VOLUMEN 48
XXXI Verano De la Ciencia
ISSN 2395-9797
www.jovenesenlaciencia.ugto.mx

Los aquenios de la fresa, frutos secos que ofrecen una alternativa potencial de aprovechamiento por sus componentes bioactivos

Strawberry achenes, nuts that offer a potential alternative for use due to their bioactive components

Uriel Sebastián Juárez-Beltran[1], Silvia Lisset Juarez Valtierra[2], Ma. del Rosario Abraham-Juárez[1,2].

[1] Departamento de Alimentos, División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato, Carretera Irapuato-Silao km 9, Irapuato, Guanajuato 36500, México.
[2] Posgrado en Biociencias, División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato, Carretera Irapuato-Silao km 9, Irapuato, Guanajuato 36500, México.
mabraham@ugto.mx

Resumen

Los aquenios son los verdaderos frutos secos de la fresa (*Fragaria* × *ananassa*), comúnmente confundidos con semillas y localizados sobre la superficie del receptáculo carnoso. Aunque representan una pequeña fracción del peso total del fruto, constituyen una fuente importante de compuestos bioactivos. Durante la producción de fresa se generan grandes cantidades de frutos de segunda calidad que son descartados por criterios comerciales, a pesar de conservar propiedades funcionales. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar la contribución de los aquenios al potencial bioactivo de dos variedades de fresa (*Valiant* y *Víctor)* de primera y segunda calidad cultivadas en Irapuato, Guanajuato. Se determinaron propiedades fisicoquímicas, contenido de polifenoles totales mediante Folin-Ciocalteu, flavonoides totales y capacidad antioxidante mediante el ensayo DPPH. Los sólidos solubles oscilaron entre 7.90 y 9.47 °Brix, el pH entre 3.18 y 3.37, el peso entre 10.97 y 18.06 g y la esfericidad entre 0.839 y 0.884. Los aquenios presentaron el mayor contenido de polifenoles (11.642-14.760 mg EAG/g P.F.), más de 3 veces superior al fruto completo (3.751-4.529 mg EAG/g P.F.) y 4.4 veces mayor que el fruto sin aquenios. En contraste, los flavonoides fueron mayores en el receptáculo (0.388-0.708 mg EQ/g P.F.). La capacidad antioxidante de los aquenios alcanzó entre 91.45 y 92.24 % de inhibición del radical DPPH, superior al fruto completo (73.35-77.17 %). Los resultados demuestran que los aquenios y las fresas de segunda calidad representan una alternativa para desarrollar ingredientes funcionales con valor agregado y reducir el desperdicio agroalimentario.

Palabras clave: Aquenios, aprovechamiento, calidad, compuestos bioactivos, fresas.

Introducción

A nivel mundial, México se posiciona como el quinto productor de fresa (*Fragaria* × *ananassa*), con un rendimiento 124 % superior al promedio mundial y una producción de 696,113 toneladas anuales. Dentro del país, el estado de Guanajuato ocupa el tercer lugar en producción, con 107,920 toneladas, consolidándose como una de las principales regiones freseras (Panorama Agroalimentario, 2025). Sin embargo, la fresa es un fruto altamente perecedero debido a su elevada susceptibilidad al daño mecánico, la pérdida de firmeza y el deterioro microbiano, lo que ocasiona importantes pérdidas durante la cosecha, el manejo poscosecha y la comercialización. Se estima que las mermas pueden alcanzar hasta el 25 % de la producción nacional, equivalente a aproximadamente 173,278 toneladas de fruta que no llegan al consumidor (SENASICA, 2022). Esta problemática evidencia la necesidad de desarrollar estrategias que permitan revalorizar los frutos descartados y reducir el desperdicio agroalimentario mediante su transformación en productos de mayor valor agregado.

Las fresas de segunda calidad, aunque son rechazadas por presentar deformaciones, tamaño reducido o daños superficiales, conservan una elevada concentración de compuestos bioactivos, entre los que destacan los compuestos fenólicos, flavonoides, antocianinas, vitamina C y ácidos fenólicos. Estos metabolitos secundarios poseen una importante capacidad antioxidante y su consumo se ha asociado con la disminución del estrés oxidativo y un menor riesgo de enfermedades crónicas (Dragišić Maksimović et al., 2020; Giampieri et al., 2016). En este sentido, la valorización de subproductos agrícolas representa una estrategia alineada

con los principios de la economía circular, favoreciendo el aprovechamiento integral de los recursos y la reducción del desperdicio alimentario (Jiménez-López et al., 2020).

Desde el punto de vista botánico, la fresa es un fruto agregado cuyo receptáculo carnoso sostiene numerosos aquenios, los cuales constituyen los verdaderos frutos secos y contienen la semilla en su interior. Además de participar en la reproducción y protección del fruto, los aquenios concentran una elevada proporción de compuestos fenólicos, principalmente ácido elágico, elagitaninos y otros metabolitos responsables de una parte importante de la actividad antioxidante de la fresa (Aaby et al., 2005; Giampieri et al., 2016). Aunque representan una pequeña fracción del peso total del fruto, diversos estudios han demostrado que los compuestos bioactivos no se distribuyen homogéneamente entre los diferentes tejidos, observándose una acumulación diferencial de polifenoles y flavonoides determinada por factores genéticos y fisiológicos (Labadie et al., 2020; Fecka et al., 2021).

A pesar del creciente interés por la caracterización química de la fresa, la mayoría de las investigaciones se ha centrado en el análisis del fruto completo, mientras que la contribución específica de los aquenios al potencial antioxidante ha recibido menor atención, particularmente en frutos de segunda calidad. Generar información sobre esta fracción permitirá respaldar su aprovechamiento como materia prima para la obtención de ingredientes funcionales, promoviendo alternativas sostenibles que incrementen el valor agregado de la producción fresera y fortalezcan las oportunidades económicas de los productores (Giampieri et al., 2016; Jiménez-López et al., 2020).

Por ello, el objetivo de este estudio fue evaluar la contribución de los aquenios al potencial bioactivo de dos variedades de fresa (Valiant y Víctor) de primera y segunda calidad cultivadas en Irapuato, Guanajuato, mediante la determinación de sus propiedades fisicoquímicas, contenido de polifenoles, flavonoides y capacidad antioxidante.

Materiales y métodos

Material vegetal

Se emplearon dos variedades de fresa (*Fragaria spp*.) *Valiant* y *Víctor*, cultivadas en la comunidad de “Ex hacienda de Márquez”, Irapuato, Guanajuato, en los predios de producción agrícola localizados en las coordenadas geográficas 20° 47’ 33.6’’ N 101° 21’ 18.1’’ W a 1750 -msn. El cual mantiene un sistema de producción agroecológico. De acuerdo con los criterios de calidad que especifica la norma NMX-FF-062-SCFI-2002 se seleccionaron frutos de primera calidad y de segunda calidad, estos últimos considerados como desperdicio.

Propiedades fisicoquímicas de las fresas y aquenios

Forma:

Se determinó de acuerdo con la carta de formas de fresa, publicada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Daubeny, 1980).

Peso y tamaño:
El peso se registró en una balanza analítica AND HF-2000G con una sensibilidad de 0.01 g. El diámetro ecuatorial se midió con un Vernier. Se calculó el diámetro geométrico (Dg), y la esfericidad (Ø) de acuerdo con Jha y Kingsly, 2006. Para ello, primero se obtuvieron los promedios de las medidas registradas en los frutos de ambas variedades y de las diferentes calidades.

Textura:
Se evaluó colocando la fresa en posición ecuatorial en un analizador TA-XT2 (Stable Microsystems Ltd.) equipado con una probeta cilíndrica de 4 mm de diámetro, con una velocidad de cabezal de penetración de 5 mm/s y una distancia de penetración de 8 mm los resultados serán expresados en unidades de fuerza Newton (N).

Sólidos Solubles Totales (°Brix) y pH:
Los Solidos Solubles Totales (SST) se midieron con un refractómetro HANNA y se expresaron como °Brix. El pH se determinó con un potenciómetro.

Preparación de las muestras

Fruto completo (FC): Se seleccionaron aproximadamente 15 fresas de ambas variedades y calidades. Se retiro el sépalo y se homogeneizaron en una licuadora. Las muestras se almacenaron a -20°C hasta su uso.

Aquenios (AF): Se tomo otro grupo de fresas y con ayuda de un bisturí se separó la epidermis del receptáculo, arrastrando con ello los aquenios. Posteriormente, se extendió cada trozo en un papel absorbente y se dejo secar 1 día, de forma que la parte carnosa se seca y nos aquenios quedan en relieve. Finalmente, se retiraron los aquenios manualmente y se almacenaron a -20°C hasta el momento de la extracción de los compuestos antioxidantes.

Pulpa (FSA) o receptáculo: Esta muestra corresponde al tejido carnoso que queda después de separar la epidermis para la recuperación de los aquenios. El cual se homogenizó en una licuadora y se almaceno a -20°C

Determinación de compuestos bioactivos

Preparación del extracto:
Se pesó 1 g de muestra y se adicionaron 15 mL de una solución de metanol al 80%, acidificada con 1% de HCl. La mezcla se mantuvo en agitación durante 2 horas a 150 rpm a temperatura ambiente. Posteriormente, se centrifugó a 3500 rpm por 5 minutos y se separó el sobrenadante, el cual fue conservado a −20 °C hasta su análisis.

Contenido de polifenoles totales (CPT):
Se empleo el método de Folin-Ciocalteu, descrito por Singleton y Rossi (1965) con algunas modificaciones. Se tomaron 250 µL del extracto y se adicionaron 250 µL del reactivo de Folin (1N). Posteriormente, se agregaron 2 mL de Na_2CO_3 (7.5%). La mezcla se mantuvo en reposo por 40 minutos en oscuridad. Transcurrido este tiempo, se midió la absorbancia a 765 nm en un espectrofotómetro UV-Vis (GENESYS 10S, Thermo Scientific™, E.U.), previamente calibrado. El contenido total de polifenoles se reportó en miligramos equivalentes de ácido gálico por g de peso fresco (mg GAE /g P.F).

Contenido de flavonoides totales (CFT):
Se cuantificaron usando el método descrito por Chang et al., (2002) con modificaciones. Se tomaron 250 µL del extracto. Se le adicionaron 50µL de acetato de potasio al 10% (m/V) y 50µL de cloruro de aluminio al 10% (m/V), luego se adiciono 1 mL de metanol al 80% acidificado y 1 mL de agua destilada. Se midió la absorbancia en el espectrofotómetro UV.VIS (GENESYS 10S, Thermo Scientific™, EE. UU.) calibrado con agua destilada a 415 nm. El contenido total de flavonoides se reportará en mg equivalentes de quercetina por g de muestra (mg EQ /g P.F.).

Capacidad antioxidante:
Se determinó mediante el método de DPPH empleando la técnica descrita por Brand et al. (1995) con algunas modificaciones. Se preparó el radical DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracilo) al 60 µM y ajustado a una absorbancia 0.7-0.9. A 250 µL del extracto se le adiciono 2250 µL de la solución de DPPH. Se dejó en reposo por 30 min en oscuridad. Posteriormente, se midió la absorbancia a 515 nm en un espectrofotómetro UV.VIS (GENESYS 10S, Thermo Scientific™, E. U.). El resultado se reportó en µmol TEAC/g P.F.

Análisis estadístico

Para el análisis de los datos del presente estudio se empleó el software estadístico Statgraphics versión 19. La normalidad de los datos se evaluó mediante la prueba de Shapiro Wilk, confirmándose que todos presentaron distribución normal. Posteriormente, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de una sola vía, seguido de una prueba de post-hoc de Tukey con un nivel de confianza del 95%.

Resultados y discusión

En la **Tabla 1** se presentan los resultados de las propiedades fisicoquímicas las cuales mostraron diferencia significativa entra variedades y su calidad comercial, evidenciando que tanto el genotipo como las condiciones de desarrollo del fruto influyen en sus características fenotípicas. Los sólidos solubles totales (SST) oscilaron entre 7.90 y 9.47 °Brix, siendo la variedad *Víctor* de primera calidad la que presentó el mayor valor, mientras que la *Valiant* de segunda calidad mostró el menor contenido. Los SST representan principalmente a los azúcares solubles, constituyendo uno de los principales indicadores del grado de madurez y de la aceptación

sensorial de la fruta (Kader, 2008). El bajo contenido que presentan los frutos de segunda calidad podría atribuirse a un desarrollo incompleto ocasionado por estrés ambiental, principalmente las altas temperaturas, las cuales limitan la acumulación de carbohidratos durante el proceso de maduración. Resultados similares fueron reportados por Ünal et al. (2023), quienes reportaron valores entre 7.8 y 10.2 °Brix en diferentes cultivares de fresa esto lo atribuyeron a variaciones tanto como en el cultivar como a las condiciones ambientales durante el crecimiento.

El pH varío entre 3.18 y 3.37 estos valores son característicos de frutos maduros de fresa y son similares a los reportados por Smith & Nunes (2023) y Urün et al. (2021), quienes registraron valores de 3.2 y 3.6 en diferentes cultivares. Aunque estadísticamente los resultados muestran diferencias significativas *($p<0.05$)* la variación es pequeña, indicando que el grado de acidez de los frutos es similar entre variedades y calidades. Este comportamiento indica que la variedad de fresa y su calidad afecta principalmente al contenido de azúcares que a la concentración de ácidos orgánicos.

El peso del fruto presentó la mayor variabilidad entre tratamientos con valores de 10.97 a 18.06 g. Los frutos de mayor peso correspondieron a la variedad *Valiant* de primera calidad, mientras que los menores se observaron en *Víctor* de segunda calidad. Estas diferencias coinciden con los criterios de clasificación comercial, donde los frutos de 2da calidad suelen ser más pequeños y deformes por deficiencias en polinización, estrés hídrico o altas temperaturas durante la floración (Capocasa et al. 2020).

La esfericidad es un indicador cuantitativo de la forma y uniformidad de los frutos, útil para evaluar calidad y detectar condiciones de cultivo que afectan su desarrollo. Este parámetro varió entre 0.839 y 0.884, la variedad *Víctor* de primera calidad mostró mayor uniformidad (0.884), mientras que Valiant de segunda calidad presentó la menor (0.839), asociada a deformaciones visibles (Figura 1 y 2).

Por otra parte, aunque los frutos de segunda calidad presentaron menor peso, menor contenido de SST y mayor deformación, estas características no implican necesariamente una menor concentración de compuestos bioactivos. De hecho, estudios diversos estudios han demostrado que las condiciones de estrés durante el desarrollo pueden inducir la biosíntesis de metabolitos fenólicos como mecanismo de defesa (Labadie et al., 2020; Dragišić Maksimović et al., 2020).

Tabla 1. *Propiedades fisicoquímicas de las fresas.*

	Valiant		***Víctor***	
	Calidad 1	**Calidad 2**	**Calidad 1**	**Calidad 2**
SST (°Brix)	8.833 ± 0.115^{A}	7.9 ± 0^{B}	9.466 ± 0.057^{C}	9.066 ± 0.057^{D}
pH	3.372 ± 0.018^{A}	3.181 ± 0.017^{B}	3.286 ± 0.001^{C}	3.251 ± 0.01^{C}
Peso (g)	18.06 ± 3.704^{A}	15.38 ± 2.229^{AB}	12.48 ± 2.379^{BC}	10.97 ± 2.562^{C}
Esfericidad (cm)	0.860 ± 0.035^{A}	0.839 ± 0.040^{A}	0.884 ± 0.029^{A}	0.861 ± 0.053^{A}

Media ± SD. Letras distintas indican que hay diferencia estadísticamente significativa *($p<0.05$)* entre columnas.



Figura 1. *Fresas de la variedad Valiant.*



Figura 2. *Fresas de la variedad Víctor.*

VOLUMEN 48
XXXI Verano De la Ciencia
ISSN 2395-9797
www.jovenesenlaciencia.ugto.mx

En la **Tabla 2,** se presentan los valores del contenido de polifenoles totales, el cual presentó diferencias significativas *(p<0.05)* entre las fracciones del fruto, se observa que los aquenios constituyen la parte con la mayor concentración de compuestos fenólicos, independientemente de la variedad y de la calidad comercial. En general, los aquenios contenían aproximadamente 3 veces más polifenoles que el fruto completo y 4.4 veces más que el fruto sin aquenios, mientras que el fruto completo presentó alrededor de 1.5 veces más polifenoles que el receptáculo sin aquenios.

Asimismo, la eliminación de los aquenios redujo cerca del 31% el contenido de polifenoles respecto al fruto completo, lo que evidencia su importante contribución al potencial antioxidante de la fresa. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Giampieri et al. (2016), quienes demostraron que los aquenios concentran mayores cantidades de ácido elágico, elagitaninos y flavonoides que el receptáculo. Por su parte Aaby et al. (2005) describieron que los aquenios presentan un mayor contenido de compuestos bioactivos en la testa ya que ahí se concentran metabolitos secundarios como polifenoles y taninos, además de encontrarse en otros tejidos protectores

El efecto de la variedad fue dependiente de la fracción analizada; la variedad *Víctor* presentó el mayor contenido de polifenoles en el fruto completo de primera calidad (4.529 mg EAG/g P.F.), mientras que *Valiant* registró las mayores concentraciones en los aquenios (14.760 mg EAG/g P.F.), lo que confirma la influencia del genotipo sobre la acumulación y distribución de metabolitos fenólicos. En contraste, la calidad comercial no tuvo un efecto significativo, ya que los frutos de segunda calidad presentaron únicamente una ligera disminución en el contenido de polifenoles respecto a los de primera calidad.

Por su parte, los valores del fruto completo (3.75 a 4.53 mg EAG/g P.F.) fueron superiores a los reportados por Urün et al. (2021), quienes encontraron contenidos de 0.99 a 1.58 mg EAG/g P.F., en diez cultivares comerciales de fresa cultivados en Turquía, así como a los obtenidos por Milosavljević et al. (2022), quienes evaluaron 25 cultivares y reportaron un intervalo de 0.46 a 1.53 mg EAG/g P.F. Estas diferencias pueden atribuirse a factores como el cultivar, las condiciones edafoclimáticas, el estado de madurez, la metodología de extracción y las condiciones de cultivo, variables que se ha reportado que influyen significativamente en la biosíntesis de compuestos fenólicos.

Tabla 2. *Contenido de polifenoles totales (mg EAG/g P.F.) en el fruto completo, frito sin aquenios y aquenios de las variedades Valiant y Víctor de fresa de primera y segunda calidad*

	Valiant		***Víctor***	
	Calidad 1	**Calidad 2**	**Calidad 1**	**Calidad 2**
Fruto completo (FC)	4.081 ± 0.308^{ABa}	3.751 ± 0.077^{Aa}	4.529 ± 0.196^{Ba}	4.068 ± 0.114^{ABa}
Fruto sin aquenios (FSA)	2.872 ± 0.257^{Ab}	2.754 ± 0.049^{Ab}	2.972 ± 0.199^{Ab}	2.854 ± 0.112^{Ab}
Aquenios (AF)	14.760 ± 0.070^{Ac}	12.022 ± 0.070^{Bc}	13.222 ± 0.143^{Cc}	$11.642\pm0. 437^{Bc}$

Medias ± SD (n=3). Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas entre variedades y calidades dentro de una misma fracción del fruto, mientras que letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre las fracciones (FC, FSA y AF) dentro de cada variedad y calidad *(p<0.05).*

La **Tabla 3** muestra que el contenido de flavonoides totales presentó diferencias significativas *(p<0.05)* entre variedades, calidad comercial y fracciones del fruto. La variedad *Víctor* de segunda calidad registró las mayores concentraciones de flavonoides en el fruto completo (0.991 mg EQ/g P.F.), el fruto sin aquenios (0.708 mg EQ/g P.F.) y los aquenios (0.323 mg EQ/g P.F.), evidenciando que tanto el genotipo como las condiciones de desarrollo del fruto influyen en la acumulación de estos metabolitos. A diferencia de lo observado en el contenido polifenoles totales (Tabla 2), los aquenios presentaron el menor contenido de flavonoides, mientras que el receptáculo (FSA) concentró la mayor cantidad de estos compuestos.

Este comportamiento concuerda con la distribución diferencial de metabolitos descrita en estudios recientes. Labadie et al. (2021) demostraron que la acumulación de flavonoides en la fresa depende del tejido vegetal y está regulada por mecanismos genéticos específicos, observándose una mayor acumulación de antocianinas y flavonoles en el receptáculo durante la maduración, mientras que otros compuestos fenólicos

presentan una distinta distribución. Asimismo, Perkins-Veazie et al. (2023) señalaron que el color rojo del fruto está directamente asociado con una mayor acumulación de antocianinas y flavonoides, mientras que los aquenios destacan por su elevado contenido de taninos hidrolizables y ácido elágico, responsables de una parte importante de la capacidad antioxidante del fruto. En conjunto, estos resultados explican por qué, a pesar de presentar el menor contenido de flavonoides, los aquenios mostraron el mayor contenido de polifenoles totales en el presente estudio. Esto sugiere que su elevada actividad antioxidante se atribuye principalmente a compuestos fenólicos no flavonoides.

***Tabla 3**. Contenido de flavonoides totales (mg EQ/g P.F.) en el fruto completo, frito sin aquenios y aquenios de las variedades Valiant y Víctor de fresa de primera y segunda calidad*

	Valiant		***Víctor***	
	Calidad 1	**Calidad 2**	**Calidad 1**	**Calidad 2**
Fruto completo (FC)	0.853 ± 0.142^{ABa}	0.640 ± 0.105^{BCa}	0.518 ± 0.073^{Ca}	0.991 ± 0.022^{Aa}
Fruto sin aquenios (FSA)	0.495 ± 0.057^{Ab}	0.441 ± 0.022^{ABb}	0.388 ± 0.013^{Ba}	0.708 ± 0.034^{Cb}
Aquenios (AF)	0.294 ± 0.013^{ABc}	0.301 ± 0.011^{ABc}	0.232 ± 0.060^{Ab}	0.323 ± 0.011^{Bc}

Medias ± SD (n=3). Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas entre variedades y calidades dentro de una misma fracción del fruto, mientras que letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre las fracciones (FC, FSA y AF) dentro de cada variedad y calidad *($p<0.05$).*

En la **Tabla 4,** se presentan los resultados de la capacidad antioxidante, evaluada mediante el ensayo DPPH, se observan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las fracciones del fruto, mientras que la influencia de la variedad y la calidad comercial fue mínima. En ambos cultivares, los aquenios registraron los mayores porcentajes de inhibición del radical DPPH (91.45 – 92.24 %), seguidos por el fruto completo (73.35 – 77.17 %) y el fruto sin aquenios (70.94 – 72.73 %). En promedio, los aquenios presentaron una capacidad antioxidante 21 % superior al fruto completo y 28 % mayor que el fruto sin aquenios; además, su eliminación redujo la actividad antioxidante del fruto en aproximadamente 4 %. Estos hallazgos evidencian que, aunque representan la fracción más pequeña del peso total de la fresa, los aquenios contribuyen de manera significativa a su actividad antioxidante.

La elevada capacidad antioxidante de los aquenios coincide con el contenido de polifenoles totales (Tabla 2), donde se registraron concentraciones 3 veces superiores a las del fruto completo y más de 4 veces a las del fruto sin aquenios. En contraste, los flavonoides totales (Tabla 3) fueron menores en los aquenios que en la pulpa, lo que sugiere que su actividad antioxidante se debe principalmente a otros compuestos fenólicos con alta capacidad reductora, como el ácido elágico, los elagitaninos y las proantocianidinas. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Giampieri et al. (2016), quienes señalaron que los aquenios son el principal reservorio de compuestos fenólicos no flavonoides; con Milosavljević et al. (2022), quienes encontraron una fuerte correlación positiva entre polifenoles totales y capacidad antioxidante en distintos cultivares de fresa; y con Perkins-Veazie et al. (2023), quienes destacaron que la bioactividad de la fresa resulta de la acción conjunta de diversos metabolitos fenólicos, donde los elagitaninos y el ácido elágico desempeñan un papel clave junto con los flavonoides.

***Tabla 4**. Capacidad antioxidante (% de inhibición del radical DPPH) en el fruto completo, frito sin aquenios y aquenios de las variedades Valiant y Víctor de fresa de primera y segunda calidad*

	Valiant		**Víctor**	
	Calidad 1	**Calidad 2**	**Calidad 1**	**Calidad 2**
Fruto completo (FC)	76.048 ± 1.006^{Aa}	73.349 ± 3.060^{Aa}	77.044 ± 0.951^{Aa}	77.168 ± 0.400^{Aa}
Fruto sin aquenios (FSA)	71.938 ± 0.639^{A}	72.048 ± 0.694^{Aa}	70.942 ± 1.006^{Ab}	72.7273 ± 01.468^{Ab}

Aquenios (AF)	92.237±0.359 ^{Ac}	91.448±1.672^{Ab}	92.071±0.400 ^{Ac}	91.65±0.431^{Ac}

Medias ± SD (n=3). Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas entre variedades y calidades dentro de una misma fracción del fruto, mientras que letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre las fracciones (FC, FSA y AF) dentro de cada variedad y calidad *(p<0.05)*.

Conclusiones

El presente estudio demuestra que los aquenios de la fresa constituyen la fracción con mayor potencial bioactivo del fruto, al contener más de tres veces la concentración de polifenoles que el fruto completo y alcanzar una capacidad antioxidante cercana al 92 %, independientemente de la variedad y de la calidad comercial. Aunque presentaron un menor contenido de flavonoides que el receptáculo, su elevada actividad antioxidante indica que esta se atribuye principalmente a otros compuestos fenólicos. Asimismo, se comprobó que las fresas de segunda calidad conservan propiedades bioactivas muy similares a las de primera, lo que demuestra que su descarte por criterios comerciales no implica una pérdida significativa de su valor funcional. La valorización de los aquenios como ingrediente funcional representa una alternativa viable para el aprovechamiento integral de este subproducto, aportando ventajas industriales gracias a su baja perecibilidad, que facilita el almacenamiento, transporte y comercialización. En conjunto, el uso de aquenios y de fresas de segunda calidad puede contribuir a reducir el desperdicio agroalimentario, impulsar la economía circular y abrir nuevas oportunidades de aprovechamiento para los productores, fortaleciendo su competitividad y favoreciendo el desarrollo de las comunidades vinculadas a esta actividad agrícola.

Referencias

Aaby, K., Skrede, G., & Wrolstad, R. E. (2005). Phenolic composition and antioxidant activities in flesh and achenes of strawberries (Fragaria × ananassa). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(10), 4032–4040. https://doi.org/10.1021/jf048001o

Ariza, M. T., Reboredo-Rodríguez, P., Mazzoni, L., Forbes-Hernández, T. Y., Giampieri, F., Afrin, S., Gasparrini, M., Soria, C., Martínez-Ferri, E., Battino, M., & Mezzetti, B. (2016). Strawberry achenes are an important source of bioactive compounds for human health. International Journal of Molecular Sciences, 17(7), 1103. https://doi.org/10.3390/ijms17071103

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

Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M., & Chern, J. C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis, 10*(3), 178–182.

Dragišić Maksimović, J., Poledica, M., Mutavdžić, D., Mojović, M., Radivojević, D., & Milivojević, J. (2020). Phenolic profiling of 12 strawberry cultivars using different spectroscopic methods. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 68(15), 4346–4354. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b07331

Fecka, I., Nowicka, A., Kucharska, A. Z., & Sokół-Łętowska, A. (2021). The effect of strawberry ripeness on the content of polyphenols, cinnamates, L-ascorbic and carboxylic acids. Journal of Food Composition and Analysis, 95, 103669. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103669

Giampieri, F., Tulipani, S., Alvarez-Suarez, J. M., Quiles, J. L., Mezzetti, B., & Battino, M. (2016). Strawberry achenes are an important source of bioactive compounds for human health. International Journal of Molecular Sciences, 17(7), 1103. https://doi.org/10.3390/ijms17071103

Jimenez-Lopez, C., Fraga-Corral, M., Carpena, M., García-Oliveira, P., Echave, J., Pereira, A. G., Lourenço-Lopes, C., Prieto, M. A., & Simal-Gandara, J. (2020). Agriculture waste valorisation as a source of antioxidant phenolic compounds within a circular and sustainable bioeconomy. Food & Function, 11, 4853–4877. https://doi.org/10.1039/D0FO00937G

Labadie, M., Vallin, G., Petit, A., Rothan, C., & Denoyes, B. (2020). Metabolite quantitative trait loci for flavonoids provide new insights into the genetic architecture of strawberry (Fragaria × ananassa) fruit quality. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 68(25), 6927–6939. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c01855

Labadie, M., Vallin, G., Petit, A., Rothan, C., & Denoyes, B. (2021). Metabolite quantitative trait loci for flavonoids provide new insights into the genetic architecture of strawberry fruit quality. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 69, 6927–6939. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c01855.

Mazzoni, L., Di Vittori, L., Balducci, F., Forbes-Hernández, T. Y., Giampieri, F., Battino, M., Mezzetti, B., & Capocasa, F. (2020). Sensorial and nutritional quality of inter- and intra-specific strawberry genotypes selected in resilient conditions. Scientia Horticulturae, 261, 108945. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108945

Milosavljević, D. M., Maksimović, V. M., Milivojević, J. M., Nakarada, Đ. J., Mojović, M. D., & Dragišić Maksimović, J. J. (2022). Rich in Phenolics—Strong Antioxidant Fruit? Comparative Study of 25 Strawberry Cultivars. Plants, 11(24), 3566. https://doi.org/10.3390/plants11243566

Nunes, G., Teixeira, F., Schwarz, K., Camargo, C. K., Resende, J. T. V., Santos, E. F., Franco, B. C., & Novello, D. (2020). Influence of genetic variability on the quality of strawberry cultivars: Sensorial, physical-chemical and nutritional characterization. Acta Scientiarum. Agronomy, 43, e46862. https://doi.org/10.4025/actasciagron.v43i1.46862

Panorama Agroalimentario. (2025). Panorama Agroalimentario: Fresa 2025. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA), Banco de México.

Panzella, L., Moccia, F., Nasti, R., Marzorati, S., Verotta, L., & Napolitano, A. (2020). Bioactive phenolic compounds from agri-food wastes: An update on green and sustainable extraction methodologies. Frontiers in Nutrition, 7, 60. https://doi.org/10.3389/fnut.2020.00060

Perkins-Veazie, P., Giampieri, F., Battino, M., et al. (2023). Relation between strawberry fruit redness and bioactivity: Deciphering the role of anthocyanins as health-promoting compounds. Antioxidants, 12, 2278. https://doi.org/10.3390/antiox12122278.

Secretaría de Economía. (2002). NMX-FF-062-SCFI-2002. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano–Fruta fresca–Fresa (Fragaria × ananassa, Dutch)–Especificaciones y método de prueba (cancela a la NMX-FF-062-1987). Dirección General de Normas.

SENASICA. (2022). Pérdidas y desperdicio de alimentos en la cadena agroalimentaria en México. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria.

Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture, 16(3), 144–158.

Skrovankova, S., Sumczynski, D., Mlcek, J., Jurikova, T., & Sochor, J. (2020). Anthocyanin profile, antioxidant activity and total phenolic content of a strawberry genetic resource collection. Food Bioscience, 36, 100620. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100620

Smith, A. N., & do Nascimento Nunes, M. C. (2023). Physicochemical quality, polyphenol profiles, and postharvest performance of Florida Pearl® 'FL 16.78-109' white strawberries compared to the red cultivar 'Florida Brilliance'. Foods, 12(17), 3143. https://doi.org/10.3390/foods12173143.

Tulipani, S., Mezzetti, B., Capocasa, F., Bompadre, S., Beekwilder, J., de Vos, C. H. R., Capanoglu, E., Bovy, A., & Battino, M. (2008). Antioxidants, phenolic compounds, and nutritional quality of different strawberry genotypes. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56(3), 696–704. https://doi.org/10.1021/jf0719959

Urün, I., Attar, S. H., Sönmez, D. A., Ercişli, S., Kafkas, N. E., Bandić, L. M., & Duralija, B. (2021). Comparison of polyphenol, sugar, organic acid, volatile compounds, and antioxidant capacity of commercially grown strawberry cultivars in Turkey. Plants, 10(8), 1654. https://doi.org/10.3390/plants10081654.