), cuya superficie fue previamente inoculada mediante hisopado de una suspensión bacteriana de concentración  $10^7$  UFC/ml. Todas las placas se incubaron durante 24 horas a  $37^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ . Luego, se evaluó si hubo efecto inhibitorio a través de la presencia de halos de inhibición, y se contrastaron los resultados obtenidos con las otras formulaciones. Como control positivo, se utilizaron placas de petri inoculadas pero sin película.

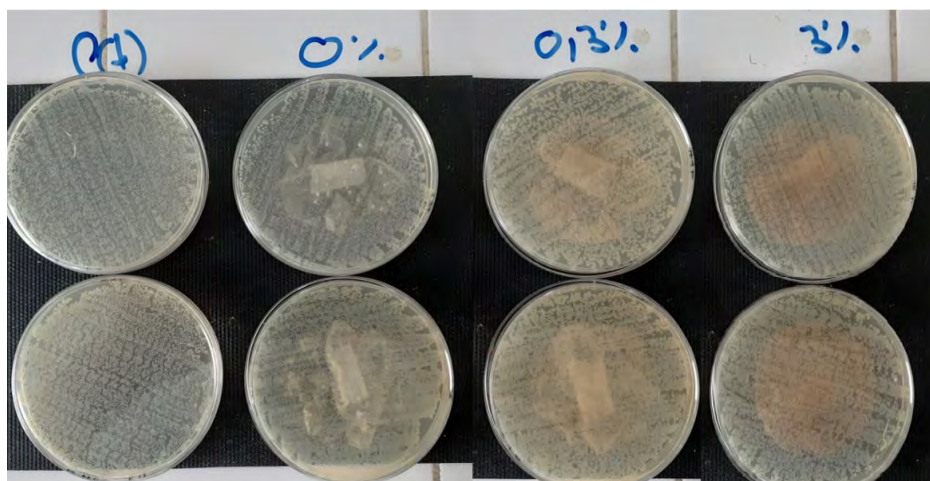
En la determinación por el método de densidad óptica, las cepas bacterianas (*E. coli* O157:H7 y *Salmonella* Typhimurium) se sembraron en agar específico e incubaron a  $37 \pm 1^\circ\text{C}$  durante 12 horas. A partir de una colonia aislada, se inoculó en TSB (Caldo Tripteína Soja) e incubó nuevamente durante 18 horas. Luego, se sembraron 100 ml de TSB para lograr una concentración de  $10^7$  UFC/ml y se añadió una pieza de película de 1 g, previamente expuesta a la radiación UV (por 5 minutos de cada lado). Se utilizó caldo inoculado pero sin película como control positivo y caldo sin inocular como blanco. Los

medios se incubaron a  $37 \pm 1^\circ\text{C}$  durante 24 horas y se determinó su densidad óptica a 600 nm (OD600). Luego se calculó la tasa inhibitoria (%) de acuerdo a la ecuación 2. Se evaluó si hubo un efecto inhibitorio y se contrastaron los resultados obtenidos con las otras formulaciones.

$$Tasa\ Inhibitoria = \frac{OD6001 - OD6002}{OD6001} \times 100 \quad (\text{Ecuación 2})$$

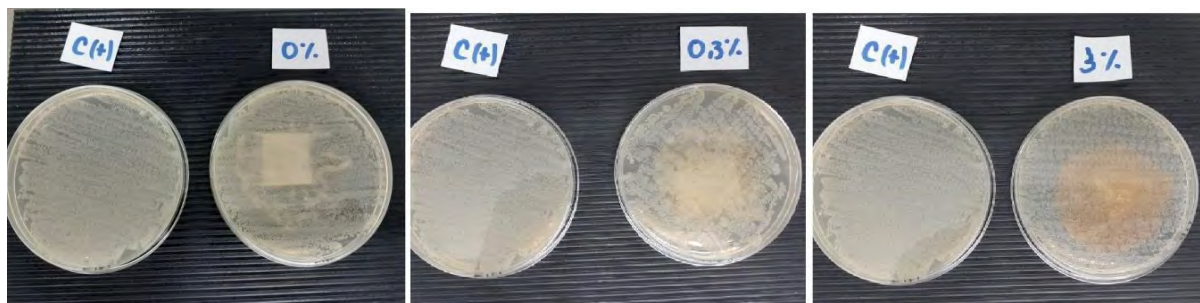
Donde, OD6001 es la densidad óptica inicial y OD6002 es la densidad óptica final luego de la incubación.

Los resultados de la determinación del efecto inhibitorio en fase vapor se encuentran en las Figuras 5 y 6. Como puede observarse, tanto el control como las placas con las películas, presentaron crecimiento microbiano en toda la superficie, sin formación de halos de inhibición del crecimiento.



**Figura 5:** Evaluación del efecto inhibitorio en fase vapor, de películas biodegradables

con polvo de cáscara de citrus en tres concentraciones (0%, 0,3% y 3%) frente a *Salmonella Typhimurium*.



**Figura 6:** Evaluación del efecto inhibitorio en fase vapor, de películas biodegradables con polvo de cáscara de citrus en tres concentraciones (0%, 0,3% y 3%) frente a *Escherichia coli* O157:H7

Contrariamente a lo que se hubiese esperado por la presencia de compuestos volátiles en las cáscaras cítricas, en ambos ensayos para *Escherichia coli* O157:H7 y *Salmonella Typhimurium* las películas no manifestaron efecto inhibitorio en el crecimiento microbiano, mediante el método de fase vapor.

En la tabla 6, se encuentran los resultados obtenidos por el método de densidad óptica.

**Tabla 6:** Tasa inhibitoria obtenida por medición de la densidad óptica de películas biodegradables con diferentes concentraciones de polvo de cáscaras cítricas (0, 0.3 y 3%) frente a *Salmonella Typhimurium* y *Escherichia coli* O157:H7

Composición películas	Tasa inhibitoria (%)	
	<i>Salmonella Typhimurium</i>	<i>E. coli</i> O157:H7
<b>0% (control)</b>	21,24 ± 2,86 <sup>a</sup>	-5,34 ± 2,49 <sup>a</sup>
<b>0,3%</b>	26,55 ± 1,85 <sup>b</sup>	0,19 ± 4,01 <sup>b</sup>
<b>3%</b>	18,62 ± 1,17 <sup>a</sup>	-1,21 ± 3,58 <sup>a,b</sup>

\*Letras diferentes indican diferencias significativas entre columnas

A partir de la Tabla 6 se observa que las composiciones de películas ensayadas ejercen un efecto inhibitorio del crecimiento frente a la bacteria *S. Typhimurium*, no así frente a *E. coli* O157:H7. A su vez, existen diferencias significativas entre la composición de películas con incorporación de 0,3% de cáscara de mandarina frente a las demás. Se concluye que la tasa de inhibición es mayor para la película que posee en su composición un 0,3% de polvo de cáscara de mandarina.

A partir de los resultados de los ensayos antimicrobianos, se puede deducir que el método de densidad óptica resultó más sensible que el de halos de inhibición, con el cual no se produjo inhibición del crecimiento de las bacterias patógenas.

Por otra parte, se realizó la caracterización de las películas biodegradables en cuanto a su **permeabilidad al vapor de agua** (WVP). Esta propiedad se determinó mediante el método ASTM E96 modificado, utilizando celdas de permeación y manteniendo un gradiente constante de presión de vapor de 2000 Pa a través de las muestras. Se determinó la velocidad de transmisión de vapor de agua y luego la permeabilidad al vapor de agua en  $\text{Pa}^{-1} \text{s}^{-1} \text{m}^{-1}$ . Los resultados se encuentran en la siguiente tabla.

**Tabla 7:** Permeabilidad al vapor de agua de películas biodegradables con polvo de cáscaras cítricas

Composición películas	WVP (g Pa <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> m <sup>-1</sup> )
Control	1,66 E-10 ± 2,09 E-12 <sup>b</sup>
0,3%	3,79E-10 ± 3,29E-11 <sup>a</sup>
1%	3,98E-10 ± 6,45E-11 <sup>a</sup>

Con respecto a las propiedades mecánicas de las películas biodegradables, los resultados de los ensayos de tracción se encuentran en tabla 8.

**Tabla 8:** Propiedades mecánicas de películas biodegradables con polvo de cáscaras cítricas

Composición películas	TS (MPa)	EB (%)	EM (MPa)
Control	17,49 ± 3,11 <sup>a</sup>	24,07 ± 7,94 <sup>a</sup>	56,83 ± 19,55 <sup>a</sup>
0,3%	11,56 ± 2,70 <sup>b</sup>	14,86 ± 1,80 <sup>b</sup>	50,19 ± 20,59 <sup>a,b</sup>
1%	11,48 ± 1,83 <sup>b</sup>	9,08 ± 1,09 <sup>c</sup>	34,68 ± 11,88 <sup>b</sup>

Tanto las propiedades de permeabilidad al vapor de agua como las mecánicas se vieron afectadas por la incorporación del polvo de cáscaras. Sin embargo, los resultados obtenidos tuvieron una tendencia contraria a la esperada, ya que la adición del polvo aumentó la permeabilidad de las películas y disminuyó la resistencia a la tracción de los materiales. Esto puede deberse a que la cantidad de polvo incorporada fue excesiva lo cual se tradujo en la formación de partículas aglomeradas que provocaron disrupciones en la matriz polimérica ([Thagavi Kevij et al., 2021](#); [Rhatinavel & Saravananakumar, 2020](#); [Chhatariya et al., 2022](#); [Terzioglu et al., 2021](#)).

Paralelamente a las caracterizaciones, se realizaron aplicaciones tanto de los recubrimientos como de las películas, no contempladas en el presente proyecto. Los recubrimientos activos fueron aplicados en semillas de lino y nueces pecán con el objetivo de comparar el efecto en la vida útil de estos alimentos de alto contenido lipídico. En cuanto a las semillas de lino, la aplicación de los materiales desarrollados se realizó mediante el método de inmersión (dipping) de la muestra en el recubrimiento y por pulverización manual (spray) en ambas caras de las semillas. Todas las muestras tratadas y el control se dejaron en almacenamiento bajo condiciones de almacenamiento aceleradas a 30 y 40 °C durante 15 días. Luego, se obtuvo el aceite de cada muestra por prensado en frío y se determinó el índice de estabilidad oxidativa (OSI) en un equipo Rancimat (METROHOM, Profesional Biodiesel Rancimat) a 110°C y caudal de aire igual a 20 L/h. Entre los resultados, se puede destacar que se obtuvo un valor de OSI más elevado para las semillas tratadas con el recubrimiento activo (14,13 ± 0,2 h) frente al control (2,63 ± 0,5 h), lo que pone en evidencia una mayor estabilidad oxidativa de los ácidos grasos insaturados de las semillas de lino lo que probablemente se debe a la acción protectora de los compuestos bioactivos presentes en las cáscaras de citrus.

Por otro lado, las nueces pecán var. Kiowa cosecha 2021 fueron provistas por INTA EEA Concordia. En primer lugar, se pelaron cuidadosamente, de manera de obtener mitades enteras. Luego se les efectuó la aplicación del recubrimiento mediante inmersión o dipping, se secaron en estufa a 40°C y se almacenaron durante 310 días a 25°C.

Durante este período de almacenamiento se evaluó el color superficial, la calidad lipídica mediante el método Rancimat y calidad microbiológica, y se realizó un análisis sensorial de aceptación global con una escala hedónica de 9 puntos. Los principales resultados mostraron que los recubrimientos lograron proteger los frutos frente a la oxidación, lo que se evidenció en mayores valores de OSI ( $15.88 \pm 0.36$  h) en comparación con el control ( $13.50 \pm 0.99$  h).

## Referencias

- Bof, M.J., Bordagaray, V.C., Locaso, D.E. & García, M.A. (2015). Chitosan molecular weight effect on starch-composite film properties. *Food Hydrocolloids*, 51, 281-294.
- Bogdanoff, N. (2015). Optimización de los procesos de obtención y concentración de pectina de naranja. Tesis de doctorado. Universidad Nacional de La Plata.
- Chhatariya, H. F., Srinivasan, S., Choudhary, P.M. & Begum, S.S. (2022). Corn starch bio-film reinforced with orange peel powder: characterization of physicochemical and mechanical properties. *Materials today: Proceedings*, 59, 884-892. DOI: 10.1016/j.matpr.2022.01.339.
- Edet, U., Eban, R., Ekanemesang, U., Ikon, G., Edem, E. y Mbim, E. (2016). Phytochemical Screening, Nutrient Analysis, Anti-termite and Antimicrobial Activity of Citrus paradisi Peel Powder. *Journal of Applied Life Sciences International*, 9(4), 1-9. <https://doi.org/10.9734/JALSI/2016/29921>.
- Kevij, H.T., Salami, M., Mohammadian, M., Khodadadi, M. & Djomeh, Z.E. (2021). Mechanical, physical, and bio-functional properties of biopolymer films based on gelatin as affected by enriching with orange peel powder. *Polymer Bulletin*, 78, 4387-4402. DOI: 10.1007/s00289-020-03319-9.
- Martínez-Fernández de Lara, D., Navarro Cruz, A. R., Vera-Lopez, O. & Avila Sosa-Sánchez, R. (2017). Caracterización Físicoquímica de desechos de naranja (*Citrus Sinensis*) y lechuga (*Lactuca Sativa*). *Revista de Energía Química y Física*, 4 (10), 49-56.
- Sáez García, R. (2017). Caracterización de polvos de piel de mandarina para su uso como ingrediente funcional en alimentos [Universidad Politécnica de Valencia]. <http://polipapers.upv.es/index.php/IA/article/view/3293>.
- Taghavi Kevij, H., Salami, M., Mohammadian, M., Khodadadi, M. & Emam- Djomeh, Z. (2021). Mechanical, physical, and bio-functional properties of biopolymer films based on gelatin as affected by enriching with orange peel powder. *Polymer Bulletin*, 78, 4387-4402. DOI: 10.1007/s00289-020-03319-9.
- Rathinavel, S. & Saravanakumar, S.S. (2020). Development and analysis of poly vinyl alcohol/orange peel powder biocomposite films. *Journal of Natural Fibers*, 18, 2045-2054. DOI: 10.1080/15440478.2019.1711285.
- Terzioğlu, P., Güney, F., Parin, F.N. Şen, İ. & Tuna, S. (2021). Biowaste orange peel incorporated chitosan/polyvinyl alcohol composite films for food packaging applications. *Food Packaging and Shelf Life*, 30, 100742. DOI: 10.1016/j.fpsl.2021.100742.
- Terzioğlu, P. & Parin, F.N. (2020). Polyvinyl alcohol-corn starch-lemon peel biocomposite films as potential food packaging. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 16, 373-378. DOI: 10.18466/cbayarfb.761144.

## **Indicadores de producción**

### Presentaciones a congresos nacionales

Trabajo “Cuantificación de limonina en jugo de naranjas (*Citrus sinensis* Osb.) provenientes de la región del NEA”, presentado en III Congreso Argentino de Biología y Tecnología Postcosecha (26-30/07/2021). Autores: Lare, M. V., Bello, Fernando, Vázquez, D.

Trabajo “Películas biodegradables activas con agregado de cáscara de citrus en polvo para conservar arándanos”, presentado en VIII Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos CICyTAC (4-6/10/2022). Autores: Derito, L.M., Ramos, EM, Bof, M.J., Bordagaray, V.C. Presentación oral y poster.

Trabajo “Recubrimientos activos compuestos con cáscaras de mandarinas aplicados a la conservación de lino”, presentado en VIII Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos CICyTAC (4-6/10/2022). Autores: Suárez, G.D., Rouse, Derito, L.M., Bof, M.J., Perez Rubin, A.

### Presentaciones a congresos internacionales

Trabajo “Revalorización de cáscaras de citrus como aditivo en recubrimientos activos” en 9° SIMPÓSIO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS DO MERCOSUL en Parana, Brasil (11/2022). Autores: Ramos, EM, Yañez, I, Bordagaray CV, Bof MJ.

**PID 8116**

**Denominación del Proyecto**

Tecnología de envases activos revalorizando subproductos de la industria cítrica

**Directora**

María Julieta Bof

**Codirector**

Gustavo Daniel Suárez

**Unidad de Ejecución**

Universidad Nacional de Entre Ríos

**Dependencia**

Facultad de Ciencias de la Alimentación

**Contacto**

[julieta.bof@uner.edu.ar](mailto:julieta.bof@uner.edu.ar)

**Cátedra/s, área o disciplina científica**

Propiedades Físicas de los Alimentos, Microbiología de los Alimentos, Operaciones Unitarias II.

**Instituciones intervinientes públicas o privadas.**

Universidad Nacional de Entre Ríos. CIDCA (Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos)

**Integrantes del proyecto**

Docentes UNER: Bordagaray, Valeria Carina; Bordenave, Lauro Rafael; Gallo, Andrea Beatriz; Gonzalez Alejandro, Maria Evangelina; Locaso, Delia Elisa; Perez, Adrian Alejandro. Estudiantes: Lare, María Vanesa; Laurent, Franco Emanuel. Becaria: Ramos, Erika Mariana

**Fechas de iniciación y de finalización efectivas**

02/03/2020 y 22/01/2023

Aprobación del Informe Final por Resolución C.S. N° 057/24 (27-03-2024)