

EVALUACIÓN DEL LECISAN® COMO FUENTE POTENCIAL DE ANTIOXIDANTES NATURALES PARA LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

EVALUATION OF LECISAN® AS A POTENTIAL SOURCE OF NATURAL ANTIOXIDANTS FOR THE FOOD INDUSTRY

David Garrido-Larramendi¹, <https://orcid.org/0000-0003-4257-4259>
Onel Fong-Lores¹, <https://orcid.org/0000-0001-8595-3107>
Yuleidis González-Pérez¹, <https://orcid.org/0000-0003-1654-6019>
Humberto J. Morris-Quevedo², <https://orcid.org/0000-0002-3916-8594>
Leidys Cala-Calviño^{3*}, <http://orcid.org/0000-0001-6548-4526>

¹Centro de Toxicología y Biomedicina (TOXIMED), Universidad de Ciencias Médicas de Santiago de Cuba, Cuba

²Centro de Estudios de Biotecnología Industrial (CEBI), Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba

³Universidad de Ciencias Médicas de Santiago de Cuba, Santiago de Cuba, Cuba

*Autor para la correspondencia: leidyscalacalvino@gmail.com

Recibido: 8 de junio de 2025

Aprobado: 15 de julio de 2025

RESUMEN

La innovación en la industria alimentaria ha conducido a la búsqueda de nuevas fuentes de antioxidantes naturales, capaces de mejorar la calidad y extender la estabilidad de los alimentos. En esta investigación se evaluó el potencial antioxidante de la lecitina de soya utilizada en la formulación del LECISAN®, para ampliar el conocimiento sobre sus beneficios y aplicaciones en la industria alimentaria. Se realizó un estudio analítico *in vitro* mediante la realización de los ensayos: capacidad antioxidante total (CAT), poder reductor férrico (FRAP), capacidad antioxidante-reductora de permanganato (PRAC), el ensayo de reducción del azul de metileno (MBA), captación del radical hidroxilo ($\bullet$ OHSA) y el ensayo de inhibición del radical DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo). Los resultados evidenciaron propiedades antioxidantes en el subproducto de lecitina de soya que valorizan al suplemento nutricional LECISAN®, y sustentan la viabilidad de utilizar dicho subproducto como una fuente natural de antioxidantes.

Palabras clave: LECISAN®; actividad antioxidante; suplemento nutricional; lecitina de soya.

ABSTRACT

Innovation in the food industry has led to the discovery of new sources of natural antioxidants, capable of improving the quality and extending the shelf life of foods. This research evaluated the antioxidant potential of soy lecithin used in the formulation of LECISAN® to enhance knowledge about its benefits and applications in the food industry. An *in vitro* analytical study was conducted through different assays: total antioxidant capacity (TAC), ferric reducing power (FRAP), permanganate reducing antioxidant capacity (PRAC), methylene blue reduction assay (MBA), hydroxyl radical scavenging ($\bullet$ OHSA), and DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical inhibition assay. The results demonstrated antioxidant properties in the soy lecithin by-product that add significant value to the nutritional supplement LECISAN®, supporting the feasibility of using this by-product as a natural source of antioxidants.

Keywords: LECISAN®; antioxidant activity; nutritional supplement; soy lecithin.

INTRODUCCIÓN

La innovación en la industria alimentaria llevó al descubrimiento de nuevas fuentes de antioxidantes con potencialidades para mejorar la calidad, y prolongar la vida útil de los alimentos. En el campo de la nutrición y la salud, la búsqueda de ingredientes naturales con propiedades antioxidantes se ha convertido en una prioridad.⁽¹⁾

Los antioxidantes son moléculas capaces de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas, contrarrestan los radicales libres y otras especies reactivas de oxígeno y se cree que ayudan a prevenir o retardar la progresión de muchas enfermedades no transmisibles que afectan a los seres humanos. La cuantificación y demostración de las propiedades antioxidantes de los alimentos y sus productos son materia de interés para la agricultura, la industria, los investigadores, los médicos y los profesionales de la nutrición.⁽²⁾

En este contexto, la lecitina de soya, un subproducto obtenido durante el proceso de refinación del aceite de soya, despertó un gran interés, debido a su potencial como fuente de antioxidantes beneficiosos para el organismo. El poder antioxidante de la lecitina de soya fue objeto de gran interés en la formulación de productos como el LECISAN®. El mismo se registró por el Grupo de Investigadores de Innovación Tecnológica del Laboratorio Farmacéutico Oriente, en calidad de suplemento nutricional. En su formulación, el componente principal es un subproducto de la refinación de la lecitina de soya, proveniente de la fábrica procesadora de esa leguminosa, de la provincia Santiago de Cuba.⁽³⁾

El uso de la lecitina de soya en la formulación del LECISAN® ofrece beneficios potenciales para la salud y el bienestar. Estudios previos demostraron que la administración de LECISAN® a ratas Wistar, modificó parámetros antropométricos, y la composición corporal, redujo los índices de aterogenicidad y no ejerció efectos negativos sobre la salud cardiovascular de los animales.⁽⁴⁾

Ello convierte a la lecitina en un ingrediente prometedor en las industrias relacionadas con la nutrición y la salud, donde se considera un aditivo alimentario reconocido generalmente como seguro y autorizado por la Administración de Alimentos y Medicamentos de los EE.UU., la Unión Europea y la Comisión del *Codex Alimentarius*. Se emplea,

ampliamente, como emulsificador, antioxidante, mejorador de textura y protector del sabor en la elaboración de ciertos alimentos, así como en las industrias cosmética, química y farmacéutica, entre otras. Por estas razones, se ha recomendado que se deba incrementar el consumo de lecitina en la población cubana.⁽⁵⁾

No obstante, es importante destacar, que no existe consenso en relación con las propiedades antioxidantes/prooxidantes de los lípidos presentes en los alimentos, especialmente de las lecitinas.^(6,7)

Tomando en consideración estos antecedentes, el presente trabajo tuvo como objetivo, evaluar el poder antioxidante de este subproducto, para ampliar así el conocimiento sobre sus beneficios y aplicaciones en la industria alimentaria, y su relevancia en el desarrollo de nuevos productos saludables y funcionales como el LECISAN®.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio exploratorio cuantitativo en el Laboratorio de Química Analítica del Centro de Toxicología y Biomedicina (TOXIMED), y en el Laboratorio MediCuba-Suiza de Tecnología Farmacéutica de la Facultad de Ciencias Naturales y Exactas de la Universidad de Oriente, Santiago de Cuba.

Reactivos empleados

El ácido ascórbico, el 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH), el permanganato de potasio y ácido salicílico fueron adquiridos de Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, EE. UU). El ácido sulfúrico, peróxido de hidrógeno, cloroformo y metanol son de procedencia Merk (Alemania), y el fosfato sódico, heptamolibdato de amonio, ferrocianuro de potasio, ácido tricloroacético, sulfato de hierro (II) de la firma Fluka (Alemania); el azul de metileno de la firma BDH Chemicals Ltd. (Inglaterra). El dimetilsulfóxido (DMSO) se adquirió de JT Baker (Estados Unidos). Todos los reactivos empleados poseen calidad analítica.

Muestra

La muestra utilizada en este estudio consistió en el subproducto de lecitina de soya empleado en la formulación del LECISAN®. Dicha muestra fue proporcionada por el Laboratorio Farmacéutico Oriente (LBF, BioCubaFarma, Santiago de Cuba, Cuba).

Tratamiento de la muestra

Para realizar el análisis de la capacidad antioxidante del subproducto de lecitina de soya, se realiza una extracción basada en un sistema de solventes químicos de diferente polaridad. Con este fin, se utilizó la metodología propuesta por Bligh y Dyer,⁽⁸⁾ que permite una extracción y separación de compuestos en sistemas oleosos, en función de la afinidad que tengan con un solvente polar (metanol) y otro de baja polaridad (cloroformo). Una vez realizada la extracción, las fracciones resultantes son más adecuadas para el análisis por diferentes métodos de evaluación de actividad antioxidante como los empleados en esta investigación.

Luego de obtenidas las fracciones, se trasvasaron 25 mL de la fracción clorofórmica a un crisol de porcelana, y se colocó en un baño termostático (Precistern S140, SELECTA, España) a 40 °C hasta la volatilización total del solvente (cloroformo). Posteriormente, se añadieron 10 mL de DMSO al 1 % (v/v) al crisol, y se resuspendió el residuo. Se transfirió a un matraz de 25 mL, y se completó hasta el aforo con la solución de DMSO (1 %). La solución se dejó en reposo durante 48 h a 25°C con agitación ocasional. Este tratamiento se realizó para favorecer la solubilidad de los componentes hidrofóbicos de la muestra al medio acuoso de los ensayos empleados en esta investigación. A continuación, se centrifugaron 25 mL de ambas fracciones (metanólica y de la clorofórmica resuspendida en DMSO) a 3 000 rpm por 10 min (Kubota 2420, Japan). Finalmente, se tomaron los sobrenadantes de cada muestra y se transfirieron a tubos de ensayo con tapa. Las muestras fueron conservadas a 4 °C hasta la realización de los ensayos.

Evaluación de la actividad antioxidante

Para evaluar la actividad antioxidante *in vitro* del subproducto, se utilizaron diferentes métodos, los cuales son muy empleados en investigaciones científicas y en la industria alimentaria, los que son fundamentales para comprender el impacto de los antioxidantes en la salud humana y en la prevención de enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo. El análisis espectrofotométrico en microplaca fue la técnica instrumental empleada para la cuantificación de la actividad antioxidante con las longitudes de onda adecuadas para cada método.

Capacidad antioxidante total (CAT)

Para la determinación de la capacidad antioxidante total (CAT) de las muestras se utilizó el método del complejo fósfolibdeno descrito por Elsherif *et al.*⁽⁹⁾ con algunas modificaciones en los volúmenes de ensayo para el análisis espectrofotométrico con microplacas de 96 pocillos (CytoOne®, Reino Unido). En viales de 1,5 mL, se añadieron 40 µL de los extractos (agua destilada en el blanco), se mezclaron con 400 µL de disolución reactiva (0,6 M de ácido sulfúrico, 28 mM de fosfato sódico y 4 mM de heptamolibdato de amonio) por triplicado, y se incubaron por 90 min a 95 °C. De esta solución final, se tomaron 300 µL para los pocillos de una microplaca. Se determinó la absorbancia a 695 nm contra el blanco reactivo conteniendo agua destilada en lugar de muestra. Se utilizó una curva de calibración de ácido ascórbico como patrón (2-10 mM). Los resultados se expresaron como milimolar equivalentes de ácido ascórbico (mMEq. AA).

Poder reductor férrico (FRAP)

El poder reductor férrico (FRAP) de las muestras se evaluó mediante el método del ferrocianuro de potasio descrito por Dib y Benbott,⁽¹⁰⁾ al cual se le realizaron modificaciones en los volúmenes de ensayo para el análisis espectrofotométrico con microplacas. El ensayo se realizó triplicado, en viales de 1,5 mL. Se añadieron 200 µL de los extractos (agua destilada en el blanco), se mezclaron con 200 µL de ferrocianuro de potasio (1 %). Se taparon y se incubaron a 50 °C durante 20 min. Posteriormente, se añadieron 200 µL de ácido tricloroacético (10 %) y la mezcla se centrifugó a 2 000 rpm durante 10 min (Kubota 2420, Japan). Del sobrenadante se tomaron 125 µL a una placa de 96 pocillos (CytoOne®, Reino Unido), se mezcló con 125 µL de agua destilada y 25 µL de cloruro férrico (0,1 %), para, posteriormente, medir la absorbancia a 700 nm. Se preparó una curva de calibración con ácido ascórbico como patrón (2-10 mM). Los resultados se expresaron como milimolar equivalentes de ácido ascórbico (mMEq. AA).

Captación del radical hidroxilo (•OH SA)

Se determinó siguiendo el método descrito por Mohamed *et al.*⁽¹¹⁾ Se evaluaron las muestras y el ácido ascórbico como estándar a una concentración de 10

mg/mL, y la absorbancia se midió a una longitud de onda de 510 nm. Para el cálculo del porcentaje de inhibición del radical, se utilizó la siguiente expresión:

$$\text{inhibición} \bullet \text{OH}(\%) = \left[1 - \frac{A_{\text{muestra}} - A_{\text{self}} - A_{\text{blanco}}}{A_{\text{control}}} \right] \times 100 \quad (1)$$

donde:

A control: absorbancia del control que contiene todos los reactivos excepto la muestra

A blanco: absorbancia del blanco que no contiene ni la muestra ni el ácido salicílico utilizado en este ensayo

A self: absorbancia de la solución que contiene todos los reactivos excepto peróxido de hidrógeno (H₂O₂).

Los resultados se expresaron como el porcentaje medio del potencial de captura, basado en los ensayos realizados por triplicado.

Ensayo de reducción del azul de metileno (MBA)

Para la realización de este ensayo, se siguió el método descrito por Gaber *et al.*⁽¹²⁾ Se midieron las absorbancias de las soluciones de las muestras y del ácido ascórbico como estándar, a una longitud de onda de 663 nm. El porcentaje (%) de actividad de reductora se calculó de acuerdo con la siguiente expresión matemática:

$$\text{inhibición}(\%) = \left[\frac{A_{\text{control}} - A_{\text{muestra}}}{A_{\text{control}}} \right] \times 100 \quad (2)$$

donde:

A control: solución de azul de metileno (0,002 M) y agua destilada en lugar de la muestra.

Capacidad antioxidante-reductora del permanganato (PRAC)

Se determinó mediante el método descrito por Mohamed *et al.*,⁽¹¹⁾ y la reducción de la absorbancia se midió a 530 nm para las muestras y para el ácido ascórbico como estándar de referencia. Se utilizó la siguiente expresión para el cálculo de la capacidad reductora de las muestras:

$$\text{PRAC}(\%) = \left[\frac{A_{\text{control}} - A_{\text{muestra}}}{A_{\text{control}}} \right] \times 100 \quad (3)$$

donde:

A control: absorbancia de la solución control conteniendo metanol en lugar de la muestra prueba

A: absorbancia de la muestra.

Captación del radical DPPH• (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo)

La actividad secuestradora de radical DPPH•, fue evaluada por el método descrito por Mohamed *et al.*⁽¹¹⁾ Se utilizó con estándar el ácido ascórbico, y la medición de la absorbancia fue realizada a 517 nm. Para calcular el porcentaje (%) de inhibición de radicales DPPH•, se utilizó la siguiente expresión matemática:

$$\text{Inhibición DPPH} \bullet (\%) = \left[\frac{A_{\text{control}} - A_{\text{muestra}}}{A_{\text{control}}} \right] \times 100 \quad (4)$$

El valor de IC₅₀, basado en el 50 % de inhibición del radical DPPH•, fue calculado a partir de los valores del porcentaje de inhibición, en función de cada concentración evaluada en las muestras. A menor valor del IC₅₀ para una muestra mayor, será su actividad antioxidante.

Análisis estadístico

Todas las mediciones se realizaron por triplicado, y los datos fueron analizados mediante el software GraphPad Prism 9.0. Para evaluar la existencia de diferencias entre los resultados de cada ensayo, se utilizó la prueba no paramétrica de ANOVA de clasificación simple por rangos de Kruskal-Wallis para muestras independientes. Se consideró la diferencia como significativa cuando fue menor del 5 %. La representación gráfica y tabulación de los resultados se realizó empleando el software Microsoft Excel 19.0. Todos los resultados experimentales se expresan como la media de tres determinaciones ± D.E (desviación estándar).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado de la aplicación del método de extracción de Bligh-Dyer, se obtuvieron dos fracciones: una fracción metanólica y una fracción clorofórmica (Fig. 1). De esta última fracción, se volatilizó el solvente cloroformo y fue resuspendida en DMSO (1 %). Las muestras de trabajo se denominaron FM y FC-DMSO, respectivamente.

Se procedió a la evaluación de la capacidad antioxidante mediante ensayos basados en mecanismos redox (PRAC, FRAP, CAT y MBA) y contra la acción de radicales libres: captación del radical DPPH• (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) y radical hidroxilo (•OH).



Fig. 1- Separación bifásica en la extracción de Bligh-Dyer del subproducto de lecitina de soya: metanólica-acuosa (superior) y clorofórmica (inferior)

Dentro de las especies químicas dañinas, los radicales hidroxilos son altamente reactivos y tienen el potencial de inducir daño oxidativo en las células. La capacidad de una muestra para capturar estos radicales se evalúa mediante la medición de la reacción entre el reactivo de salicilato y los radicales hidroxilos generados *in situ*.⁽¹¹⁾ En la realización del ensayo de captación ($\bullet\text{OH SA}$), se obtuvo para FM una capacidad de neutralización de este radical de $87,27 \pm 0,40 \%$, muy superior respecto a FC-DMSO con $15,51 \pm 0,08 \%$ (Fig. 2). Según el análisis estadístico realizado, existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de este ensayo de ambas muestras, para un intervalo de confianza del 95 %.

Dicho análisis proporciona información sobre la capacidad de la muestra para neutralizar este tipo de radicales. Los resultados obtenidos en el ensayo, pueden indicar que los componentes bioactivos obtenidos en las fracciones, como polifenoles y flavonoides, así como otros compuestos bioactivos como los tocoferoles, juegan un papel significativo en la neutralización de Especies Reactivas del Oxígeno (ROS) como el radical hidroxilo.^(3,13)

El ensayo del azul de metileno (MBA), se realiza midiendo la reducción de este colorante al convertirse en su forma reducida o incolora, lo que indica la presencia de compuestos con actividad antioxidante en la muestra.⁽¹²⁾ Se obtuvo una actividad antioxidante notable, con valores de $62,98 \pm 0,22 \%$ y de $15,65 \pm 0,04 \%$, para FM y para FC-DMSO, respectivamente, siendo mucho mayor en la primera. Entre los valores obtenidos por este ensayo, se obtuvo un p -valor $< 0,0001$, por lo que existen diferencias altamente significativas entre ambas muestras.

En este ensayo, se observó una mayor actividad reductora en la muestra FM, lo que podría estar

relacionado con la presencia de flavonoides del grupo de las isoflavonas (genisteína, daidzeína y gliciteína) abundantes en los subproductos de aceite de soya, conocidas por sus significativas propiedades antioxidantes. Dichas moléculas, que pertenecen a la familia de los compuestos polifenólicos (polifenoles), contribuyen a la actividad antioxidante general.⁽⁹⁾

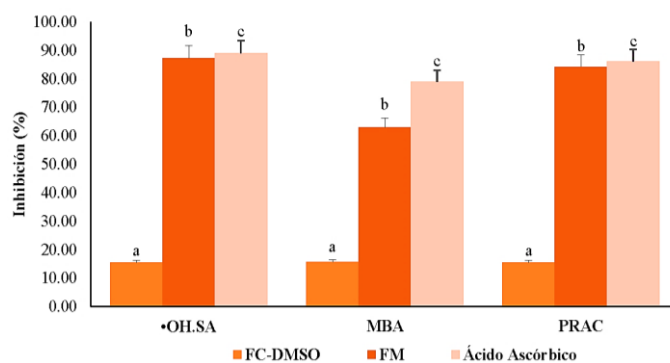


Fig. 2- Análisis comparativo de la actividad antioxidante (%) entre los resultados de las muestras FM, FC-DMSO y el estándar ácido ascórbico, usando los ensayos $\bullet\text{OH SA}$, MBA y PRAC

Leyenda: Letras diferentes expresan diferencias significativas entre las muestras por cada ensayo ($p < 0,05$; $n = 3$)

El ensayo PRAC mide la capacidad de la muestra para reducir el permanganato de potasio (KMnO_4), un potente agente oxidante. La disminución en la intensidad del color púrpura del permanganato, permite cuantificar la actividad antioxidante de la muestra.⁽¹¹⁾ Según los resultados obtenidos con el ensayo PRAC, se encontró una capacidad antioxidante de $84,22 \pm 0,48 \%$ y $15,42 \pm 0,06 \%$, para la muestra FM y para FC-DMSO, respectivamente, siendo mayor la actividad mostrada por la primera. Entre los valores obtenidos existen diferencias significativas entre ambas muestras, para un nivel de significación de p -valor $< 0,05$.

Los resultados de este ensayo muestran un comportamiento similar al observado en el ensayo de reducción del azul de metileno, con una mayor actividad antioxidante en la muestra FM en comparación con FC-DMSO. Esto puede atribuirse a la mayor concentración de fenoles, y flavonoides del tipo isoflavonas en la fracción metanólica (FM), y a la similitud en los mecanismos de detección de actividad antioxidante de ambos ensayos. La presencia de compuestos polifenólicos también se ha relacionado con la inhibición de la oxidación del permanganato al formar intermediarios estabilizados por ligandos con el manganeso.⁽¹⁴⁾

En el ensayo de inhibición del radical DPPH $\bullet$ se mide la capacidad de los componentes de una muestra de neutralizar la molécula 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo, un

radical libre ampliamente utilizado en investigación antioxidante. La capacidad de la muestra para neutralizar este radical se revela por el cambio de color de púrpura a amarillo.⁽¹¹⁾

Primeramente, se evaluó la capacidad de inhibición de este radical a cinco concentraciones (20,0-200,0 µg/mL). Los valores obtenidos para las dos muestras fueron muy inferiores en comparación con el control positivo (ácido ascórbico) a las mismas concentraciones. Posteriormente, se realizó un segundo ensayo con cinco concentraciones superiores (2,0-10,0 mg/mL), en el orden correspondiente al contenido de lecitina de soya utilizado en la formulación del LECISAN®. En la [Tabla 1](#) se muestran los valores de inhibición (%) del radical DPPH• para las concentraciones mínima y máxima evaluadas de 200,0 µg/mL y 10,0 mg/mL en ambos ensayos.

Tabla 1- IC₅₀ y porcentaje de inhibición de DPPH• para cada muestra a las máximas concentraciones

Muestra	Inhibición (%)		IC ₅₀ (µg/mL)
	200 µg/mL	10 mg/mL	
FM	3,38 ± 0,08 a	79,20 ± 0,64 a	5 164,75 ± 17,28 a
FC-DMSO	0,33 ± 0,02 b	17,42 ± 0,05 b	37 750,61 ± 76,68 b
Ácido Ascórbico *	83,11 ± 0,82 c	97,67 ± 1,01 c	14,55 ± 0,07 c

*Control positivo; letras diferentes indican diferencias significativas (p < 0,05)

Este segundo análisis evidenció, que la capacidad de neutralización del radical DPPH• está influenciada por la concentración, obteniéndose un elevado porcentaje (%) de inhibición a la concentración de 10,0 mg/mL para la muestra FM respecto a FC-DMSO. Partiendo de los resultados de esta segunda evaluación experimental, se determinaron los valores de IC₅₀ ([Tabla 1](#)), apreciándose que ambas muestras presentaron una eficacia mucho menor que el ácido ascórbico, utilizado como estándar de referencia. Ello indica una capacidad antioxidante inferior en términos de potencia, pese a registrarse un incremento en la neutralización del radical DPPH• respecto a la evaluación previa.

Durante este análisis, se observó una mayor decoloración del radical DPPH• con la fracción metanólica (FM) en comparación con FC-DMSO. Esta decoloración está relacionada con la capacidad de donación de hidrógeno de los antioxidantes presentes, sugiriendo que una concentración muy superior de compuestos con capacidad antioxidante en la fracción metanólica es responsable de esta mayor actividad.

Se determinó por varios estudios, que algunos aminoácidos como la cisteína, el alfa-tocoferol, compuestos polifenólicos y algunos compuestos

amínicos aromáticos presentes en la lecitina de soya y otros derivados de la soya, producen la reducción y decoloración del radical DPPH• por su habilidad donadora de hidrógenos.⁽¹⁵⁾

En el estudio de Nasab *et al.*,⁽¹⁶⁾ los liposomas de lecitina de soya mostraron una capacidad de inhibición del radical DPPH• próxima al 60 % a 10 mg/mL, resultado atribuido a su estructura liposomal, que facilita la interacción con radicales libres. En contraste con los valores de inhibición obtenidos en esta investigación a la misma concentración ([Tabla 1](#)), los liposomas de lecitina de soya mostraron menor eficacia antioxidante que la muestra FM (fracción metanólica), pero superaron ampliamente a la muestra FC-DMSO (fracción clorofórmica resuspendida), resaltando el papel de la formulación liposomal en la optimización de la actividad antioxidante frente a sistemas no estructurados como la lecitina libre. Estos hallazgos subrayan, que tanto la composición química como la organización estructural (liposomal vs. libre) son determinantes importantes en la eficiencia antioxidante de la lecitina de soya.

En la realización del ensayo poder reductor férrico (FRAP), se obtuvo un comportamiento creciente de la capacidad reductora en ambas muestras, a medida que se aumenta la concentración evaluada ([Fig. 3](#)). En este ensayo, se monitorea una única reacción de transferencia de electrones, a través del cambio de color que ocurre, según se reduce el oxidante.⁽¹⁰⁾

Se alcanzaron valores de reducción muy superiores en la muestra FM respecto a la FC-DMSO. Para FM, se obtuvo un valor de 10,92 ± 0,043 mMEq. AA, y para FC-DMSO de 0,78 ± 0,002 mMEq. AA, este último muy inferior comparado con FM, ambos resultados para una concentración máxima de 10,0 mg/mL. A una concentración de 1,0 mg/mL, el valor de la absorbancia obtenido para FM fue de 0,006 y de 0,004 para FC-DMSO, ambos menores a la absorbancia del ácido ascórbico (0,796) a la misma concentración, lo que indica un poder reductor férrico inferior a la vitamina C usada como estándar. Entre los resultados de las dos muestras existen diferencias significativas, a un p-valor < 0,05.

El ensayo de capacidad antioxidante total (CAT) evalúa la capacidad global de los antioxidantes en la muestra para donar electrones y neutralizar los radicales, protegiendo así las células y biomoléculas del daño oxidativo.⁽⁹⁾ En la [Figura 4](#) se observa el comportamiento de la actividad antioxidante, según este ensayo para ambas muestras. Se aprecia una relación dosis-respuesta, al aumentar la capacidad

antioxidante a medida que se incrementa la concentración. El mayor valor de capacidad antioxidante total fue de $21,11 \pm 0,179$ mMEq. AA para la muestra FM y de $2,50 \pm 0,002$ mMEq. AA para FC-DMSO, ambas para una concentración de 10,0 mg/mL, lo que indica un poder antioxidante significativamente mayor para la fracción metanólica (FM) según este ensayo. Este comportamiento en la capacidad antioxidante se asemeja al obtenido en el ensayo FRAP, ya que ambos ensayos actúan por mecanismos de transferencia electrónica. La actividad antioxidante entre ambas muestras también resultó estadísticamente significativa ($p < 0,05$).

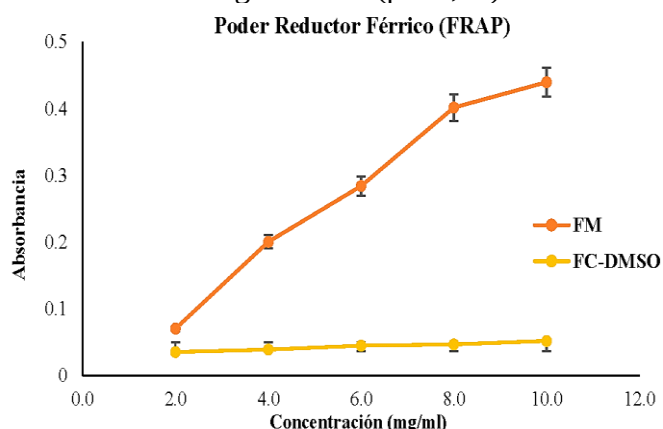


Fig. 3- Comportamiento del poder reductor de las muestras FM y FC-DMSO en el ensayo FRAP. Los valores graficados corresponden a la media de tres replicas ($n=3$)

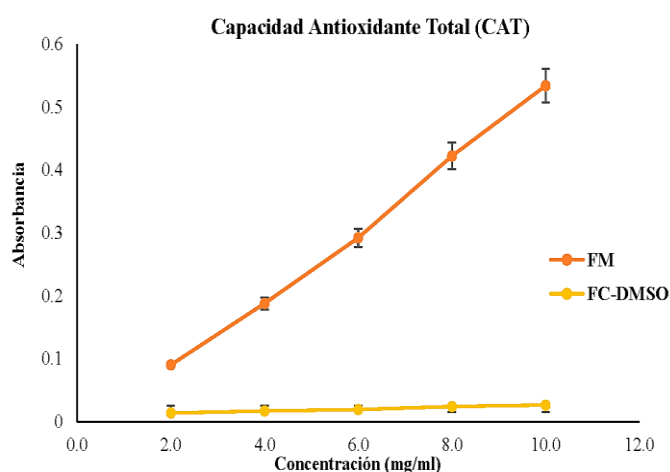


Fig. 4- Comportamiento de la actividad antioxidante FM y FC-DMSO en el ensayo de capacidad antioxidante total (CAT)
Leyenda: Los valores representados corresponden a la media de tres replicas ($n=3$)

En comparación con el estándar, a una concentración de 1,0 mg/mL se obtuvieron valores de absorbancia de 0,025 y 0,012, para la muestra FM y FC-DMSO,

respectivamente, siendo inferior a la absorbancia del ácido ascórbico (1,312) a la misma concentración, lo que indica una capacidad antioxidante inferior a la vitamina C.

De forma general, en el estudio del subproducto de lecitina de soya se evidencian propiedades antioxidantes en ambas muestras, lográndose observar una mayor actividad en FM respecto a FC-DMSO. Las diferencias en la actividad antioxidante están en correspondencia con los diferentes contenidos de compuestos bioactivos con esta propiedad, obtenidos en ambas fracciones, en función de su afinidad por los solventes de baja o elevada polaridad.

Los principales antioxidantes de la soya (isoflavonas, ácido fítico y otros), se distribuyen mejor en fases acuosas/metanol (fases polares), durante la extracción con el método Bligh-Dyer, quedando en la fracción clorofórmica solo compuestos minoritarios. En esta fracción, es probable que se encuentren compuestos liposolubles como los tocoferoles del tipo δ - y γ -tocoferol, menos activos que el α -tocoferol, lo que podría explicar una actividad antioxidante muy baja o moderada.⁽¹⁷⁾ También, algunas trazas de compuestos fenólicos parcialmente liposolubles como la genisteína y la daidzeína, con posibilidad de encontrarse en muy bajas concentraciones en el cloroformo, o sus derivados metilados/acetilados, podrían estar presentes en cantidades mínimas aportando cierta actividad antioxidante.⁽³⁾

Algunos esfingolípidos presentes en la lecitina de soya, como ceramidas, pueden actuar como antioxidantes débiles, al interactuar con especies oxidantes.^(18,19) Adicionalmente, la presencia de fosfolípidos en el subproducto,⁽³⁾ como la fosfatidilcolina y otros, pueden quelar iones metálicos prooxidantes, reduciendo la iniciación de reacciones de oxidación. La combinación de estos componentes en trazas, junto con mecanismos indirectos (quelación de metales), explican la baja actividad antioxidante detectada en la muestra FC-DMSO que contiene los compuestos separados en la fracción clorofórmica.

Una actividad antioxidante inferior en ambas muestras respecto al control positivo (ácido ascórbico), se puede relacionar con la pureza del residual, ya que se trata de un subproducto del proceso de refinación del aceite de soya, que posee una composición heterogénea de sustancias, como la fosfatidilcolina, un fosfolípido presente en la lecitina de soya que, incluso, a bajas concentraciones, afecta la actividad antioxidante de fitocompuestos como flavonoides y tocoferoles, lo que

disminuye la capacidad de los mismos de inhibir los radicales libres por mecanismos de transferencia electrónica.

En estudio previo,⁽³⁾ se detectaron y cuantificaron, los contenidos de polifenoles y flavonoides totales presentes en el subproducto de lecitina de soya usada en la formulación del LECISAN®. La presencia de estos fitocompuestos en el subproducto sugiere una relación directa con las propiedades antioxidantes observadas en el estudio, debido a la capacidad de estas moléculas para neutralizar radicales libres, y de actuar como agentes reductores fuertes, siendo reconocidos por ser una familia de moléculas con notables propiedades antioxidantes y por estar ampliamente presentes en especies de plantas oleaginosas como la soya (*Glycine max* L).^(20,21)

Otro tipo de fitocompuestos, los fitosteroles, como el β -sitosterol y el campesterol, presentes en el aceite de germen de soya, muestran capacidades antioxidantes, tanto en sistemas oleosos como no oleosos, con mayor eficacia a temperaturas más bajas durante períodos más prolongados.⁽²²⁾ Los tocoferoles, en particular el α -tocoferol, son conocidos por sus propiedades antioxidantes, y son esenciales para la salud humana, con una correlación positiva entre el tocoferol y el contenido de aceite en la soya. En este sentido, se describió una correlación significativa entre la suma de carotenoides y el análisis basado en cuantificación de la vitamina E en muestras de aceites vegetales y productos a base de soya, los cuales le otorgan propiedades antioxidantes beneficiosas.^(13,17)

Entre los aceites vegetales con mayor contenido de compuestos fenólicos, está el aceite de soya. Los estudios sobre la extracción de compuestos bioactivos de los subproductos de la soya, demostraron que la extracción de líquidos presurizados con disolventes eutécticos naturales, como el cloruro de colina, el ácido cítrico y el agua, en condiciones óptimas, produce fracciones ricas en fenoles y flavonoides. Ello podría sugerir la presencia de flavonoides en la fracción metanólica.⁽²³⁾

Otros compuestos fenólicos importantes son las isoflavonas, que están ampliamente distribuidas dentro del reino vegetal, pero es más común encontrarlas en la familia *Leguminosae*, destacando la soya por su contenido de estas sustancias. Las isoflavonas eliminan una amplia gama de especies reactivas de oxígeno, nitrógeno y cloro. Estos compuestos actúan mediante mecanismos de transferencia de electrones y quelación de metales, lo que explica su eficacia en ensayos como DPPH• y FRAP.⁽¹⁴⁾ Futuros estudios mediante HPLC-

MS pueden confirmar su presencia, y permitir su cuantificación.

En los resultados obtenidos por Cala-Calviño *et al.*⁽³⁾, se detectó la presencia de fosfolípidos en el residual de lecitina de soya, mediante la técnica de cromatografía de capa delgada de alta resolución (HPTLC). Algunos fosfolípidos, como la fosfatidiletanolamina (PE) detectada en su investigación, mejoran la actividad antioxidante de compuestos como el α -tocoferol y el Trolox, y pueden interferir con el radical hidroxilo, e intervenir en la modulación de la actividad antioxidante en varios sistemas.^(3,19) Otro fosfolípido detectado fue la fosfatidilserina (PS), presente en la lecitina de soya y el aceite de soya, con importantes propiedades antioxidantes, ya que prolonga sinérgicamente la vida útil de las emulsiones de aceite en agua cuando se combina con tocoferoles (por ejemplo, el α -tocoferol), al aumentar la fase de retraso de los hidroperóxidos y el hexanal en las emulsiones, lo que indica su eficacia para controlar la oxidación de los lípidos.⁽²⁴⁾

Estos hallazgos sugieren, que el subproducto de lecitina de soya, utilizado en la formulación del suplemento nutricional LECISAN®, contiene una variedad de compuestos bioactivos en diversas proporciones, que confieren propiedades antioxidantes al subproducto.

CONCLUSIONES

La lecitina de soya utilizada en la formulación del LECISAN® evidenció propiedades antioxidantes, que aportan valor a su aplicación en la industria de alimentos y suplementos nutricionales. Los resultados obtenidos respaldan la viabilidad de utilizar este subproducto de lecitina de soya como una fuente natural de antioxidantes, lo que puede contribuir a la formulación de productos más saludables, y abrir nuevas oportunidades para su uso en la industria alimentaria y nutracéutica, en el contexto de la economía circular.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación es resultado del Proyecto Sectorial “Efectos nutricionales, farmacología y toxicología preclínica del LECISAN®” (PS1089SC002), adscrito al Programa de Medicina Natural y Tradicional del Ministerio de Salud Pública.

Los autores agradecen, además, al Laboratorio MediCuba-Suiza de Tecnología Farmacéutica de la Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, de la

Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, así como al Proyecto VLIR P3 “Productos Naturales y Servicios farmacéuticos en el mejoramiento de la calidad de vida de pacientes en hospitales del Oriente de Cuba”, como parte del Programa de Cooperación IUC VLIR UOS de la Universidad de Oriente con el Consejo Interuniversitario Flamenco del Reino de Bélgica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BELTRÁN, Y. *et al.* “Composición de fenoles y propiedades antioxidantes de la seta *Pleurotus ostreatus*. Aplicación en alimentos funcionales”. *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*. 2024, **14**(4), e1657. <http://www.revistaccuba.cu/index.php/revacc/article/view/1657>
2. BENÍTEZ-ESTRADA, A. *et al.* “Determinación de la capacidad antioxidante total de alimentos y plasma humano por fotoluminiscencia: Correlación con ensayos fluorométricos (ORAC) y espectrofotométricos (FRAP)”. *TIP*. 2020, **23**, e20200244. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.244>
3. CALA-CALVIÑO, L. *et al.* “Caracterización química del LECISAN®, contribución al estudio del producto natural.” *Revista de Información Científica*. 2024, **103**, e4360. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10456644>
4. CALA, L. *et al.* “Efectos de la lecitina de soya sobre parámetros antropométricos en ratas Wistar”. *Revista Cubana de Farmacia*. 2021, **54**(4), e605. <https://revfarmacia.sld.cu/index.php/far/article/download/605/444>
5. PINO, J. A. “Lecitina: química, bioquímica y uso en la industria alimentaria”. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 2021, **31**(1), 68-77. ISSN 1816-7721.
6. CUI, L.; DECKER, E. A. “Phospholipids in foods: prooxidants or antioxidants?”. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2016, **96**(1), 18-31. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7320>
7. ZHAO, Q. *et al.* “Impact of phosphatidylcholine and phosphatidylethanolamine on the oxidative stability of stripped peanut oil and bulk peanut oil”. *Food Chemistry*. 2020, **311**, 125962. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125962>
8. BLIGH, E. G.; DYER, W. J. “A rapid method of total lipid extraction and purification”. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*. 1959, **37**(8), 911-917. <https://doi.org/10.1139/o59-099>
9. ELSHERIF, K. M. *et al.* “Phytochemical screening, antioxidant capacity measurement, and mineral content determination of *Thymus vulgaris* L. extracts”. *Walisongo Journal of Chemistry*. 2023, **6**(2), 168-180. <https://doi.org/10.14421/biomedich.2023.121.17-23>
10. DIB, M.; BENBOTT, A. “FTIR analysis and study of some physicochemical parameters and antioxidant activity of *Opuntia ficus indica* seed oil from Tebessa region, Algeria”. *Notulae Scientia Biologicae*. 2023, **5**(1), 1-15. <https://doi.org/10.15835/nsb15111345>
11. MOHAMED, H. R. *et al.* “Evaluation of total phenolics, flavonoids, and antioxidant and cytotoxic potential of *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle leaves”. *Journal of Reports in Pharmaceutical Sciences*. 2021, **10**(1), 130-136. https://doi.org/10.4103/jrtps.JRTPS_7_21
12. GABER, N. B.; EL-DAHY, S. I.; SHALABY, E. A. “Comparison of ABTS, DPPH, permanganate, and methylene blue assays for determining antioxidant potential of successive extracts from pomegranate and guava residues”. *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2021, **13**(5), 4011-4020. <https://doi.org/10.1007/s13399-021-01386-0>
13. VELASCO, J. *et al.* “New insights into the loss of antioxidant effectiveness of phenolic compounds in vegetable oils in the presence of phosphatidylcholine”. *Antioxidants*. 2023, **12**(11), 1993. <https://doi.org/10.3390/antiox12111993>
14. NILE, S. H. *et al.* “Soybean processing wastes: Novel insights on their production, extraction of isoflavones, and their therapeutic properties”. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2022, **70**(23), 6849-6863. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c04927>
15. SHALABY, E. A.; SHANAB, S. M. M. “Comparison of DPPH and ABTS assays for determining antioxidant potential of water and methanol extracts of *Spirulina platensis*”. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*. 2013, **42**(5), 556-564. [https://nopr.niscpr.res.in/bitstream/123456789/24794/1/IJMS%2042\(5\)%20556-564.pdf](https://nopr.niscpr.res.in/bitstream/123456789/24794/1/IJMS%2042(5)%20556-564.pdf)
16. NASAB, M. E., *et al.* “In vitro antioxidant activity and in vivo wound-healing effect of lecithin liposomes: a comparative study.” *Journal of Comparative Effectiveness Research*. 2019, **8**(8), 633-643. <https://doi.org/10.2217/cer-2018-0128>
17. FERNÁNDEZ-VENTOSO, L. *et al.* “Distributions of α - and δ -tocopherol in intact olive

and soybean oil-in-water emulsions at various acidities: A test of sensitivity of the pseudophase kinetic model". *Antioxidants*. 2022, **11**(12), 2477. <https://doi.org/10.3390/antiox11122477>

18. PICCOLI, M. *et al.* "Sphingolipids and Atherosclerosis: The Dual Role of Ceramide and Sphingosine-1-Phosphate". *Antioxidants*. 2023, **12**(1), 143. <https://doi.org/10.3390/antiox12010143>

19. GIULIA-COLIVA, L.M. *et al.* "Sphingomyelins Prevent Propagation of Lipid Peroxidation-LC-MS/MS Evaluation of Inhibition Mechanisms." *Molecules*. 2020, **25**(8), 1925-1925. <https://doi.org/10.3390/molecules25081925>

20. DINI, I.; GRUMETTO, L. "Recent Advances in Natural Polyphenol Research". *Molecules*. 2022, **27**(24), 8777. <https://doi.org/10.3390/molecules27248777>

21. DIAS, M. C.; PINTO, D. C. G. A.; SILVA, A. M. S. "Plant Flavonoids: Chemical Characteristics and

Biological Activity". *Molecules*. 2021, **26**(17), 5377. <https://doi.org/10.3390/molecules26175377>

22. YUAN, X. "Evaluation on antioxidant activities of the soybean oils and gums". Tesis defendida en opción al Grado de Master. Louisiana State University, United States of America, 2006. https://doi.org/10.31390/gradschool_theses.3941

23. SÁNCHEZ-BRAGAGNOLO, F. *et al.* "Pressurized natural deep eutectic solvents: An alternative approach to agro-soy by-products". *Frontiers in Nutrition*. 2022, **9**, 953169. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.953169>

24. HARSHIKA, A. *et al.* "Production of a high-phosphatidylserine lecithin that synergistically inhibits lipid oxidation with α -tocopherol in oil-in-water emulsions". *Foods*. 2022, **11**(7), 1014. <https://doi.org/10.3390/foods11071014>

DECLARACIÓN CONFLICTO DE INTERESES

No se declaran conflictos entre los autores

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

David Garrido Larramendi: conceptualización, administración del proyecto, análisis formal, investigación, metodología, visualización, redacción-borrador original, revisión y edición.

Onel Fong Lores: análisis formal, investigación, metodología, visualización, revisión y edición.

Yuleidis González Pérez: análisis formal, investigación, metodología, visualización, revisión y edición.

Humberto J. Morris Quevedo: conceptualización, análisis formal, investigación, metodología, visualización, redacción-borrador original, revisión y edición.

Leidys Cala Calviño: análisis formal, investigación, metodología, visualización, redacción-borrador original, revisión y edición.