

Capacidad antioxidante de fresas (*Fragaria* × *ananassa Duch. cv. Albión*) cultivadas en sistemas convencional e hidropónico

*Antioxidant Capacity of Strawberries (*Fragaria* × *ananassa Duch, Cv. Albion*) Grown in Conventional and Hydroponic*

<https://doi.org/10.47286/10.47286/01211463.622>

Susana Escobar Urrego¹

María Isabel Sosa Jaramillo¹

Isabel Cristina Zapata-Vahos² 

Ana María Aristizábal Montoya³ 

Cómo citar en APA: Escobar Urrego, S., Sosa Jaramillo, M. I., Zapata Vahos, I. C., & Aristizábal, A. (2025). Capacidad antioxidante de fresas (*Fragaria* × *ananassa Duch. cv. Albión*) cultivadas en sistemas convencional e hidropónico. *Revista Universidad Católica De Oriente*, 35(54), 60 - 74. <https://doi.org/10.47286/01211463.622>

Fecha de recepción: 29-08-2024 / Fecha de aceptación: 09-10-2024

1 Semillerista, estudiante de Nutrición y Dietética de la Universidad Católica de Oriente

2 Ingeniera Química. Doctora en Biotecnología. Coordinadora del grupo de investigación Atención Primaria en Salud (APS), Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Católica de Oriente. <https://orcid.org/0000-0002-1679-0153>

3 Ingeniera de Alimentos. Magíster en Innovación Alimentaria y Nutrición. Coordinadora del semillero Alimentación y Nutrición Humana (A&NH), facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Católica de Oriente. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1055-0762>.

Dirección de correspondencia: aaaristizabal@uco.edu.co

Resumen

La fresa es uno de los productos más rentables en la categoría de frutas en el entorno colombiano que goza de la aceptación de los consumidores por sus características sensoriales y aporte nutricional. Se cultiva de manera convencional y, en los últimos años, se han propiciado cultivos hidropónicos como una alternativa de mejor calidad para el consumidor. Esta investigación pretendió indagar acerca las características fisicoquímicas y el potencial antioxidante de los frutos comercializados en el mercado de acuerdo con el estado de maduración y el método de producción, convencional o hidropónico. Las pruebas fisicoquímicas comprendieron la medición de pH, de sólidos solubles totales (SST), de peso y de diámetro de los frutos. Para la cuantificación de metabolitos secundarios se realizó el análisis de fenoles totales, así como para determinar la capacidad antioxidante se realizaron las pruebas de FRAP, DPPH y ABTS mediante dos muestreos en frutos provenientes de ambos cultivos en tres estados de madurez de consumo. Las pruebas se realizaron por triplicado. El análisis de fisicoquímicos mostró diferencias estadísticamente significativas para las variables estudiadas. Con relación a los fenoles totales y capacidad antioxidante, se encontró que hay una mayor concentración de los componentes bioactivos en los frutos con mayor grado de maduración independiente del tipo de cultivo de procedencia. Los aportes de compuestos bioactivos como los fenoles contenidos en las fresas presentan un potencial beneficio para la salud por su capacidad antioxidante. Los frutos provenientes del cultivo hidropónico contribuyen a la reducción del impacto ambiental en comparación con otros tipos de cultivos, gracias al bajo uso de sustancias químicas. Esto resulta beneficioso tanto para la salud humana como para el medio ambiente, permitiendo una producción más eficiente y sostenible en términos de recursos.

Palabras clave

Fresas, Capacidad antioxidante, Cultivo hidropónico, Cultivo convencional, *Fragaria x ananassa* Duch, Cv. Albión.

Abstract

Strawberries are one of the most profitable products in the fruit category in the Colombian environment, enjoying consumer acceptance due to their sensory characteristics and nutritional value. They are conventionally grown, and in recent years, hydroponic farming has been promoted as a higher-quality alternative for consumers. This research aimed to investigate the physicochemical characteristics and antioxidant potential of fruits marketed in the market, based on their ripeness and production method (conventional or hydroponic). The physicochemical tests included measuring pH, total soluble solids (TSS), weight, and diameter of the fruits. To quantify secondary metabolites, the analysis of total phenols was carried out, and antioxidant capacity was determined through the FRAP, DPPH, and ABTS tests, using two samples of fruits from both cultivation methods in three stages of consumption ripeness. The tests were performed in

triplicate. The physicochemical analysis showed statistically significant differences for the studied variables. Regarding total phenols and antioxidant capacity, it was found that there is a higher concentration of bioactive components in fruits with a higher degree of ripeness, regardless of the cultivation type. The contribution of bioactive compounds such as phenols in strawberries presents a potential health benefit due to their antioxidant capacity. Fruits from hydroponic cultivation contribute to reducing environmental impact compared to other types of cultivation, due to the low use of chemicals. This is beneficial both for human health and the environment, allowing for more efficient and sustainable production in terms of resources.

Keywords

Strawberries, antioxidant capacity, hydroponic cultivation, conventional cultivation.

Introducción

A nivel mundial, la producción de fresa asciende a 4,8 millones de toneladas, siendo China, Estados Unidos y Turquía los principales productores. En Colombia se produce este fruto durante todo el año. Entre el año 2015 y 2020 los cultivos de fresas aumentaron un 59 %. Los principales departamentos productores de fresa fueron Cundinamarca, Antioquia y Norte de Santander, con 73 %, 12 % y 6 % de los cultivos respectivamente, según el informe realizado por MinAgricultura en el 2021.

La fresa pertenece al género *fragaria* y a la familia *Rosaceae*; es una planta perenne (Ladino rojas, 2022), lo que significa que puede vivir varios años y florecer en diversas temporadas, esta característica le permite producir frutos en diferentes momentos del año, dependiendo de las condiciones ambientales y del cuidado que reciba. Cuenta con una amplia variedad de frutos, clasificándose en grupos de día corto, día neutro o día largo según las horas de luz, lo que da lugar a variedades como camarosa, ventana, camino real, palomar, Albión, San Andreas, Monterrey y portola, cada una con distintas características morfológicas, bioquímicas y organolépticas (CCB, 2015).

Los costes de producción a nivel de establecimiento y sostenimiento de la primera cosecha ascienden a 85 millones de pesos para un rendimiento de 36,45 toneladas por hectárea. Su cultivo se realiza en suelos ligeramente ácidos, sueltos, aireados y bien drenados, para evitar la limitación radicular. La raíz es sensible a la salinidad, representando pérdidas de hasta el 50 % en el rendimiento. I, el área cultivada, cambio climático, nutrición de la planta y características nutricionales, entre otros factores (Khan et al., 2020). Dentro de las propiedades nutricionales con que cuenta la fresa, se encuentra su potencial antioxidante, dado por el contenido de metabolitos secundarios tales como fenoles, antocianinas, entre otros (Panico et al., 2009). Esta capacidad antioxidante puede cambiar por la variedad de la fresa o por el tipo de cultivo (Domínguez, 2015).

En las frutas el contenido de antioxidantes tiene un papel importante en la prevención de enfermedades crónicas que pueden ser causadas por el daño oxidativo, el cual puede desencadenar enfermedades degenerativas, cardiovasculares y algunos tipos de cáncer (López do Campo, 2017). Por todo lo anterior, el propósito de esta investigación consistió en evaluar

las características fisicoquímicas y capacidad antioxidante de fresas (*Fragaria x ananassa Duch.* Cv Albión) producidas mediante sistemas de agricultura convencional e hidropónica de acuerdo con su estado de maduración.

Metodología

Recolección de muestra

Las muestras de fresas (*Fragaria x ananassa Duch.* Cv. Albión), tanto de cultivo convencional como hidropónico, fueron compradas directamente a los productores que las comercializan en el mercado local para garantizar la misma variedad y sistemas de cultivo. Se seleccionaron los frutos para garantizar que no presentaran deterioro; se clasificaron en 3 estados de maduración (M1, M2 y M3). Posteriormente se evaluaron sus propiedades fisicoquímicas y la capacidad antioxidante de los frutos, como se ve en la figura 1.

A partir, de la comparación con la tabla de color propuesta por la NTC 6284, donde uno (1) es fruto pálido (blanco-verdoso) con mínimo rojo, hasta seis (6), donde el fruto tiene un rojo intenso brillante uniforme, lo anterior mediante un consenso entre los analistas tras una inspección sensorial. Para la investigación, M1 corresponde con un estado de maduración 4, M2 igual a 5 y M3 igual a 6, según el referente de la norma técnica.

Figura 1. Frutos analizados clasificados por grado de madurez



Nota. M1 corresponde al estado de maduración 4; M2 al 5 y M3 al 6, según la norma técnica.

Análisis fisicoquímico de las muestras

Los frutos de fresas adquiridos en el mercado local provenientes de los sistemas de cultivo convencional e hidropónico fueron evaluados en las características fisicoquímicas de maduración, peso de los frutos, diámetro, pH, sólidos solubles (SST), los cuales se detallan a continuación.

Para la determinación del peso de los frutos se empleó una balanza electrónica digital calibrada y tarada en el momento de la toma del dato, esta variable se estableció con la fresa completa que incluía el pedúnculo en el fruto (NTC 4103, 1997).

El establecimiento del diámetro de los frutos se realizó mediante la medición del calibre empleando un pie de rey, midiendo el diámetro máximo más cercano al cáliz por fruto. Esta medida fue tomada por cada analista y se promedió el resultado (NTC 4103, 1997).

Para la determinación del pH de las fresas, se empleó un pH-metro digital previamente calibrado. Se sumergió el electrodo de vidrio en el macerado del fruto y se registró el valor una vez que la lectura del equipo se estabilizó. Posteriormente, se ingresó este dato en la base de datos para su análisis posterior. Para determinar el contenido de sólidos solubles totales (SST) o grados Brix (°Brix) se empleó el refractómetro digital al depositar una gota del macerado de las fresas, luego se realizó la lectura y registró en la base de datos para el análisis.

Tratamiento de los frutos y extracción para análisis

Para la preparación del extracto de fresas frescas se utilizaron dos (2) gramos de fresa por cada estado de maduración, se homogeniza con 25 mL de etanol acidificado con ácido clorhídrico al 1 % en una batidora por 1 minuto, posteriormente se filtró por medio de un filtro Whatman (#597 de Schleicher & Schuell).

Cuantificación de metabolitos secundarios

Fenoles totales. Se realizó mediante el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu (Singleton et al., 1999). El compuesto de Folin está elaborado por una mezcla de ácido fosfotúngstico y ácido fosfomolibdico, la cual se reduce por la oxidación de los fenoles en una mezcla de óxidos azules de tungsteno y de molibdeno, dando lugar a una coloración azul. Esta posee un máximo de absorción a 765 nm y se cuantifica por espectrometría en base a una curva patrón utilizando ácido gálico (García et al., 2015).

Capacidad Antioxidante

Método del radical catiónico ABTS•+. Este método mide la actividad antioxidante basado en la cuantificación de la decoloración del radical ABTS•+. El radical preformado de 2,29-azinobis-(ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico) (ABTS•+) es un mono catión que absorbe a una longitud de onda de 734 nm y se genera mediante oxidación de ABTS con persulfato de potasio (Re et al., 1999), realizando una curva patrón a partir de TROLOX. Se emplearán 10 µL del extracto y 990 µL de la solución del radical ABTS•+.

Método del catión radical α -adifenil- β -picrilhidrazilo (DPPH•). Para la decoloración del catión radical, de acuerdo con el modelo de Brand-Williams, con adaptaciones, se determinó la capacidad de captar radicales libres de los extractos a partir del grado de decoloración que provocan sus metabolitos a una solución metabólica de DPPH (Brand-Williams et al., 1995). Se realizó una curva patrón a partir de TROLOX y una lectura de la absorbancia a 517 nm de longitud de onda.

FRAP (Ferric Reducing/Antioxidant Power). Para la medición de FRAP (Ferric Reducing/Antioxidant Power), se evalúa el poder reductor de una muestra con base en su capacidad para reducir el hierro férrico (Fe+3), unido al compuesto 2,4,6-tri(2-piridil)-s-triazina (TPTZ) a su forma ferrosa (Fe+2). Este presenta un máximo de absorbancia a una longitud de onda entre 590 nm (Benzie & Strain, 1996). Los resultados de esta técnica se expresan como equivalentes de Ácido ascórbico.

Análisis estadístico

Las muestras fueron analizadas por triplicado, se realizó análisis de estadística descriptiva por medio de medidas de tendencia central y se realizó comparación entre tratamientos a través de un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías y una prueba de Tuckey para comparar las diferencias. Los análisis fueron calculados con un nivel de significancia del 95 % ($P < 0,05$), mediante la herramienta estadística Jamovi. Las gráficas fueron realizadas en Microsoft Excel.

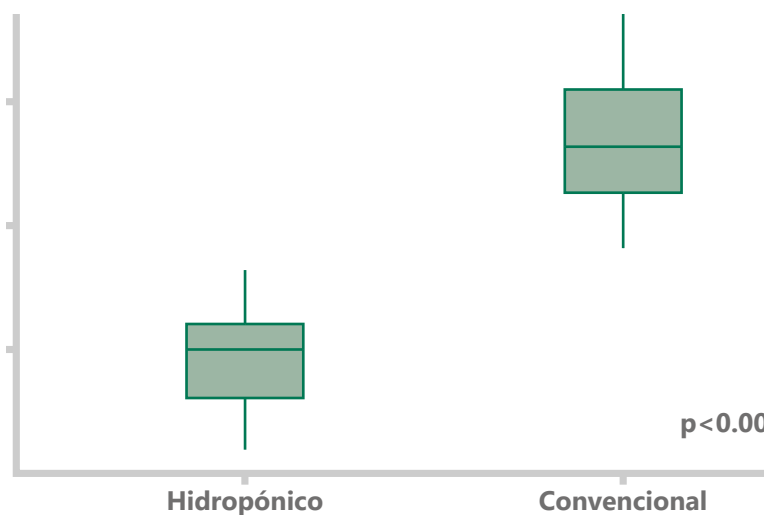
Resultados y discusión

Características fisicoquímicas de los frutos de acuerdo con el cultivo

En general, en el mercado los frutos de fresa se encuentran clasificados mediante la caracterización por variables como el peso y el calibre, dejando de lado parámetros fisicoquímicos como el contenido de sólidos solubles totales, ya que el productor, generalmente no cuenta con los medios para su análisis. No obstante, estas características son un factor clave para determinar la calidad.

Las variables del análisis fisicoquímico de las fresas por cada tipo de cultivo respecto a los parámetros peso, diámetro, grado de madurez, pH, sólidos solubles – SST (°Brix) se midieron bajo los parámetros establecidos por la Norma Técnica Colombiana. Los frutos de fresa cultivados bajo el sistema convencional pesaron en promedio 24.8 ± 5.17 g, mientras las fresas del cultivo hidropónico presentaron un peso promedio de 14 ± 2.62 g, como lo muestra la figura 2. Además, se puede observar que se presentan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.001$) con respecto al peso de los frutos según el tipo de cultivo.

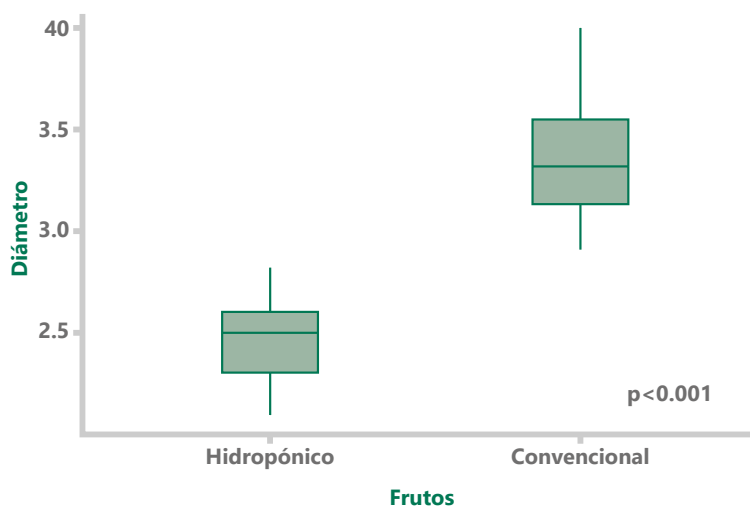
Figura 2. Peso de los frutos de acuerdo con el cultivo de estudio



Nota. Elaboración propia.

Se encontró de igual manera que el tamaño de las fresas según el cultivo es variable, pasando de 2.47 ± 0.22 cm en los frutos del cultivo hidropónico a $3.37 \pm 0,32$ cm en los frutos del cultivo convencional, como se evidencia en la figura 3, donde se muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.001$) para el diámetro del fruto de fresa respecto al tipo de cultivo del cual se produce.

Figura 3. Diámetro de los frutos de acuerdo con el cultivo de estudio



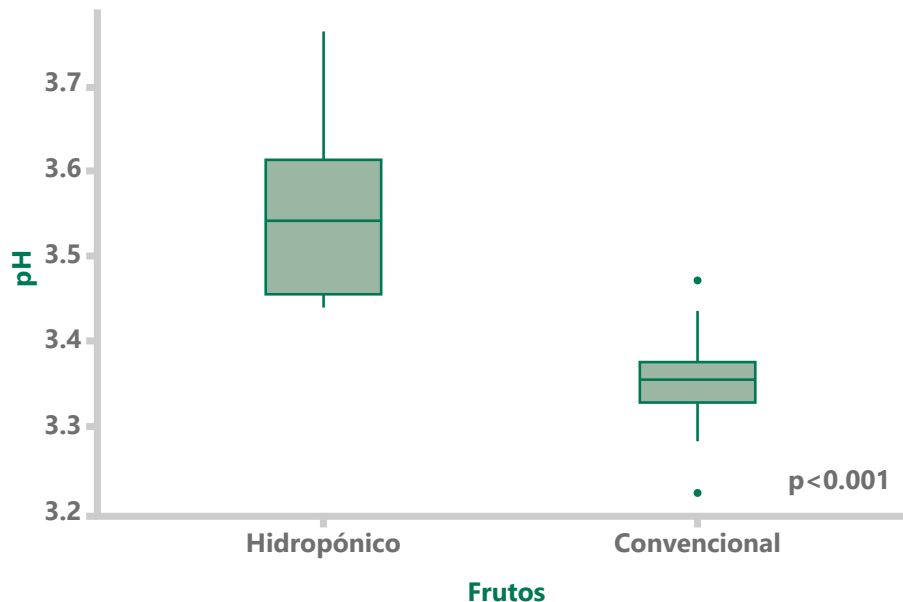
Nota. Elaboración propia.

Según la literatura, se menciona que los frutos cultivados bajo un sistema hidropónico presentan un aumento en el peso y diámetro entre el 1,73 y 2,18 veces en comparación con los frutos cultivados bajo un sistema convencional, esto se debe a que los frutos bajo condiciones hidropónicas tienen mayor absorción de nutrientes (NPK),⁴ lo que las beneficia en términos de crecimiento, fisiología y rendimiento de los frutos (Sahoo et al., 2024).

A pesar de esto, en nuestro estudio se presentó todo lo contrario, ya que los frutos más pequeños en cuanto a peso y diámetro fueron los frutos cultivados bajo un sistema hidropónico. Esto se puede deber a que las fresas obtenidas bajo este sistema de cultivo correspondieron generalmente con la primera cosecha del cultivo. Según la FAO (2003) se menciona que los frutos del inicio de la cosecha es la preparación y acondicionamiento para el mercado, es decir, los primeros frutos tienden a tener un peso y diámetro más pequeño en comparación a los cultivos con mayores cosechas (López, 2003).

El pH de los frutos de fresa cultivados en sistema hidropónico presentó un valor promedio de 3.54 ± 0.09 ; mientras que los frutos del cultivo convencional fueron de 3.36 ± 0.05 , como se observa en la figura 4. En este análisis no se presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.041$) para esta variable en los frutos independiente del tipo de cultivo del cual se obtengan.

Figura 4. pH de los frutos según tipo de cultivo



Nota. Elaboración propia.

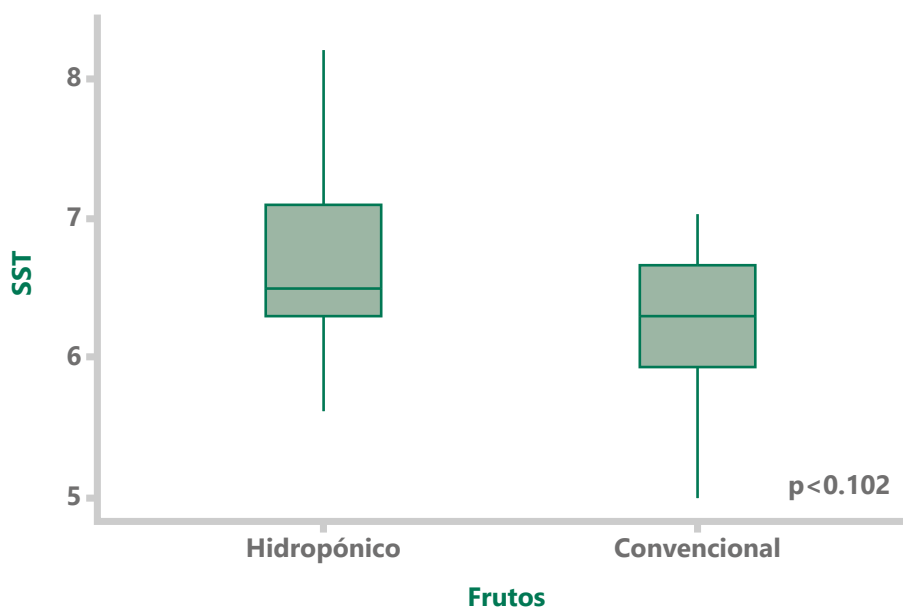
⁴ Nitrógeno, fósforo y potasio.

Los resultados encontrados en esta investigación se pueden comparar con los resultados obtenidos por (Ornelas-Paz et al., 2013), donde se evaluaron las características fisicoquímicas de diferentes cultivares de las fresas entre ellas *Fragaria x ananassa Duch, Cv. Albión*, la cual presentaba un pH de 3,5, rangos muy similares a los presentados en esta investigación.

Esto permite identificar que dichos resultados no se ven afectados por el tipo de cultivo del que proceden ya que no se encuentran diferencias significas en este aspecto. Esto se debe a que ambos cultivos manejan rangos de control de pH muy similares: en el caso de los cultivos hidropónicos el pH de la solución nutritiva tiene rangos que oscilan entre 5,5 – 7,0 con el objetivo de brindar una adecuada absorción de nutrientes a la planta (Gilsanz, 2007); de igual manera sucede con el cultivo convencional utilizan rangos entre 6,0 – 7,0 (Chiqui Chiqui & Lema Cumbe, 2010).

Con respecto al contenido de sólidos solubles totales (SST), en los frutos de fresa provenientes de cultivos hidropónicos este osciló entre 5.6 y 8.2 grados Brix, mientras que en los frutos convencionales entre 5.0 y 7.6 grados. Así se puede apreciarse en la Figura 5, donde se observa que no hay diferencias significativas para los frutos de fresa cultivados bajo los dos sistemas productivos (P mayor 0).

Figura 5. Sólidos solubles totales de los frutos de acuerdo con el tipo de cultivo estudiado



Nota. Elaboración propia.

En el estudio de Ornelas-Paz et al. (2013) se evaluó la cantidad de solidos solubles que contenían las fresas *Fragaria x ananassa Duch, Cv. Albión*, donde se encontraron similitudes con los resultados de este estudio, independientemente del cultivo del que provengan, ya que la cantidad de solidos solubles totales osciló entre 6,6 – 8,4. Estos resultados se deben a que, a

medida que avanza su estado de maduración, mayor cantidad de sólidos solubles totales va a contener (Ornelas-Paz et al., 2013). Los frutos de fresa contienen azúcares como compuestos solubles como fructosa, glucosa y sacarosa, los cuales determinan los grados Brix, de ahí proviene el sabor dulce percibido de las fresas. (Martínez-Bolaños et al., 2008)

Contenido en compuestos fenólicos totales

Al analizar el contenido de fenoles totales de los distintos tipos de cultivo y el estado de maduración de la fresa, se encontró que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de cultivo ($P= 0.768$). A pesar de esto se encontró mayor tendencia de contenido de fenoles totales en el cultivo convencional a comparación del cultivo hidropónico. Asimismo, se presentaron diferencias estadísticamente significativas por el estado de maduración ($P= <0.001$), siendo las muestras del cultivo convencional las que presentaron mayor estado de maduración, también presentaron mayor contenido de fenoles, expresado como equivalentes de ácido gálico por cada 100 g de muestra (M3) ($345,5 \pm 50$ mg eq A gálico/100 g), al igual que en el cultivo hidropónico ($301,5 \pm 50$ mg eq A gálico/100g) Tabla 1.

Tabla 1. Contenido fenólico total, DPPH, FRAP y ABTS en diferentes estados de maduración de un cultivo convencional e hidropónico

Tipo de cultivo	Estado de maduración	mg A gálico/100g	DPPH TEAC (mmol Trolox/100g fruta fresca)	ABTS TEAC (mmol Trolox/100g fruta fresca)	(mg ácido ascórbico/100g fruta fresca)
Hidropónico	M1	286.88 ± 34.9^a	0.435 ± 0.075^a	1.838 ± 0.61^a	225.20 ± 62.2^a
	M2	295.848 ± 24.5^a	0.438 ± 0.056^b	1.724 ± 0.30^b	203.44 ± 61.4^b
	M3	301.55 ± 50^b	0.460 ± 0.058^c	1.758 ± 0.312^c	195.19 ± 56.3^c
Convencional	M1	263.06 ± 34.9^a	0.322 ± 0.075^a	1.852 ± 0.61^a	174.92 ± 62.2^a
	M2	276.17 ± 24.5^a	0.352 ± 0.056^b	1.565 ± 0.30^b	172.87 ± 61.4^b
	M3	345.51 ± 50^b	0.366 ± 0.058^c	1.987 ± 0.312^c	227.33 ± 56.3^c

Nota. Elaboración propia.

Los resultados obtenidos en este trabajo son comparables a los observados por López do Campo (2017), en el que se encontró mayor cantidad de fenoles totales en fresas frescas del cultivo convencional en comparación a las fresas del cultivo hidropónico. De igual manera según en el estudio de Copetti et al. (2012), se encuentran valores muy similares de acuerdo a su contenido de fenoles totales en el cultivo hidropónico, donde tienden a tener menor cantidad de estos, identificando una similitud con los valores obtenidos en esta investigación.

Esto permite entender que resulta ser más beneficioso para la salud elegir frutos con mayor estado de madurez, provenientes del cultivo convencional (estos son los que presentan mayor

valor ($345,5 \pm 50$ mg eq A gálico/100 g) pero sin diferencias significativas). Esto se debe a que este fruto, al ser un alimento que ofrece compuestos bioactivos como fenoles y colorantes naturales (antocianinas y carotenoides), así como vitaminas (ácido ascórbico) y minerales con propiedades antioxidantes (Skrovankova et al., 2015), ayuda en la reducción de la incidencia de enfermedades cardiovasculares y mejora la función endotelial vascular (Castellanos et al., 2020).

Contenido de DPPH

En los resultados obtenidos mediante el ensayo con DPPH no se evidenciaron diferencias significativas entre los estados de maduración ($p= 0,085$); tampoco entre los tipos de cultivo. En ese sentido, el cultivo hidropónico es el que presenta la mayor capacidad atrapadora de radicales libres (DPPH) ($0,44$ mmol Trolox /100g fruta fresca) en comparación con el cultivo convencional ($0,34$ mmol Trolox /100g fruta fresca) (Tabla 1).

Los resultados obtenidos son comparables con los encontrados en la bibliografía (López do Campo, 2017) donde se evaluó el contenido de DPPH de las fresas tradicionales frescas, con fresas provenientes del cultivo convencional de este estudio. A pesar de esto, en el estudio se encontró que las fresas hidropónicas presentan mayor cantidad de DPPH, lo cual permite identificar que las fresas obtenidas bajo el cultivo hidropónico presentan mayor capacidad antioxidante que las obtenidas bajo el cultivo convencional.

Al contener mayor capacidad atrapadora de radicales libres se convierte en un alimento con una adecuada protección antioxidante que es capaz de neutralizar la acción oxidante de los radicales libres, protegiendo de esta manera daños a nivel de moléculas, membranas y tejidos que pueden ser causados por el exceso de radicales libres en el cuerpo, producidos mayormente por contaminantes externos como el humo de los cigarrillos y contaminación de la atmosfera (Rioja et al, 2018).

Contenido de ABTS

Los resultados obtenidos para la capacidad atrapadora del radical ABTS en fresas de cultivo hidropónicas y convencionales no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de cultivo ($P=0.848$), de igual manera no se presentaron diferencias estadísticamente significativas por el estado de maduración ($P= 0,238$). Sin embargo, se evidencia una ligera diferencia por el estado maduración donde M1 presento un resultado mayor a comparación del M2 y M3 de ambos cultivos; En el cultivo convencional se presentó un valor mayor ($1,98 \pm 0,312$ mmol Trolox /100g) de la capacidad arropadora del radical ABTS y al igual la misma muestra (M1) en el cultivo hidropónico ($1,83 \pm 0,611$ mmol Trolox /100g) (Tabla 1).

La capacidad atrapadora del radical de las fresas tiene valores similares a los presentados en el estudio de Gaviria et al. (2012) donde se evalúa el contenido de ABTS del mortiño por su estado de maduración, el cual tiene similitud con las fresas con respecto al desarrollo de sus frutos y a su familia (*Rosaceae*). En nuestro caso se evidenció que en el ensayo de ABTS hubo un incremento significativo en las muestras con menor estado de maduración (M1), lo que nos permite asociar estos resultados con la capacidad de radicales libres que contienen los cultivos

de fresas evaluados en este trabajo, convirtiéndose en un factor importante en la prevención de enfermedades cardiovasculares.

Contenido de FRAP

En la tabla 1 se muestran los resultados del análisis de la capacidad reductora mediante la técnica de FRAP (capacidad reductora de hierro, por sus siglas en inglés). No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los dos tipos de cultivos ($p= 0,269$), ni tampoco en los estados de maduración ($p= 0,585$). Se presenta mayor capacidad antioxidante FRAP en el estado de maduración M1 ($227,33 \pm 56,3$ mg ácido ascórbico/100 g) del cultivo convencional y en el cultivo hidropónico las muestras M1 ($225,20 \pm 62,2$ mg ácido ascórbico/100 mg).

También se puede observar que la M2 ($172 \pm 61,4$ mg ácido ascórbico/100g) del cultivo convencional presenta menor capacidad reductora FRAP, en comparación con el mismo estado de maduración del cultivo hidropónico.

En el estudio de Pineli et al. (2011), la capacidad reductora de las fresas, independiente del cultivo que provengan y la variedad de fresa, presentan valores muy similares a los encontrados en este estudio, donde se ve refleja mayor contenido de FRAP en las primeras etapas de maduración (M1) y menor capacidad reductora según aumenta su estado de maduración, similar a los resultados presentados en este estudio.

En ese sentido, al tener un mayor valor de FRAP (capacidad reductora), se relaciona con una mayor protección a procesos inflamatorios en los sistemas del cuerpo humano, ya que al tener un alto valor en el contenido de sustancias capaces de reducir el ion férrico al estado ferroso tiene impacto en las defensas antioxidantes (Mercado-Mercado et al., 2013).

El presente estudio muestra que el contenido de metabolitos secundarios, como los fenoles, flavonoides, antocianinas que tienen las fresas u otro tipo de alimento (fruta o verdura) se ve expresado en el potencial antioxidante medido por FRAP (capacidad reductora de hierro), ABTS y DPPH. Esto a su vez trae beneficios a la salud como la prevención de enfermedades neurodegenerativas; también regula la absorción y el metabolismo del hierro celular y ayuda a mantener el funcionamiento de varios mecanismos del sistema nervioso central (G. Martínez & López, 2015), lo que nos permite relacionar que un mayor consumo de alimentos ricos en antioxidantes contribuye con la disminución de los efectos secundarios del estrés oxidativo y enlentece el avance de las enfermedades (Sienes Bailo et al., 2022)

De acuerdo con el estudio presentado por Martínez et al. (2023) las fresas poseen gran cantidad de ácido ascórbico, el cual mejora la absorción del hierro no hemo en el intestino y puede regular la absorción y el metabolismo del hierro celular (Tulipani et al., 2011).

Conclusiones

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las características fisicoquímicas como el peso y el tamaño de los frutos de fresas provenientes de cultivos convencionales e hidropónicos,

presentando mayores valores los frutos convencionales. Para las muestras provenientes de los dos tipos de cultivo se encontraron estadios de madurez organoléptica aceptable.

El grado de maduración de las fresas (*Fragaria* × *ananassa* Duch. Cv Albión), independientemente del tipo de cultivo de procedencia presenta variabilidad en su contenido fenólico y actividad antioxidante entre los frutos menos maduros (M1 y M2), con respecto a los más maduros (M3), donde se atribuyen mayor actividad antioxidante en las pruebas de DPPH, ABTS y contenido fenólico total.

Agradecimiento

La ejecución de este proyecto de investigación de menor cuantía fue posible gracias a la financiación del Sistema de Investigación, Desarrollo e Innovación (SIDi) de la Universidad Católica de Oriente.

Agradecemos el compromiso y apoyo de las estudiantes de la pasantía Delfín XXVIII Verano de la Investigación Científica y Tecnológica del pacífico Daniela Méndez Hernández, América Paola Almazán Almazán y Ana Laritza Reyes Molina, quienes participaron de la construcción del protocolo para el análisis de la capacidad antioxidante de fresas (*fragaria* × *ananassa* duch.) producidas mediante sistemas de agricultura convencional e hidropónica y a la docente Isabel Cristina Zapata Vahos líder del grupo de investigación Atención Primaria en Salud-APS que enseña las técnicas, manejo de equipo y análisis de la información con su conocimiento, tiempo y dedicación.

De igual manera reconocemos la contribución de los investigadores del Semillero de Alimentación y Nutrición Humana (A&NH) vinculados al proyecto y en especial a Santiago Ospina Calle, quien ayudo en la formulación y sustentación de la propuesta en la convocatoria, y la docente Coordinadora del Semillero, quien contribuyó a la ejecución y terminación de esta investigación.

Referencias

- Benzie, I. F. F., & Strain, J. J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70–76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25–30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Castellanos, L., Baldovino, A., Céspedes, N., & Rivera, X. (2020). Biopreparados para el control de enfermedades foliares de fresa, Pamplona, Colombia, aun una solución parcial Biopreparations for the control of strawberry leaf diseases, Pamplona, Colombia, even a partial solution This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License. *Jonnpr*, 5(9), 933–951. <https://doi.org/10.19230/jonnpr.3419>
- CCB (2015). Manual fresa. Programa de apoyo agrícola y agroindustrial vicepresidencia de fortalecimiento empresarial cámara de comercio de Bogotá. Cámara de Comercio de Bogotá. <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/handle/11520/14312>

- Chiqui Chiqui, F. A., & Lema Cumbe, M. L. (2010). Evaluación del rendimiento en el cultivo de fresa (*Fragaria* sp) variedad oso grande, bajo invernadero mediante dos tipos de fertilización (orgánica y química) en la parroquia Octavio Cordero Palacio, Cantón Cuenca. *Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca Facultad*, 108. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4745>
- Copetti, C., Borges, G. S., Barcelos-Oliveira, J. L., Gonzaga, L. V, Fett, R., Bertoldi A Epagri, F. C., & Brazil, I. (2012.). Antioxidant Activity and Productivity of Different Strawberry Cultivars (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) Produced in a Hydroponic System. cultivo de fresa. *Acta Horticulturae*, 947.
- Domínguez, P. Domínguez, M.T. Ariza, J.J. Medina, L. Miranda, E. Martínez-Ferri, J.A. GómezMora y Soria, C. (2015). Características organolépticas y contenido en compuestos bioactivos de diez variedades de fresas. *Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA)*.
- García, E., Fernández, I., & Fuentes, A. (2015). *Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu. Etsiamn*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/52056>
- Gaviria, C., Hernández, J. D., Lobo, M., Medina, C. I., & Rojano, B. (2012). Cambios en la Actividad Antioxidante en Frutos de Mortiño (*Vaccinium meridionale* Sw.) durante su Desarrollo y Maduración. *Revista Universidad Nacional Facultad Agronomía Medellín*, 65(1), 6487–6495.
- Gilsanz, J. C. (2007). Hidroponía. Programa Nacional de Producción Hortícola Est. Expt. Las Brujas. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/forraje_hidropnico/07-hidroponia.pdf
- Hernández-Martínez, N. R., Blanchard, C., Wells, D., & Salazar-Gutiérrez, M. R. (2023). Current state and future perspectives of commercial strawberry production: A review. In *Scientia Horticulturae* (Vol. 312). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.111893>
- Khan, S., Purohit, A., & Vadsaria, N. (2020). Hydroponics: current and future state of the art in farming. In *Journal of Plant Nutrition* (Vol. 44, Issue 10, pp. 1515–1538). Bellwether Publishing, Ltd. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1860217>
- Lopez, A. f. (2003). Manual para la preparacion y venta de frutas y hortalizas. *Boletín de servicios agrícolas*, 151, 4334. <https://www.fao.org/3/y4893s/y4893s00.htm#Contents>
- López do Campo, J. (2017). *Estudio comparativo de la actividad antioxidante en fresas de cultivos de origen tradicional versus ecológico*. [Trabajo de Fin de Grado]. Universidad da Coruña
- García Martínez, E. M., Fernández Segovia, I., & Fuentes López, A. (2015). *Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu*. [Artículo]. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10251/52056>
- Martínez, M. E. P., Achondo, T. de J. R., & Juan Luis Jacobo Cuéllar. (2023). La fresa (*Fragaria* X *ananassa*): su valor económico y cultural en México e importancia en la producción de antioxidantes. *Nuevas Territorialidades. Gestión de Los Territorios Con Inclusión, Innovación Social y Sostenibilidad*, 2, 181–204. <https://ru.iiec.unam.mx/6130/>
- Martínez-Bolaños, M., Nieto-Angel, D., Téliz-Ortiz, D., Rodríguez-Alcazar, J., Martínez-Damian, M. T., Vaquera-Huerta, H., & Carrillo Mendoza, O. (2008). Comparación cualitativa de fresas (*Fragaria* x *ananassa* Duch.) de cultivares mexicanos y estadounidenses. *Revista Chapingo, Serie Horticultura*, 14(2), 113–119.

- Minagricultura (2021). *Cadena Productiva de la Fresa*. Ministerio de agricultura. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Fresa/Documentos/2021-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Ornelas-Paz, J. D. J., Yahia, E. M., Ramírez-Bustamante, N., Pérez-Martínez, J. D., Escalante-Minakata, M. D. P., Ibarra-Junquera, V., Acosta-Muñiz, C., Guerrero-Prieto, V., & Ochoa-Reyes, E. (2013). Physical attributes and chemical composition of organic strawberry fruit (*Fragaria* × *ananassa* Duch, Cv. Albion) at six stages of ripening. *Food Chemistry*, 138(1), 372–381. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.006>
- Panico, A. M., Garufi, F., Nitto, S., Di Mauro, R., Longhitano, R. C., Magri, G., Catalfo, A., Serrentino, M. E., & De Guidi, G. (2009). Antioxidant activity and phenolic content of strawberry genotypes from *Fragaria* × *ananassa*. *Pharmaceutical Biology*, 47(3), 203–208. <https://doi.org/10.1080/13880200802462337>
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9–10), 1231–1237. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)
- Sahoo, S., Sahoo, D., & Sahoo, K. K. (2024). Optimization of an efficient hydroponic cultivation method for high yield of strawberry plant. *South African Journal of Botany*, 167, 429–440. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2024.02.033>
- Sienes Bailo, P., Llorente Martín, E., Calmarza, P., Montolio Brea, S., Bravo Gómez, A., Pozo Giráldez, A., Sánchez-Pascuala Callau, J. J., Vaquer Santamaría, J. M., Dayaldasani Khialani, A., Cerdá Micó, C., Camps Andreu, J., Sáez Tormo, G., & Fort Gallifa, I. (2022). Implicación del estrés oxidativo en las enfermedades neurodegenerativas y posibles terapias antioxidantes. *Advances in Laboratory Medicine / Avances En Medicina de Laboratorio*, 3(4), 351–360. <https://doi.org/10.1515/almed-2022-0022>
- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152–178. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
- Skrovankova, S., Sumczynski, D., Mlcek, J., Jurikova, T., & Sochor, J. (2015). Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in Different Types of Berries. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(10), 24673–24706. <https://doi.org/10.3390/ijms161024673>
- Tulipani, S., Alvarez-Suarez, J. M., Busco, F., Bompadre, S., Quiles, J. L., Mezzetti, B., & Battino, M. (2011). Strawberry consumption improves plasma antioxidant status and erythrocyte resistance to oxidative haemolysis in humans. *Food Chemistry*, 128(1), 180–186. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.025>