

DOI: 10.26820/reciamuc/6.(3).julio.2022.564-574

URL: <https://reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/939>

EDITORIAL: Saberes del Conocimiento

REVISTA: RECIAMUC

ISSN: 2588-0748

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Artículo de revisión

CÓDIGO UNESCO: 23 Química

PAGINAS: 564-574







Actividad Antioxidante de Pulpa, Semilla y Pericarpio de Mazorca del Theobroma Cacao

Antioxidant Activity of Pulp, Seed and Pericarp of Theobroma Cacao Cob

Atividade Antioxidante de Polpa, Semente e Pericarpo de Theobroma Cacao Cob

José Alberto Zamora Guevara¹; Jorge Ricardo Campoverde Mori²; William Johnny Jiménez Jiménez³; Walter Enrique Mariscal Santi⁴

RECIBIDO: 20/06/2022 **ACEPTADO:** 10/07/2022 **PUBLICADO:** 26/08/2022

1. Magister en Procesamiento y Conservación de Alimentos; Químico y Farmacéutico; Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador; jose.zamoragu@ug.edu.ec;  <https://orcid.org/0000-0002-4138-742X>
2. Master Universitario en Tecnología Educativa y Competencias Digitales; Master en Tecnologías de la Información y de la Comunicación Aplicadas a la Educación; Licenciado en Ciencias de la Educación Especialización: Informática; Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador; campoverdemj@ug.edu.ec;  <https://orcid.org/0000-0002-2639-8040>
3. Magister en Epidemiología; Químico y Farmacéutico; Doctor en Bioquímica y Farmacia; Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador; william.jimenezj@ug.edu.ec;  <https://orcid.org/0000-0001-6302-5481>
4. Diplomado en Docencia Superior; Magister en Diseño Curricular; Abogado de los Tribunales y Juzgados de la República del Ecuador; Licenciado en Ciencias Sociales y Políticas; Químico y Farmacéutico; Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador; walter.mariscals@ug.edu.ec;  <https://orcid.org/0000-0003-4735-268X>

CORRESPONDENCIA

José Alberto Zamora Guevara

jose.zamoragu@ug.edu.ec

Guayaquil, Ecuador

RESUMEN

Un antioxidante es cualquier sustancia que al estar presente a bajas concentraciones respecto a las de un sustrato oxidable, retrasa o previene significativamente la oxidación de este sustrato. Entre los métodos desarrollados para medir la actividad anti radical, se mencionaran los más usados en las fuentes consultadas: método ABTS+: el ensayo decoloración de cationes radicales, el método ORAC la capacidad de absorción de radicales de oxígeno (ORAC) es un método que mide la inhibición antioxidante de los radicales peróxido de oxidaciones inducidas y refleja la cadena radical clásica rompiendo la actividad antioxidante por transferencia de átomos de Hidrógeno. El método FRAP: la capacidad de reducción férrica del plasma/ poder antioxidante reductor férrico (FRAP), se basa en la capacidad de los fenólicos para reducir complejo de tripiridiltriiazina férrica amarilla a complejo ferroso azul por la acción de antioxidantes donadores de electrones y el método DPPH: la determinación de la capacidad antioxidante por el método de DPPH, se realiza empleando el radical libre 2,2-difenil-1-picrylhydrazyl. El radical cromógeno se reduce al añadirle antioxidantes, pasa del color púrpura al amarillo pálido (hidracina). La cáscara de mazorca de cacao contiene compuestos activos importantes como los taninos, antocianinas y proantocianidinas, famosos por su fuerte actividad antioxidante. El CP2 se ve relacionada con el análisis del DPPH, se puede indicar que es un radical libre estable y se utiliza como indicador para medir la capacidad de secuestro de cualquier compuesto que posea actividad antioxidativa. El mucílago o pulpa de cacao, puede ser aplicado en variedades de productos por sus características nutritivas y sensoriales. La actividad antioxidante esta correlacionada con el poder reductor. Las propiedades reductoras están asociadas a la presencia de compuestos fenólicos que ejercen su acción a través del rompimiento de la reacción en cadena de los radicales libres por donación de un átomo de hidrógeno. Las propiedades reductoras están asociadas generalmente con la presencia de reductoras, compuestos flavonol/procyanidinas presentes en las semillas de cacao. El cacao en sus diferentes compuestos posee cualidades medicinales, antiinflamatorio, previene enfermedades cardiovasculares, es estimulante del sistema nervioso central y diurético, tales propiedades otorgadas por la cafeína, teobromina y teacrina que posee. También, presenta propiedades antioxidantes aportando una alta actividad; reteniendo los radicales libres, ayudando a retardar el envejecimiento y enfermedades cancerígenas. Se aplicó una metodología descriptiva, con un enfoque documental, es decir, revisar fuentes disponibles en la red, con contenido oportuno y relevante para dar respuesta a lo tratado en el presente artículo.

Palabras clave: Theobroma Cacao, Polifenoles, Antioxidante, DPPH, ORAC, FRAP, ABTS+

ABSTRACT

An antioxidant is any substance that, when present at low concentrations relative to those of an oxidizable substrate, significantly delays or prevents the oxidation of this substrate. Among the methods developed to measure anti-radical activity, the most used in the consulted sources will be mentioned: ABTS+ method: the radical cation discoloration test, the ORAC method, the oxygen radical absorption capacity (ORAC) is a method that measures antioxidant inhibition of peroxy radical induced oxidations and reflects classical radical chain breaking antioxidant activity by hydrogen atom transfer. The FRAP method: Plasma iron reducing capacity/ferric reducing antioxidant power (FRAP), is based on the ability of phenolics to reduce yellow ferric tripyridyltriazine complex to blue ferrous complex by the action of electron donating antioxidants and the method DPPH: the determination of the antioxidant capacity by the DPPH method is carried out using the free radical 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl. The chromogenic radical is reduced by adding antioxidants, it turns from purple to pale yellow (hydrazine). The cocoa pod shell contains important active compounds such as tannins, anthocyanins and proanthocyanidins, famous for their strong antioxidant activity. CP2 is related to the analysis of DPPH, it can be indicated that it is a stable free radical and is used as an indicator to measure the scavenging capacity of any compound that has antioxidant activity. The cocoa mucilage or pulp, can be applied in varieties of products for its nutritional and sensory characteristics. The antioxidant activity is correlated with the reducing power. The reducing properties are associated with the presence of phenolic compounds that exert their action by breaking the chain reaction of free radicals by donating a hydrogen atom. The reducing properties are generally associated with the presence of reductones, flavonol/procyanidin compounds present in cocoa beans. Cocoa in its different compounds has medicinal qualities, anti-inflammatory, prevents cardiovascular diseases, is a stimulant of the central nervous system and diuretic, such properties granted by the caffeine, theobromine and theacrine it possesses. Also, it has antioxidant properties providing a high activity; retaining free radicals, helping to slow down aging and carcinogenic diseases. A descriptive methodology was applied, with a documentary approach, that is, reviewing sources available on the network, with timely and relevant content to respond to what is discussed in this article.

Keywords: Theobroma Cacao, Polyphenols, Antioxidant, DPPH, ORAC, FRAP, ABTS+

RESUMO

Um antioxidante é qualquer substância que, quando presente em baixas concentrações em relação às de um substrato oxidável, retarda significativamente ou impede a oxidação deste substrato. Entre os métodos desenvolvidos para medir a atividade anti-radical, serão mencionados os mais utilizados nas fontes consultadas: Método ABTS+: o teste de descoloração do catião radical, o método ORAC, a capacidade de absorção de radicais oxigenados (ORAC) é um método que mede a inibição antioxidante das oxidações induzidas por radicais peróxido e reflete a atividade antioxidante clássica de ruptura da cadeia radical por transferência de átomos de hidrogênio. O método FRAP: A capacidade de redução do ferro plasmático/poder antioxidante reductor do ferro ferroso (FRAP), baseia-se na capacidade dos fenólicos de reduzir o complexo de tripiridiltriiazina férrica amarela ao complexo ferroso azul pela ação dos antioxidantes doadores de elétrons e o método DPPH: a determinação da capacidade antioxidante pelo método DPPH é realizada utilizando o radical livre 2,2-difenil-1-picril-hidrazílico. O radical cromogénico é reduzido pela adição de antioxidantes, passando de roxo a amarelo pálido (hidrazina). A casca da vagem do cacau contém compostos ativos importantes como taninos, antocianinas e proantocianidinas, famosos pela sua forte actividade antioxidante. CP2 está relacionado com a análise de DPPH, pode ser indicado que é um radical livre estável e é utilizado como indicador para medir a capacidade de absorção de qualquer composto que tenha actividade antioxidante. A mucilagem do cacau ou polpa, pode ser aplicada em variedades de produtos pelas suas características nutricionais e sensoriais. A actividade antioxidante está correlacionada com o poder reductor. As propriedades reductoras estão associadas à presença de compostos fenólicos que exercem a sua acção, quebrando a reacção em cadeia dos radicais livres através da doação de um átomo de hidrogénio. As propriedades reductoras estão geralmente associadas à presença de redutores, compostos flavonol/procyanidina presentes nas amêndoas de cacau. O cacau nos seus diferentes compostos tem qualidades medicinais, anti-inflamatórias, previne doenças cardiovasculares, é um estimulante do sistema nervoso central e diurético, tais propriedades concedidas pela cafeína, teobromina e teacrina que possui. Além disso, possui propriedades antioxidantes que proporcionam uma actividade elevada; retendo os radicais livres, ajudando a retardar o envelhecimento e as doenças cancerígenas. Foi aplicada uma metodologia descritiva, com uma abordagem documental, ou seja, a revisão das fontes disponíveis na rede, com conteúdo atempado e relevante para responder ao que é discutido neste artigo.

Palavras-chave: Theobroma Cacao, Polifenóis, Antioxidante, DPPH, ORAC, FRAP, ABTS+

Introducción

Es conocido a lo largo de la historia la fascinación del hombre por el cacao, se ha destacado como un rubro de gran importancia comercial en el ámbito mundial, por ser materia prima para la obtención de diversos productos de las industrias de alimentos, cosmetológica y farmapolifenoles presentes en plantas y frutos, los cuales han recibido especial interés gracias a sus propiedades funcionales como antioxidantes, anticancerígenos, antiinflamatorios y antibacteriales.

La composición química de los granos de cacao depende de varios factores entre los que se pueden citar Castro, et al., (2016): “tipo de cacao, origen geográfico, grado de madurez, calidad de la fermentación y el secado”. Sus componentes químicos son: agua, grasa, compuestos fenólicos, materia nitrogenada (proteínas y purinas), almidón y otros carbohidratos cética. El creciente interés en los últimos años por el consumo de alimentos que además de nutrir tengan un impacto favorable en la salud, ha incentivado el estudio de componentes naturales como los polifenoles (presentes en plantas y frutos), generando gran curiosidad a la ciencia debido a sus propiedades funcionales como antioxidantes, anticancerígenos, antiinflamatorios y antibacteriales.

Recientemente, el valor de los subproductos agrícolas de frutas y hortalizas, están recibiendo una gran atención debido a que estos generan problemas ambientales, es por ello que científicos proponen el uso de estos como ingredientes alimenticios u otras aplicaciones dándole un valor agregado. En este orden de ideas, es necesario realizar estudios cualitativos y cuantitativos que permitan determinar: “la viabilidad del uso, el objetivo fue cuantificar los polifenoles totales y la capacidad antioxidante mediante la inhibición de los radicales DPPH y ABTS+ en piel, cáscara, pulpa y semilla

de la mazorca de cacao” (Ordoñez, Leon, Rivera, & Vargas, 2019).

Los antioxidantes naturales “son capaces de inactivar los radicales libres del proceso de oxidación del organismo, previniendo la aparición de enfermedades degenerativas, diversos tipos de cáncer, enfermedades cardiovasculares entre otras, lo afirman” (Sangronis, Soto, Valero, & Buscema, 2014). En el mercado nacional existe una oferta comercial de cascarilla de cacao para pre-parar infusiones, pero no se conoce mucho sobre su calidad, abriendo un mercado a la investigación científica para apoyar con resultados que serán de utilidad para elevar la calidad de vida de la población.

Metodología

Esta investigación está dirigida al estudio del tema “Actividad Antioxidante de Pulpa, Semilla y Pericarpio de Mazorca del *Theobroma Cacao*”. Para realizarlo se usó una metodología descriptiva, con un enfoque documental, es decir, revisar fuentes disponibles en la red, cuyo contenido sea actual, publicados en revistas de ciencia, disponibles en Google Académico, lo más ajustadas al propósito del escrito, con contenido oportuno y relevante desde el punto de vista científico para dar respuesta a lo tratado en el presente artículo y que sirvan de inspiración para realizar otros proyectos. Las mismas pueden ser estudiadas al final, en la bibliografía.

Resultados

Un antioxidante “es cualquier sustancia que al estar presente a bajas concentraciones respecto a las de un sustrato oxidable, retrasa o previene significativamente la oxidación de este sustrato” (Sotelo, Alvis, & Arrazola, 2015). Esta definición destaca la importancia que tiene la matriz o tejido sobre el cual va a actuar el antioxidante, se observa que este término abarca diferentes tratamientos antioxidantes dependien-

do del sitio de acción y del origen del mismo; pero no tiene en consideración otros aspectos y sistemas del metabolismo, permitiendo redefinir el concepto a "cualquier sustancia (o acción) que retrasa, previene o elimina el daño oxidativo de una molécula".

La generación de especies reactivas del oxígeno (EROS) y radicales libres (RL) es inevitable en el metabolismo aeróbico, estas especies oxidantes ocasionan daños acumulativos en moléculas fundamentales para el funcionamiento del organismo, tales como proteínas, lípidos y ADN, sin embargo, el organismo tiene sus propios mecanismos de defensa para hacer frente a la acción de las especies oxidantes. En determinadas situaciones las defensas antioxidantes pueden verse desbordadas por la excesiva generación de especies reactivas del oxígeno.

Este desequilibrio entre especies oxidantes y antioxidantes se conoce como estrés oxidativo, para evitarlo, la dieta desempeña un papel importante en la prevención de enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo, fundamentalmente a través del aporte de compuestos bioactivos de origen vegetal: las vitaminas hidrosolubles y liposolubles, carotenoides y una gran variedad de compuestos fenólicos, cuya actividad antioxidante y potenciales beneficios están siendo ampliamente investigados en los últimos años.

Es difícil evaluar la actividad antioxidante de un producto sobre la base de un único método que proporcionará información sobre las propiedades antioxidantes; una combinación de métodos describe las propiedades antioxidantes de la muestra en más detalle. Existen varios métodos para evaluar la actividad antioxidante, ya sea in vitro o in vivo.

Una de las estrategias más aplicadas en las medidas in vitro para determinar la capacidad antioxidante total de un compues-

to, mezcla o alimento, es determinar la actividad del antioxidante frente a sustancias cromógenas de naturaleza radical; la pérdida de color ocurre de forma proporcional con la concentración (Sotelo, Alvis, & Arrazola, 2015).

Las mediciones de la capacidad antioxidante realizadas in vitro brindan una idea aproximada de lo que ocurre en situaciones complejas in vivo, alternativamente, diversos compuestos cromógenos (ABTS, DPPH, DMPD, DMPO y FRAP) son utilizados para determinar la capacidad de los compuestos fenólicos que contienen los frutos para captar los radicales libres generados, trabajando en contra los efectos perjudiciales de los procesos de oxidación, que implican a especies reactivas de oxígeno.

Los métodos empleados para medir la actividad antioxidante son el análisis del poder reductor férrico/antioxidante (FRAP). El análisis de FRAP se basa en la capacidad de los polifenoles para reducir Fe^{3+} a Fe^{2+} , formando un complejo azul leído a una absorción alta a una longitud de onda de 716 nm, la mayoría de ellos se mencionaran y se hará énfasis en los resultados obtenidos de diferentes reseñas científicas.

Métodos de Determinación de la Capacidad Antioxidante

Entre los métodos desarrollados para medir la actividad anti radical, se mencionaran los más usados en las fuentes consultadas (Zhunio, 2020):

Método ABTS+: el ensayo decoloración de cationes radicales o ABTS (2-azino-bis-ácido 3- etilbenzotiazolina-6-sulfónico) se basa en la inhibición de la absorbancia del catión radical ABTS+ por los antioxidantes, que muestra un tope de absorción a 415 nm y máximos de absorción secundaria a 660,734 y 820 nm dando un color verde azulado. Antes de iniciar la reacción

de óxido-reducción se debe preparar una fuente de radicales con persulfato de potasio o dióxido de manganeso, dando lugar al radical catión ABTS.

Cuando Trolox (análogo soluble en agua de vitamina E) se utiliza como estándar, el método se llama TEAC (Capacidad antioxidante equivalente de Trolox). En presencia de Trolox (o de antioxidante donador de hidrógeno), “el átomo de nitrógeno apaga el átomo de hidrógeno, produciendo la solución de decoloración. ABTS puede ser oxidado por persulfato de potasio o dióxido de manganeso, dando como resultado al radical catión ABTS+” (Campos, Aguayo, Mendoza, Acosta, & Paucar, 2021).

Método ORAC: la capacidad de absorción de radicales de oxígeno (ORAC) es un método que mide la inhibición antioxidante de los radicales peroxilo de oxidaciones inducidas y refleja la cadena radical clásica rompiendo la actividad antioxidante por transferencia de átomos de Hidrógeno. Los radicales peroxilo generados a partir de descomposición térmica de AAPH (2,2'-azobis-(hidrocloruro de 2-amidinopropano) en un tampón acuoso o radical hidroxilo reaccionan con una sonda fluorescente, un pro oxidable sustrato de proteína, para obtener un producto no fluorescente, que puede cuantificarse fácilmente por fluorescencia.

Se diferencia de otros métodos antioxidantes, que el ORAC determina el efecto de los antioxidantes más allá de las primeras etapas de oxidación. El cálculo de estos valores se realiza a partir del área neta bajo la curva. Las curvas de decaimiento de la reacción se generan considerando el tiempo de demora, la tasa inicial y el grado total de inhibición en un solo valor.

Método FRAP: la capacidad de reducción férrica del plasma/ poder antioxidante reductor férrico (FRAP), se basa en la capacidad de los fenólicos para reducir complejo de tripiridiltriazina férrica amarilla a

complejo ferroso azul por la acción de antioxidantes donadores de electrones. Los de color azul resultantes de medidas espectrofotométricamente a 593 nm se consideran relacionado linealmente con la reducción total de la capacidad antioxidante donadores de electrones. “La absorbancia se puede medir para probar la cantidad de hierro reducido y puede correlacionarse con la cantidad de antioxidantes” (Coronel, 2021).

Método DPPH: la determinación de la capacidad antioxidante por el método de DPPH, se realiza empleando el radical libre 2,2-difenil-1-picrylhydrazyl. El radical cromógeno se reduce al añadirle antioxidantes, pasa del color púrpura al amarillo pálido (hidracina). La capacidad reductora de los antioxidantes hacia DPPH puede evaluarse por resonancia de espín electrónico o por espectrofotometría UV-VIS (se mide la disminución de la absorbancia de la solución a una longitud de onda entre 515 y 528 nm).

A continuación se muestra un cuadro resumen que destaca las ventajas y desventajas de los métodos de determinación de la capacidad antioxidante explicados anteriormente:

Tabla 1. Ventajas y Desventajas de los Métodos de Antioxidación.

Método	Ventaja	Desventaja
ABTS ⁺	<ul style="list-style-type: none"> Método rápido, fácil de realizar, evita reacciones no deseadas y no requiere de condiciones drásticas. Se puede solubilizar en forma acuosa y no se ve afectado por la fuerza iónica. 	<ul style="list-style-type: none"> Los productos pueden tardar mucho hasta llegar al punto final.
DPPH	<ul style="list-style-type: none"> Método fácil, preciso, sensible y económico. Los resultados son altamente reproducibles y comparables a otros métodos de barrido. 	<ul style="list-style-type: none"> Los radicales interactúan con otros radicales, también sensibles a bases y solventes. Necesita el uso de solventes orgánicos. Puede reaccionar con oxígeno en presencia de luz y disminuir su absorbancia.
FRAP	<ul style="list-style-type: none"> Es simple, rápido, económico. No requiere equipo especializado. Se puede realizar por métodos manuales. 	<ul style="list-style-type: none"> La capacidad reductora medida no necesariamente refleja actividad antioxidante. No puede detectar compuestos que actúan por radicales de transferencia de hidrógeno.
ORAC	<ul style="list-style-type: none"> Es superior a otros métodos de capacidad antioxidante por que combina tiempo de inhibición y grado de inhibición de radicales libres por un antioxidante. El Procedimiento es específico para antioxidantes y es sensible, preciso y robusto. 	<ul style="list-style-type: none"> Mide actividad antioxidante hidrofílica contra radicales peróxilo y antioxidante total. El principal inconveniente es el deterioro oxidativo.

Fuente: (Zhunio, 2020)

Actividad Antioxidante de Semilla de Cacao

Un estudio realizado por Ordoñez, Leon, Rivera, & Vargas, (2019) “que compara la actividad antioxidante de la uva y semillas de cacao, indica que la actividad antioxidante frente al radical DPPH de la cascarilla de cacao resultó ser ligeramente inferior comparado a la variedad peruana”. La cáscara de mazorca de cacao contiene significativa cantidad de compuestos fenólicos en comparación a la piel de la uva, la antocianina es el segundo componente más importante

de los compuestos fenólicos y están localizados en las células hipodérmicas de la piel.

Las semillas de mazorca de cacao contiene compuestos activos importantes como los taninos, antocianinas y proantocianidinas, famosos por su fuerte actividad antioxidante. El CP2 se ve relacionada con el análisis del DPPH, se puede indicar que es un radical libre estable y se utiliza como indicador para medir la capacidad de secuestro de cualquier compuesto que posea actividad antioxidativa. Según el análisis de conglo-



merados presentados por (Ordoñez, Leon, Rivera, & Vargas, 2019) en relación a las muestras evaluadas podemos diferenciar 4 grupos:

El primer grupo representó el 50% y estuvo conformado por las de cáscaras de cacao, semilla, piel y cáscara tuna amarilla, cáscara y semilla de tuna morada, todas estas muestras tuvieron menor contenido de polifenoles totales comparado a los otros tratamientos y menor eficiencia frente al radical DPPH y ABTS+ (Ordoñez, Leon, Rivera, & Vargas, 2019).

Otro estudio realizado por Padilla, Rincón, & Bou-Rached, (2008) con diferentes semillas entre ellas la de teobroma cacao, "se determinó la capacidad antioxidante mediante método del radical DPPH el cual se basa en la utilización del radical libre del (DPPH*) en solución metanólica al 0,025g/L". La reacción se realizó usando 3,9 ml de esta solución de DPPH y 0,1ml de soluciones del extracto metanólico de la muestra a diferentes concentraciones. La absorbancia se leyó a 515nm a intervalos de tiempo diferentes hasta que la reacción alcanzó un equilibrio (time at the steady state). El porcentaje de DPPH* remanente fue calculado como sigue:

$$\%DPPHrem = [(Abs \text{ a } 515 \text{ nm}) \text{ muestra} / (Abs: 515 \text{ nm}) \text{ control}] \times 100$$

A de este porcentaje versus la concentración de la muestra se obtiene el EC50 definido como la cantidad de la muestra (g de muestra) necesarios para disminuir en un 50% la absorbancia. A valores más bajos de EC50 mayor la actividad antioxidante. El tiempo necesario para alcanzar el equilibrio a la concentración de EC50 (TEC50) se calcula la eficiencia antiradical (EA) que combina estos dos factores:

$$EA = 1/EC50 \text{ TEC50}$$

La actividad antioxidante esta correlacionada con el poder reductor. Las propiedades reductoras están asociadas a la presencia

de compuestos fenólicos que ejercen su acción a través del rompimiento de la reacción en cadena de los radicales libres por donación de un átomo de hidrógeno. Las propiedades reductoras están asociadas generalmente con la presencia de reductoras. Los compuestos flavonol/procianidinas presentes en las semillas de cacao podrían actuar de manera similar a las reductoras por donación de electrones (13) lo cual resulta en mayor poder reductor.

Los resultados de la aplicación del método de -caroteno para los extractos de semilla y pericarpio de semilla de cacao "presentan un porcentaje de inhibición promedio de 83,00 y 87,24% comparable con el promedio de 88,75% presentado por el BHA (antioxidante sintético)" (Padilla, Rincón, & Bou-Rached, 2008). Los radicales hidropéroxidos del ácido linoleico atacan y oxidan el caroteno, el cual se decolora rápidamente, registrándose una disminución de las lecturas de la absorbancia.

La presencia de extractos antioxidantes puede retardar el proceso de decoloración por acción sobre los radicales libres que se generan en el sistema. El coeficiente de actividad antioxidante (CAA) aumenta directamente con el aumento del valor del índice de actividad antioxidante (AA) o porcentaje de inhibición de la oxidación.

Cuando "la actividad antioxidante se determina como la actividad antiradical utilizando el radical DPPH, si se considera el TEC50, tiempo que el antioxidante requiere para causar una inhibición de 50% del DPPH*" (Padilla, Rincón, & Bou-Rached, 2008), los valores encontrados permiten clasificar los antioxidantes presentes en la mayoría de las muestras como "lentos" con excepción del mamón que se clasificaría como intermedio tomando en consideración la clasificación propuesta para algunos compuestos polifenólicos, esta clasificación considera al BHA, resveratrol y quercetina como antioxidantes.

Actividad Antioxidante de Pulpa de Cacao

El lixiviado de cacao es una sustancia viscosa blanca que está adherida y rodea a los granos; se considera un producto no vedoso, derramado en las plantaciones de cacao durante el proceso de fermentación. Durante esta actividad, la pulpa es removida e hidrolizada por microorganismos. Parte de este mucílago es necesario para la producción de alcohol y ácido acético en la fermentación de las almendras, pero de “5 a 7% de la pulpa hidrolizada drena como exudado”, así lo afirma (Coronel, 2021).

El exudado del cacao es un líquido rico en azúcares expulsado dentro del proceso de fermentación, posee: “numerosas de enzimas (peptinólíticas), levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*, *Candida krusei*, *Kloeckera apiculata*, *Pichia fermentans*, *Hansenula anomala* y *Schizosaccharomyces pombe*) y bacterias (lácticas, acéticas)” (Coronel, 2021). El mucílago o pulpa de cacao, puede ser aplicado en variedades de productos por sus características nutritivas y sensoriales.

Para el desarrollo de la investigación realizada por Zhunio, (2020) “se aplicó tres métodos de cuantificación de la actividad antioxidante in vitro: ABTS+, FRAP y ORAC; en muestras de mucílago de cacao en proceso de fermentación de las variedades CCN-51 y complejo Nacional x Trinitario”.

Tomando como evidencia los resultados alcanzados, se estableció que el mucílago de cacao CCN-51 presentó un valor inferior de actividad antioxidante con relación al mucílago de cacao complejo nacional x trinitario. Las muestras procedentes de cacao CCN-51 presentaron valores de actividad antioxidante de 3,40 y 3,35 $\mu\text{M TE}\bullet\text{ mL}^{-1}$ para los métodos de ABTS+ y FRAP; mientras que, en las muestras de mucílago de cacao complejo nacional x trinitario los valores fueron de 8,54 y 7,89 $\mu\text{M TE}\bullet\text{ mL}^{-1}$. Por el método ORAC los resultados obtenidos fueron inferiores a los métodos de ABTS+ y FRAP, con valores de 1,28 y 1,33 $\mu\text{M TE mL}^{-1}$ en mucí-

lago CCN-51 y complejo nacional x trinitario, respectivamente (Zhunio, 2020).

A nivel bibliográfico, existe poca información relacionada a la actividad antioxidante de mucílago de cacao medida por el método de ORAC. Al comparar los resultados obtenidos con este estudio con el trabajo realizado por Endraiyani y colaboradores (Zhunio, 2020) se observó que la actividad antioxidante de mucílago crudo es superior (1871 $\mu\text{M TE}\bullet\text{ mL}^{-1}$) a las muestras tomadas de la colección de la investigación mencionada como referencia.

En muestras de cacao de diferentes regiones y cantones del Ecuador, es innegable que existe un efecto de la zona de producción respecto al contenido de compuestos antioxidantes. A partir de los resultados obtenidos en ese estudio, Zhunio, (2020) estableció que “los compuestos bioactivos (antioxidantes), generalmente se acumulan en las partes externas de los frutos de cacao (cáscaras, mazorcas, mucílago y placenta) y en otras plantas puede encontrarse en hojas, flores, semillas y tallos, concordando con otras investigaciones de referencia”.

La valorización de la pulpa de teobroma cacao ha recibido un creciente interés en la industria alimentaria, con la finalidad de obtener ingredientes, que pueden cumplir con la función de aditivos o suplementos de alto valor nutricional (pectina, azúcares, vitaminas, antioxidantes, etc.) y funcional. La actividad antioxidante de los subproductos del cacao (cáscara de vaina, almendra y mucílago) podrían atribuirse a la presencia de compuestos bioactivos como catequina, epicatequina y procianidina B2.

Actividad Antioxidante de Pericarpio de Cacao

La cascarilla o cáscara del grano del cacao se obtiene al extraer la almendra, generalmente se comercializa como abono agrícola. Se compone de una lignina celulósica, especialmente rica en fibra dietética. La cascarilla de cacao es utilizada tradicio-

nalmente en jardinería como materia prima en mantillo, gracias a su larga descomposición, actuando como una base de formación de humus. La creciente demanda de productos naturales está impulsando la industria de alimentos para invertir la recuperación de subproductos para obtener fibra dietética, antioxidantes, saborizantes y conservantes a partir de este residuo.

Los extractos de la cáscara de mazorca de cacao poseen “un alto contenido de antioxidantes, los mayores valores se obtienen para los tratamientos ultrasonido sin y con HCL, que no son significativamente diferentes entre ellos ni diferentes a agitación con HCL” (Sotelo, Alvis, & Arrazola, 2015). Por otra parte, “agitación con y sin HCL no son diferentes ($P > 0,05$) entre sí”. Los mayores valores se obtienen con los tratamientos ultrasonido con HCL y agitación sin HCL que no son significativamente diferentes entre ellos. Agitación y ultrasonido sin HCL no son diferentes ($P > 0,05$) entre sí.

El contenido de antioxidantes en la cáscara de mazorca de cacao es inferior al de la semilla de cacao seca, que reporta valores OR AC de 55,653 mmol TE/100g (USDA, 2010) y en las semillas de cacao colombianos de 63,951 a 38,729 mmol TE/100g (Sotelo, Alvis, & Arrazola, 2015), comparan en su estudio:

La cáscara de cacao de Costa de Marfil presenta valores ABTS 5.187 mm TE/100 g muestra y FR AP 12.950 mm TE/100 g muestra, menores a los encontrados en este estudio, con valores FR AP de 13.660, 13-16.904, 25 mm TE/100 g muestra, ABTS 11.603, 12-22.961, 57 mm TE/100 g muestra y OR AC de 25.150, 94-34.292, 71 mm TE/100 g muestra (p. 28).

Para otros autores Sangronis, Soto, Valero, & Buscema, (2014), “el alto contenido proteico junto a otros constituyentes como la fibra, hace que la cascarilla de cacao sea de interés en la alimentación animal”. Las muestras de cascarilla analizadas están prácticamente libres de grasa, los granos

de cacao venezolano de la muestra analizada contienen entre “55 y 60% de grasa, pero en su cascarilla es cercana al 6%, cuyas variaciones dependen del tipo de cacao o su origen”. El alto contenido de cenizas de las muestras indica la presencia de un material rico en minerales, con valores inferiores a lo reportado en previas investigaciones consultadas por los autores.

El valor de carbohidratos calculado por diferencia engloba el contenido de fibra. “Un estudio previo en cacao colombiano reporta valores de fibra dietética de aproximadamente 70%, con predominio de la fibra insoluble” (Sangronis, Soto, Valero, & Buscema, 2014). Con respecto al contenido de minerales no se detectó la presencia de zinc, lo cual coincidió con lo reportado por otros autores, para sorpresa de los científicos, se observó alto contenido de potasio en todas las muestras.

Una posible causa sería la utilización de fertilizantes, los cuales proveen potasio, en forma de óxido de potasio y de fósforo, deóxido de difósforo y de nitrógeno. El contenido de minerales, además de poseer un interés nutricional, es un parámetro que se modifica con el origen de las muestras analizadas, debido a que está influenciado por la naturaleza de los suelos.

Beneficios de los Antioxidantes en la Salud

El consumo de antioxidantes juega un papel importante en la salud; dietas deficientes en estos fito nutrientes están vinculadas al desarrollo de diversas enfermedades degenerativas. “La ingesta de antioxidantes en la dieta aporta propiedades: antiinflamatorias, inhibición enzimática, actividad antimicrobiana, antialérgica, vascular, antitumoral, estrogénica y citotóxica” (Zhunio, 2020). Los polifenoles, flavonoides y vitamina C son los antioxidantes más abundantes en frutas, vegetales y cereales. El consumo de alimentos con alto contenido de polifenoles como el resveratrol y la catequina, previenen el estrés oxidativo. Mientras que, los fla-

vonoides como la catequina, epicatequina, epigallocatequina e isoflavonas son inhibidores de enfermedades como el Alzheimer y la oxidación del colesterol malo LDL, aumentando el bueno HDL. Además, disminuyen el riesgo de trombosis, enfermedades coronarias, diabetes, absorción de glucosa, regulación del metabolismo, proliferación celular, transporte de glucósidos y glucosa del intestino.

Con respecto a la diabetes, los posibles mecanismos de los antioxidantes se relacionan con la inhibición en el intestino de la digestión de los carbohidratos, en particular la glucosa, de la cual también se modula su liberación por el hígado. También estimulan “la secreción de insulina en el páncreas y activan los receptores de la misma y de alguna manera activar la recaptura de glucosa en los tejidos blanco para la hormona. Otros efectos pueden ser la modulación de las rutas genéticas” (Coronado, Vega, Gutiérrez, Vázquez, & Radilla, 2015). La metformina usada en el tratamiento de pacientes diabéticos es un poderoso antioxidante que disminuye la formación de radicales libre.

En cuanto al cáncer, si los radicales libres afectan el DNA (ácido desoxirribonucleico) pueden ocurrir mutaciones que transforman en células cancerosas, en un tiempo. Con respecto al cáncer de mama la evidencia es elevada del riesgo de esta enfermedad asociada con el estrés oxidativo, pueden modificarse con el consumo de frutas y vegetales. Se estudia la variación genética de diversas enzimas que participan en la protección endógena del proceso de óxido-reducción del organismo y su respuesta hacia el consumo exógeno de antioxidantes provenientes de frutas y vegetales.

De igual manera, la vitamina C es un antioxidante natural presente en frutas y vegetales que al ser ingerido disminuye el riesgo de diversas enfermedades, contribuyendo a la erradicación de enfermedades por deficiencias de hierro; favoreciendo su absorción. “Además elimina el oxígeno e inhibe la for-

mación de radicales libres de doble enlace donde contrarresta la el daño oxidativo en el sistema nervioso” (Coronado, Vega, Gutiérrez, Vázquez, & Radilla, 2015). El potencial benéfico de un antioxidante se mide a través de un parámetro denominado capacidad antioxidante o actividad antioxidante por diferentes métodos in vitro o in vivo.

Conclusión

Este fruto es caracterizado por sus propiedades nutricionales, fisicoquímicas y antioxidantes definiéndose como un fruto rentable al poder emplearse en su totalidad. La pulpa, endocarpio, es comestible, de coloración amarilla, cremosa, sabor ácido y posee un aroma característico de la especie. El fruto tiene una amplia gama de usos, tales como jugos, mermeladas, néctares, pulpas, lácteos y confitería. Además, la semilla que gracias a su buen contenido en proteínas se utiliza para la manufactura de chocolates. En Brasil, la semilla se utiliza para la fabricación de cosméticos y cremas para la piel. Por último, la cáscara se utiliza como abono orgánico en los sistemas agroforestales y es debidamente procesada como alimento para animales de cría.

Sustentado en el estudio de diversas fuentes científicas consultadas, se concluye que la valorización de la pulpa de teobroma cacao tiene potencial en la industria alimentaria, con la finalidad de obtener ingredientes, que pueden cumplir con la función de aditivos o suplementos de alto valor nutricional (pectina, azúcares, vitaminas, antioxidantes, etc.) y funcional. La actividad antioxidante de los subproductos del cacao (cáscara de vaina, almendra y mucílago) podrían atribuirse a la presencia de compuestos bioactivos como catequina, epicatequina y procianidina B2.

La actividad antioxidante de los co-productos del cacao podría atribuirse a los compuestos fitoquímicos que contienen y especialmente, a los compuestos polifenólicos principalmente compuestos flavan-3-ol como los monómeros catequina y epicatequina, y el dímero procianidina B2. La

cascarilla de cacao es rica en compuestos fenólicos como catequina y epicatequina y metilxantinas como Teobromina y Cafeína.

El cacao en sus diferentes compuestos posee cualidades medicinales, antiinflamatorio, previene enfermedades cardiovasculares, es estimulante del sistema nervioso central y diurético, tales propiedades otorgadas por la cafeína, teobromina y teacrina que posee. También, presenta propiedades antioxidantes aportando una alta actividad; reteniendo los radicales libres, ayudando a retardar el envejecimiento y enfermedades cancerígenas.

Logrando ser una fruta novedosa y llamativa, debido a las grandes cualidades que presenta, siendo útil en la elaboración de nuevos productos con cualidades medicinales. Esta fruta no solo presenta mayor auge en la industria alimentaria, sino también en la innovación de productos, consigo conseguir beneficios para los consumidores, y al país con alimentos que busquen evitar complicaciones y problemas en la salud.

Bibliografía

Campos, J., Aguayo, M., Mendoza, A., Acosta, A., & Paucar, L. (2021). Copoazú (*Theobroma grandiflorum*): Caracterización botánica, composición nutricional, actividad antioxidante y compuestos bioactivos. *Agroindustrial Science*, 11(3), 339 - 343. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es>

Castro, M., Hernández, J., Marcilla, S., Córdova, J., Solari, F., & Chire, G. (2016). Efecto del contenido de grasa en la concentración de Polifenoles y Capacidad Antioxidante de *Theobroma Cacao*. *Ciencia e Investigación UNMSM*, 19(1), 19 - 23. Retrieved from <https://www.researchgate.net>

Coronado, M., Vega, S., Gutiérrez, R., Vázquez, M., & Radilla, C. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Revista Chilena de Nutrición*, 42(2). doi:org/10.4067/S0717-75182015000200014

Coronel, J. (2021). Determinación de la actividad antioxidante de cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) provenientes de las variedades CCN-51 y nacional por distintos métodos. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Ecuador. Retrieved 2022, from <https://repositorio.uteq.edu.ec>

Ordoñez, E., Leon, A., Rivera, H., & Vargas, E. (2019). Cuantificación de polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y semilla de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Scientia Agropecuaria* vol.10 no.2 Trujillo abr./jun. 2019, 10(2). doi:org/10.17268/sci.agropecu.2019.02.02

Padilla, F., Rincón, A., & Bou-Rached, L. (2008). Contenido de polifenoles y actividad antioxidante de varias semillas y nueces. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 58(3). Retrieved from <http://ve.scielo.org>

Sangronis, E., Soto, M., Valero, Y., & Buscema, I. (2014). Cascarilla de cacao venezolano como materia prima de infusiones. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 64(2), 123 - 130. Retrieved 2022, from <http://saber.ucv.ve>

Sotelo, L., Alvis, A., & Arrazola, G. (2015). Evaluación de epicatequina, teobromina y cafeína en cáscaras de cacao (*Theobroma cacao* L.), determinación de su capacidad antioxidante. *Revista Colombiana de Ciencias Horticolas* vol.9 no.1 Bogotá, 19(1). doi:org/10.17584/rcch.2015v9i1.3751

Zhunio, B. (2020). Evaluación de la actividad antioxidante en el mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) Variedades: CCN-51 y nacional. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo: Ecuador. Retrieved 2022, from repositorio.uteq.edu.ec

CITAR ESTE ARTICULO:

Zamora Guevara, J. A., Campoverde Mori, J. R., Jiménez Jiménez, W. J., & Mariscal Santi, W. E. (2022). Actividad Antioxidante de Pulpa, Semilla y Pericarpio de Mazorca del *Theobroma Cacao*. *RECIAMUC*, 6(3), 564-574. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.\(3\).julio.2022.564-574](https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.(3).julio.2022.564-574)

