

PROPIEDADES Y VENTAJAS DEL TOMATE CHERRY NEGRO

Properties and advantages of black cherry tomato

Rosario Guzmán Cruz^{1*}, Josué Daniel Hernández Vega¹, Ixchel Parola Contreras¹

¹ Universidad Autónoma de Querétaro

*Autor de correspondencia
rosario.guzman@uaq.mx

RESUMEN

La presente investigación tiene el objetivo de brindar un marco general de factibilidad de producción del tomate cherry negro y sus beneficios a la salud humana, con el principal propósito de incrementar su consumo como un producto nutracéutico cada vez más conocido. En la primera parte de la revisión se mencionan los últimos indicadores económicos del tomate rojo como punto de partida para el análisis del comportamiento del tomate cherry en el mercado nacional e internacional. Asimismo, se consideran las variedades comerciales que se desplazan tanto en el mercado mexicano como en el mundial. Adicionalmente, se realiza una descripción de las generalidades morfológicas del tomate tipo cherry negro y las principales características de su proceso de producción. Seguida de una compilación de los compuestos bioactivos en esta variedad y sus funciones en la planta, así como estudios previos de estos en diferentes variedades de cherry. Después, se cierra con los beneficios estudiados en la salud humana. Finalmente, se concluye que dicho producto se posiciona en el mercado nacional dentro de la categoría *gourmet*, por lo que es un producto de menor demanda y su producción se realiza en menor escala que las otras variedades de tomate rojo. Sin embargo, el tomate cherry negro es una excelente opción de consumo para mejorar la salud, con una producción y comercialización en constante evolución dentro del mercado *gourmet* que lo hacen un producto altamente rentable.

Palabras clave: nutracéutico, rendimiento, morfología, cultivo, bioactivo.

ABSTRACT

The objective of this investigation is to provide a general framework of the feasibility of producing black cherry tomato and its benefits to human health, in order to increa-

se its consumption as an growingly popular nutraceutical product. In the first part of this paper, the latest economic indicators of red tomato as a starting point for analyzing the behavior of cherry tomato in the international and national markets is mentioned. Additionally, the commercial varieties that move in the national and export markets are considered. Furthermore, a description is made of the morphological generalities of the black cherry tomato and the main characteristics of its production process, followed by a compilation of the bioactive compounds in this variety, its functions in the plant, as well as previous studies of these compounds in different cherry varieties. This section closes with the benefits studied in human health. Finally, we conclude that this product is positioned in the national market as a gourmet product, so it has less demand and, therefore, its production is lower than the other varieties of tomato. However, it is an excellent consumption option to improve health, with a constantly evolving production and modification within the gourmet market, which makes it a highly profitable product.

Keywords: nutraceutical, yield, morphology, cultivation, bioactive.

INTRODUCCIÓN

El tomate tipo cherry negro (*Solanum lycopersicum* var. *Cerasiforme*), llamado cereza, uva o pasa, es un producto de reciente introducción en el mercado; no obstante, este tipo de variedades, por ejemplo, las accesiones negro Segureño, Tomate Moruno, Cirneta Negra y Negro de Santiago [1], han existido desde hace siglos y se han utilizado de manera tradicional en varios lugares del globo. El tomate, al ser originario de la región andina del continente americano, se diseminó por el mundo después de la conquista. Por ende, su domesticación y fitomejoramiento se logró por los diferentes ambientes a los que se vio expuesto, específicamente,



se evidencia en el tomate moderno, alimento aproximadamente cien veces más grande que la primera variedad de tomate que zarpó de América. Debido al conocimiento sobre la explotación y manipulación del tomate, este estudio estima que los primeros tomates fueron del tamaño de los tomates cherry [2].

El tomate rojo se ha convertido en un sistema biológico importante que ha sido estudiado a través de modelos para las plantas, tanto así, que se le considera el mayor representante de la investigación biológica y mejoramiento genético de las solanáceas [2]. En 2018 tuvo un rendimiento de 15.3 ton/ha [3].

Los tomates cherry han disparado su popularidad en los mercados *gourmet* en los últimos años gracias a los estudios científicos de los bioactivos en las frutas. Tal es el caso de las frutas de piel oscura o púrpuras, como las moras, las uvas negras y, específicamente, el tomate cherry negro. Estas frutas tienen altos contenidos de antocianinas, compuestos fenólicos y antioxidantes que las hacen alimentos altamente nutraceuticos [4], [5]. Los alimentos nutraceuticos son conocidos por proporcionar beneficios a la salud, incluida la prevención y/o el tratamiento de algunas enfermedades [6]; estudios específicos sobre los bioactivos de los tomates oscuros, azules y negros los señalan como alimentos de este tipo [5]. Por ejemplo, las antocianinas, contenidas en el tomate, se caracterizan por ser compuestos polifenólicos [4], éstos pertenecen a los flavonoides, actualmente conocidos para prevenir algunas enfermedades degenerativas, y como terapéuticos en gran gama de enfermedades en el ser humano [7]. Adicionalmente, el valor nutraceutico del tomate se asocia a su contenido de vitaminas, polifenoles y carotenoides [8], por lo que el consumo de este alimento ofrece una alternativa deliciosa y nutritiva. Debido a todas estas ventajas, el objetivo de este trabajo es hacer una revisión de las características y propiedades del tomate cherry negro para dar un marco general de la factibilidad de su producción y sus beneficios a la salud

humana, con el propósito de incrementar y popularizar su consumo por ser un producto nutraceutico.

IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL TOMATE

El tomate, o jitomate, tiene su origen en el continente americano y, aunque no se conoce el punto donde se domesticó, tiene dos puntos históricos de difusión. El primero se encuentra en la zona de los Andes, donde investigadores sospechan que se originó [9], [10]. El segundo se ubica en México, después de la conquista española, ya que desde allí se introdujo en Europa como planta de ornato. Así, durante los siguientes 200 años se le atribuyeron poderes mágicos e incluso se creyó que era algún tipo de manzana, pero no fue sino hasta el siglo XVIII que se le consideró como alimento y su producción se extendió por el mundo, donde las diferentes variaciones ambientales, de suelo, y de relaciones entre seres vivos han dado lugar a dos cosas: la proliferación de diversas variedades de tamaños y colores de tomate (Fig. 1) y, por otra parte, el comercio de semillas mejoradas con primitivas técnicas de propagación y selección [10].



Figura 1. Variedades de tomate cherry negro: A) *Indigo cherry drops*, B) *Indigo rose* y C) *cherry negro*.

A la par del crecimiento de la importancia y extensiones cultivadas del tomate, comenzaron a surgir patógenos y plagas, lo que acrecentó la demanda de variedades resistentes. En el año 1934, salió al mercado la variedad resistente a *Cladosporium fulvum*. Pese a que esta variedad no generaba mucho rendimiento, marcó las pautas de los derechos

de propiedad sobre cultivares nuevos, así como el surgimiento de híbridos resistentes a enfermedades, lo que provocó el incremento de los rendimientos durante el resto del siglo XX y hasta la fecha [10].

El tomate no sólo fue clave para el desarrollo de tecnologías de fitomejoramiento, sino también es precursor de nuevos métodos de producción, transporte, almacenamiento y tratamiento posterior a la cosecha que, progresivamente, lo han posicionado como la hortaliza con mayor demanda, distribución y venta en el mundo [11].

En 2018, la producción a nivel mundial de tomate se calculó en 423.3 millones de toneladas en un área cosechada de 3,496 millones de ha, con un valor bruto de \$190.4 billones de USD entre productores e importadores, con un incremento de 6.5 % respecto al año anterior (Fig. 2). El tomate representó el 8.09 % de la producción mundial de alimentos. En cuanto a su consumo internacional, China es el principal consumidor de este cultivo, a su vez, en el mismo año fue el primer productor, con 25.5 % de la producción mundial, seguido de India y Estados Unidos de América. Éste último es el mayor importador del producto. Por otro lado, México ocupó la novena posición de países productores, con el 1.9 % de participación; sin embargo, fue el mayor exportador en el mundo en términos de volumen, tanto así, que abarcó el 91.1 % de las importaciones de tomate de EE.UU [3]. Países Bajos se colocó en la segunda posición como exportador en términos de volumen, y el primero en términos de valor de ventas [12].

La producción agrícola primaria en México asciende a 41.33 trillones de USD [13], la tasa de crecimiento anual del valor agregado fue de 2.38 % y la aportación al PIB de la agricultura, silvicultura y pesca fue del 3.39 % en 2018 [14]. El tomate es el cuarto cultivo en importancia nacional, con un 4.3 % de la producción total. Este fruto tuvo una producción máxima histórica de 3.47 millones de toneladas en 2017 (Fig. 3.A). La cantidad de tomate exportado se ha comportado de

manera muy similar a la producción, que ha conservado cierta constancia, a diferencia de la superficie cultivada, que ha tenido múltiples cambios en el mismo periodo de tiempo. La cantidad de tomate rojo importado ha tenido valores insignificantes, por lo que se descartan de la gráfica (Fig. 3.A). La producción en 2017 tuvo un valor en la producción de 25.483 mdp y un crecimiento del 3.6 % anual en la producción nacional. Los principales estados productores fueron Sinaloa (27 %), San Luis Potosí (9.8 %), Michoacán (7.3 %), Jalisco (6.3 %) y Zacatecas (5.6 %) [12].

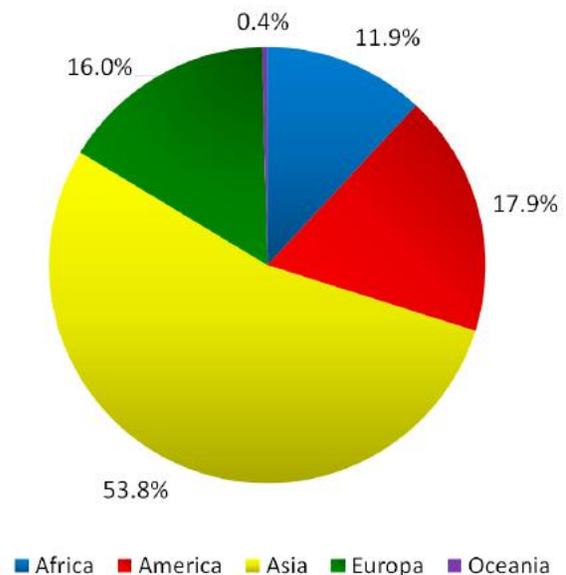


Figura 2. Porcentaje de producción mundial promedio por región de tomate rojo de 1994 a 2018 [3].

En 2017, de las 50,373 ha cultivadas de tomate, se logró una producción máxima histórica de 3.47 millones de toneladas, producto de una tasa promedio de crecimiento anual del 3.6 % en la última década, con una tendencia actual a la alza desde 2013 [15]. De la superficie señalada, 35,175 ha se cultivaron a Campo Abierto (CA), mientras que 15,198 ha, bajo Agricultura Protegida (AP) en el mismo año. Ambos modelos de producción han tenido diferentes tasas de crecimiento en la última década (Fig. 3.B), la producción a CA se ha reducido en promedio un 5.9 % cada año; de 64,663 ha cultivadas en 2007 a 35,175 ha para 2017. Mientras tanto, la producción bajo



AP se ha incrementado en promedio un 22.7 % cada año, pasando de 1,973 a 15,198 ha en el mismo periodo [12].

La diferencia entre los tipos de producción ha contribuido a remarcar la brecha del precio medio al que se paga el tomate rojo en el país (Fig. 4), y también ha ayudado a precisar las variedades de tomate que se prefieren cultivar, principalmente, por la relación costo-beneficio y la capacidad técnica para asegurar la producción. Por ejemplo, del total de la producción en 2017, la especie Saladette representó el 83.6 %, el tomate bola el 12.8 % y el cherry solo el 2.6 %, aproximadamente 90.22 miles de ton, de las cuales 17.05 miles de ton se produjeron en CA, mientras que 73.17 miles de ton fueron producidas bajo AP. Los principales productores nacionales fueron Jalisco (25.7 %), Guanajuato (19.4 %), Colima (13.8 %) y Sonora (10.1 %) [12].



Figura 3. A) Histórico de exportación, importación y producción anual en toneladas, y área cosechada en ha al 2017 [3]. B) Superficie sembrada de tomate rojo a Campo Abierto y Agricultura Protegida [3].

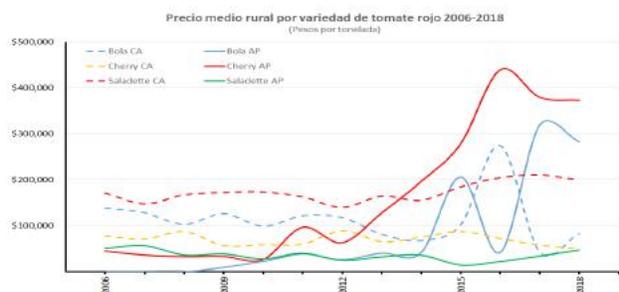


Figura 4. Precio medio histórico en moneda nacional por tonelada de las variedades de tomate rojo bajo los tipos de producción: Campo Abierto (CA) y Agricultura Protegida (AP) [12].

Un factor importante para la producción de tomate es el ciclo de cultivo. Según [16], durante 2018, el ciclo primavera-verano aportó el 44.2 % de la producción nacional, por otro lado, el ciclo otoño-invierno aportó el 55.8 %. Se considera que Sinaloa fue el estado que más aportó a la producción y disponibilidad nacional [16] aunque, por la calidad de sus cosechas, los estados de Michoacán, Jalisco y Querétaro se han enfocado a la exportación. Gracias a su avance en el cultivo de invernaderos, y a una eficiente aplicación de programas de control de plagas y enfermedades, los estados que se han posicionado con los mayores rendimientos son Querétaro, Puebla, Nuevo León y Coahuila [12].

En la producción en AP, la variedad cherry ha reportado incrementos en el rendimiento promedio en los últimos cinco años: bajo invernadero (77 %) y malla sombra (39 %), siendo 2015 el mejor año, con valores de 1188.55 y 203.05 ton/ha respectivamente, contra las 540.98 y 119.44 ton/ha cosechados un año antes [16]. En este régimen de cultivo se recomienda el uso de híbridos de crecimiento indeterminado a un solo tallo pues, sin importar el comportamiento variado en cada región del país por la cantidad de luz recibida y la capacidad de adaptación a las condiciones climatológicas, se permite reducir esta brecha [17]. Las variedades de tomate cherry que han tenido más promoción en México son: *Sakura*, *Tomagino*, *Amaretto*, *Olene*, *Shiren*, *Felicity*, *Camelia*, *Tymoy*, *Dana*, *Luciplus*, *Lucinda*, *Olivia*, *Solana*, *Limoncito*, *Romanita* y *Honey Drop*. La demanda de estas variedades se debe a que manejan un paquete de resistencias diferentes que se adapta a las diversas condiciones del territorio nacional [18], [19]. Respecto a cultivos establecidos de tomate cherry negro en el país, no hay registros fidedignos que se puedan reportar, pero su comportamiento de desarrollo no difiere del resto. Aunque la producción nacional de tomate cherry empieza a tener relevancia, hasta el momento no hay datos reportados de este cultivo y sus variedades en fuentes oficiales. En resumen,

es necesario darle mayor importancia, dado que es un producto altamente cotizado para exportación, con rendimientos elevados y de interés en el consumo nacional [14].

GENERALIDADES MORFOLÓGICAS DEL TOMATE CHERRY NEGRO

La planta del tomate es perene, de porte arbustivo y se desarrolla de formas distintas: rastrera, semi-erecta o erecta [10]. Es de crecimiento ilimitado (indeterminado) y su sistema radicular consiste de una raíz principal corta y débil, pero se complementa de raíces secundarias y adventicias mucho más numerosas y potentes. La raíz principal puede medir hasta cincuenta centímetros de largo, en cambio, las mayoría de las raíces secundarias no rebasan los veinte o treinta centímetros de profundidad [10].

El tallo principal se define como un eje herbáceo cuyo grosor puede oscilar entre 2 y 4 cm en la base, y se extiende por el resto de la planta. Consiste en una superposición de simpodios sobre los cuales brotan y crecen las hojas y los tallos secundarios e inflorescencias (Fig. 5A). En la sección distal se ubica el meristemo apical, que es la zona donde se desarrollan los primordios foliares y florales que van marcando la pauta de desarrollo vegetativo. A lo largo del tallo principal, en cada peciolo, suele brotar un tallo secundario con sus propias hojas e inflorescencias, que a su vez puede generar más tallos de forma constante, limita el crecimiento de la planta y disminuye el rendimiento [10].

La hoja es compuesta e imparipinnada, con foliolos peciolados, lobulados y de bordes dentados que se distribuyen sobre la longitud del tallo. Por otro lado, la flor se integra de cinco o más sépalos y pétalos amarillos, es regular e hipógina, y está dispuesta con forma helicoidal a intervalos de 135 grados; contiene cinco estambres soldados alternados con los pétalos, que forman un cono estaminal que envuelve al gineceo con un ovario bi o plurilocular. Las flores están

agrupadas en inflorescencias de tipo racimoso (dicasio). La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal. La flor se une al eje floral mediante un pedicelo articulado grueso con un pequeño surco originado en el espesor del córtex, generando una reducción. Estas inflorescencias se presentan cada dos o tres hojas en las axilas [10].

El tomate es una baya bilocular o plurilocular, su peso oscila alrededor de los cuarenta gramos y está formado por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas (Fig. 5B). Cuando comienza la formación del fruto, éste es de color verde y progresivamente adquiere una tonalidad púrpura; conforme se acerca al estado de maduración comienza una segunda pigmentación de color rojo (Fig. 6A). El estado de madurez se indica a través de la manifestación del color rojo oscuro. El tomate se separa por la zona de abscisión del pedicelo para su cosecha [10], la semilla del tomate cherry negro (Fig. 6B) es de forma discoidal, de máximo 5 mm de largo, 4 mm de ancho y 2 mm de profundidad, un millar de semillas pesa aproximadamente 2 g. Dentro de ella contiene al embrión en un acomodo en espiral, mientras que el endospermo lo retiene. La viabilidad de una semilla es entre 3 y 5 años, todo esto depende de la variedad y el cuidado, pero se puede conservar hasta por 15 o 30 años, pero con una reducción de su tasa de viabilidad a 59 % [10].

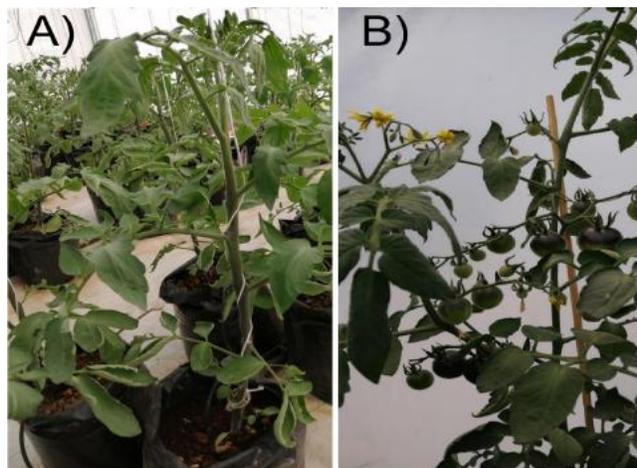


Figura 5. A) Planta de tomate cherry negro con crecimiento de 12 semanas. B) Planta de tomate cherry negro con crecimiento de 16 semanas con flores y frutos en diferentes etapas de desarrollo.



Figura 6. A) Plantas de 16 semanas de desarrollo con racimos de tomate cherry negro en la primera transición de pigmentación de verde a púrpura. B) Semillas de tomate cherry negro después de 24 horas en un proceso de embebido; ya se encuentran en la etapa de germinación.

CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL TOMATE CHERRY NEGRO

Son diversos los factores ambientales que pueden afectar el desarrollo del cultivo de tomate cherry. En condiciones de AP [10], se recomienda cubrir los siguientes factores para un desarrollo productivo adecuado que proporcione resultados óptimos:

Para un idóneo crecimiento radicular, el tomate necesita una profundidad de suelo entre 40 y 60 cm que sea fácilmente penetrable por la raíz.

En cuanto a la comodidad del manejo del cultivo, el sustrato debe mantenerse inerte durante el ciclo, igualmente, libre de otros microorganismos que puedan competir por los recursos del suelo e infectar el cultivo.

Respecto a las propiedades físicas, el sustrato debe contener un volumen de agua equi-

valente a entre 20 y 30 % de su volumen total. Además, suficiente capacidad de aireación entre el 30 y 40 % del volumen total; se sugiere que sea suficientemente poroso para impedir la compactación del suelo.

En el aspecto químico, se recomienda que el suelo tenga un pH que oscile entre 6 y 6.5, al igual que una nula o muy baja capacidad de intercambio catiónico, así como bajos niveles de salinidad y erosión [10].

El cultivo requiere de una luminosidad natural con periodos mínimos de 12 horas al día. A lo largo del ciclo, se requieren intervalos específicos de temperatura para cada fase; de forma general, para un cultivo óptimo se recomienda un intervalo de temperatura nocturno entre 15 – 18 °C y durante el día de 28 – 30°C, lo que evita abortos en las flores u otros daños asociados. Al mismo tiempo, se recomienda una humedad relativa del ambiente entre 50 y 60 %, para evitar la aparición de enfermedades o daños al fruto por exceso de vapor de agua [10].

Una recomendación para facilitar el manejo del cultivo de jitomate cherry, es por medio de los ganchos de tutoreo de 0.30 m de longitud, cada uno con aproximadamente 6 m de rafia enrollados. Es necesario que el equipo se encuentre previamente desinfectado con sales cuaternarias de amonio en un período de 24 horas (Fig. 7). Es importante aclarar que la rafia debe sujetarse a la base del tallo con anillos de tutorado [10].

Durante el crecimiento del cherry, debe definirse el número de tallos y la producción deseables. En las plantas de un solo tallo, es importante eliminar los brotes auxiliares para evitar alteraciones en el desarrollo del cultivo, éstos se remueven cuando tienen una longitud de 2 a 5 cm de largo, ya que pueden afectar el estado de nutrición o generar una especie de lucha por los recursos entre los tallos de una misma planta que genera un desbalance en los requerimientos de nutrición [10].



Figura 7. Cultivo de tomate cherry negro ya establecido con 12 semanas de crecimiento.

Cuando hayan brotado las flores, la polinización puede hacerse de manera indirecta o cruzada. Convencionalmente se introduce una colmena a partir de la primera semana de floración y durante 6 semanas más de actividad, pero también es posible polinizar mediante el uso de ventiladores entre las filas del cultivo. El raleo en flores y frutos se realiza para fomentar el crecimiento uniforme de tamaño de los frutos. Desde el plan de manejo del cultivo, se decide el número de frutos por racimo que habrá, así que los excesos de flores en los racimos y flores sin cuajar se remueven al momento de su detección. También deben removerse los frutos mal formados y los que presenten retraso significativo de crecimiento en relación con el resto; asimismo, han de extraerse las hojas senescentes encontradas debajo del primer racimo floral para prevenir el surgimiento de enfermedades [10].

Es importante manejar un programa de control de plagas y enfermedades, establecer trampas para el monitoreo de insectos y comprender los hábitos de desarrollo de enfermedades para detectarlas y actuar antes de comprometer el desarrollo del cultivo o la producción [10].

COMPUESTOS BIOACTIVOS

Tanto dentro de los seres vivos como fuera de ellos existen moléculas químicas con uno o más electrones sueltos en su estructura, que poseen la capacidad de intervenir en cualquier reacción bioquímica con la que tengan cercanía, alterando el resultado y generando aún más moléculas con electrones libres. Aunque estas intervenciones son muy breves, son capaces de generar graves daños al interior de los seres vivos. Dichas moléculas, conocidas como radicales libres, son producidas por la actividad de las especies reactivas de oxígeno (ROS, por sus siglas en inglés) dentro de los organismos. Los ROS participan en los diversos procesos de señalización celular de los seres vivos, pero también provienen del ambiente que permea al interior de los organismos [20]. El mecanismo de defensa ante el estrés generado por ataques de los ROS provoca que las plantas generen sustancias captadoras de radicales libres conocidas como fitoquímicos. La acumulación de los componentes fitoquímicos sirve como referente de la calidad del fruto, ya que ellos le otorgan sus colores, aromas y sabores tan específicos, además de determinar su contenido nutricional, que puede incrementar la preferencia del consumidor [21].

Compuestos fenólicos

Entre las sustancias fitoquímicas de mayor importancia están los compuestos fenólicos, moléculas con uno o más grupos hidroxilos añadidos a un anillo aromático. Todas estas sustancias tienen participación en el desarrollo y reproducción de las plantas, sin embargo, se destacan más como mecanismos de protección contra los patógenos vegetales, la radiación ultravioleta y los depredadores, mediante la reorganización de los sistemas de defensa para así eliminar rápidamente los ROS de su interior y corregir los daños ocasionados. Se distinguen hacia el exterior por la apreciación organoléptica y los estándares de calidad de cada fruto [5], [22].



Tanto la presencia como la acumulación de los compuestos fenólicos en el fruto llegan a variar significativamente por factores internos y específicos de la genética de la planta; del mismo modo, por la interacción con el medio en el que se cultiva, las prácticas agrícolas, las condiciones del suelo, el grado de maduración en el que se encuentra cuando es cosechado, las condiciones posteriores a la cosecha y los tratamientos a los que se someta para darle un mayor valor agregado [23], [24]. Para cuantificarlos en el laboratorio, se utilizan diferentes reactivos equivalentes que varían dependiendo del protocolo utilizado.

Los tomates, al formar parte de la dieta de los seres humanos, cuando son ingeridos transfieren sus compuestos fenólicos y su capacidad de respuesta contra los ataques de los ROS hacia el cuerpo del consumidor; tales compuestos amplían las líneas de defensa contra diversos padecimientos generados por ROS que llegan a comprometer la salud del ser humano. Los compuestos fenólicos más destacados en el tomate son los polifenoles, los flavonoides, las antocianinas y los carotenoides.

a) Polifenoles

Los compuestos fenólicos son fitoquímicos constituidos por un anillo aromático y al menos un hidroxilo; gracias a su grupo para-hidroxilo, son capaces de eliminar radicales libres [25]. Son elementos importantes en los factores de protección de las plantas y su concentración depende de las condiciones de los cultivos, maduración, temporalidad y manipulación poscosecha [26]. La composición típica de fenoles en frutos maduros de tomate rojo varía dependiendo del fenol; por ejemplo, la *Naringenina chalcona* se encuentra entre 0.9 – 18.2 mg; quercetina, entre 0.7 – 4.4 mg; rutina, entre 0.5 – 4.5 mg; ácido clorogénico, entre 1.4 – 3.3 mg; ácido caféico, entre 0.1 -1.3 mg; naringenina, entre 0 -1.3 mg; y Kaempferol-3-rutinoside, entre 0 – 0.8 g; todas las cantidades calculadas en 100 g de peso fresco (PF) [8]. En su reporte, [27], detectaron hasta 3.84 mg equivalentes

de ácido tánico/100 g de peso seco (PS) en la variedad tomate cherry rojo. Por su parte, [28], resalta un valor de 46.86 mg equivalentes de ácido gálico (GAE por sus siglas en inglés) /100 g de PF para las variedades de cherry café que estudiaron. Por otro lado, [21] identificaron la variedad del cherry rojo con 565.4 mg GAE/100 g de PS, al cherry amarillo con 678.8 mg GAE/100 g de PS y a la variedad cherry negro Kumato con solo 46.8 mg GAE/100 g de PS. Otros valores de polifenoles menos destacados se presentan en la Tabla 1.

Los polifenoles en general están asociados a diversos beneficios a la salud humana, ya que sus estructuras otorgan diversas funciones antioxidantes, antiinflamatorias, hepatoprotectoras, cardioprotectoras, hipoglucemiantes, antimutagénicas y antimicrobianas, además de ser agentes antivirales [23]. Por otra parte, se asocian al combate de padecimientos cardiovasculares como obesidad y diabetes tipo II, enfermedades neurodegenerativas, el cáncer y el envejecimiento [25], [29], [30]. En el trabajo con ratones de [31], los fenoles presentes en el vinagre de tomate redujeron la resistencia a insulina mediante AMPK/glucosa mediada por el Receptor Alfa Activado por el Proliferador de Peroxisomas (PPAR α). Respecto a enfermedades inflamatorias crónicas, [32] comprobó las propiedades antiinflamatorias de los polifenoles.

b) Flavonoides

Los flavonoides (C₆-C₃-C₆) constituyen el grupo más grande de compuestos fenólicos naturales (cerca de 10,000) y funcionan como agentes defensivos de las plantas a través de su actividad antifúngica, insecticida y alelopática [33]; en los frutos, contribuyen a la determinación del aroma, la fragancia y el color [25]. En su estudio con diferentes variedades de tomate cherry, [22] mencionan un promedio de 2.43 mg de catequina equivalentes (CAT, por sus siglas en inglés) /100 g de PS, pero la más destacada fue la variedad Olleh-

TY con 2.65 mg CAT/100 g de PS. Por su parte, [21] reporta 25.59 mg de CAT/100 g de PS para la variedad de cherry rojo, 35.15 en cherry amarillo y 31.79 en la variedad de cherry negro Kumato.

Los flavonoides tienen la función de señalización entre autótrofos y heterótrofos (simbiosis, patogénesis, alimentación y oviposición), y pueden usarse como antídotos contra fungicidas, herbicidas y venenos de serpiente, y como inhibidores enzimáticos diversos [33]. La quercetina, el kaempferol y la narigenina, han sido efectivas contra la línea celular Hepa-1c1c7 de cáncer de hígado en ratones, y la línea celular LNCaP de cáncer prostático en humanos [29]; de esa manera, son análogos de los esteroides en la formación de estrógenos, disfunción de la membrana celular y regulación de la proliferación celular [8]. Por otro lado, la rutina, la quercetina y los glucósidos de quercetina y resveratrol ejercen actividad antiinflamatoria en el intestino humano, que evita la absorción prematura de aglicona y la liberan en el colón [29]. En su trabajo de [34] con ratas diabéticas, el kaempferol mejoró la insulina, de dicha forma logró una regulación negativa de la Quinasa I κ B (IKK), y posteriormente la activación del Factor Nuclear Kappa-beta (NF- κ B). En otro trabajo con rutina, o vitamina P, mostró tener un efecto anticancerígeno y redujo la fragilidad de los vasos sanguíneos [35]. La quercetina aporta varios beneficios relacionados con el corazón y efectos antiinflamatorios, antiagregantes y vasodilatadores *in vivo* [36]. Respecto a la artritis reumatoide, flavonoides, como la rutina, la quercetina, el resveratrol y la catequina, lograron la inhibición de la diferenciación entre osteoclastos y macrófagos, así como la modulación de estrógenos [25].

c) Antocianinas

Las antocianinas son los flavonoides pigmentados vegetales responsables de las tonalidades rojas, azules y moradas en las plantas. Se acumulan generalmente en la piel de las

frutas azules, como protección de los rayos UV emitidos por el sol [5], [25]; en el caso de los tomates cherry, se han detectado en cantidades mínimas. Estudios realizados en Italia [21] reportaron las concentraciones de antocianinas en las variedades de tomate cherry rojo, amarillo y negro Kumato con valores de 14.25, 23.14 y 11.53 mg equivalentes de Cianidina-3-Glucósido (Cy-3-G, por sus siglas en inglés) /100 g PS, respectivamente. En Japón, estudios con tomates cherry de la variedad *Indigo Rose* encontraron 17 mg/g de extracto en fresco en la piel, mientras que en la pulpa se encontraron 0.1 mg/g de extracto en fresco; en las semillas no se detectaron [5]. Los efectos de las antocianinas sobre la salud humana se han identificado en la expresión de adiponectina, lo que incrementa la sensibilidad de los adipocitos hacia la insulina, esto regula la obesidad en el cuerpo humano. Igualmente, la ingesta de extractos con antocianinas mejora el rendimiento cognitivo y motriz en animales [25], mientras que [37] explica la actividad antioxidante, antiinflamatoria y cardioprotectora que las antocianinas pueden tener.

d) Carotenoides

Los carotenoides son pigmentos tetraterpenos liposolubles. A este grupo pertenecen varias agrupaciones precursoras de la vitamina A, como la criptoxantina y el caroteno, y también las no precursoras, por ejemplo, el licopeno o la luteína. Los carotenoides son sintetizados en las hojas, flores y frutos, tales componentes bioactivos participan en las funciones fotosintéticas de las plantas mediante la protección contra los daños causados por la luz solar en las hojas; las xantofilas violaxantina y neoxantina proporcionan la coloración amarilla a las flores y el licopeno le da la coloración roja al fruto [8]. Se han identificado cerca de 600 carotenoides en la naturaleza, y de éstos, aproximadamente 40 están presentes en los alimentos consumidos por humanos [25]. En frutos maduros de tomate rojo, la composición típica de ca-



rotenoides varía de acuerdo a la variedad y el ambiente, por ejemplo, el licopeno se encuentra entre 7.8 – 18.1 mg, el fitoeno entre 1.0 – 2.9 mg, el fitoeflueno entre 0.2 – 1.6 mg, el β -caroteno entre 0.1 – 1.2 mg, el g-caroteno entre 0.05 -0.3 mg, el δ -caroteno entre 0 - 0.2 mg, y la luteína a 0.09 g, todos en 100 g de PF [8].

En análisis anteriormente realizados en tomates cherry, se han contabilizado en promedio 7.87 mg de licopeno/100 g de PS en el mismo grupo de híbridos H13 [27], pero la mayor concentración se encontró en la variedad H13-39, con 16.54 mg de licopeno (Lyc) /100 g de PS. Otros colaboradores [21] reportan concentraciones de 10.57 mg de Lyc/100 g de PS y 1.04 mg de β -Caroteno (β -CAR) /100 g de PS en tomate cherry rojo; para el tomate cherry amarillo reportan 0.11 mg Lyc/100 g de PF y 0.93 mg β -CAR/100 g de PS, en el mismo trabajo pero en la variedad de cherry negro Kumato, obtuvieron valores de 6.02 mg Lyc/100 g de PS y 3.18 mg de β -CAR/100 g de PS.

Otra investigación en tomate cherry [22] reporta 3.56 mg de β -CAR/100 g PS en la variedad Rubyking. Por otro lado, [28] expone valores de 0.54 mg de β -CAR/100 g PF en la variedad de cherry café, y 4.31 mg Lyc/100 g PF en la diversidad del cherry rojo. Los estudios hechos en Japón en el tomate cherry azul hallaron por HPLC 1.13 en la piel, 0.05 en semilla y 0.68 en la pulpa mg Lyc/g de extracto en fresco, mientras que de β -caroteno, los valores medidos fueron solamente en semilla con 0.02 mg/g de extracto en fresco, pero no fue detectado en pulpa y en piel [5]. Otros valores de carotenoides menos destacados se presentan en la Tabla 1.

En los aportes de los carotenoides a la salud humana, [25] relaciona la presencia de carotenoides como estimulantes del sistema inmunitario y actividad antitumoral. Por su parte, [29] habla de la participación del licopeno para disminuir e incluso extinguir la formación de Especies Reactivas de Nitrógeno y ROS, que son claves en el desarrollo del cáncer.

Tabla 1. Cuantificación de fitoquímicos y actividad antioxidante de diferentes variedades de tomate *cherry*. * se usó PF. ** mg Equivalentes de Ácido Tánico.

| | Variedad | Polifenoles (mg EGA/100 g) | Flavonoides (mg CAT/100 g) | Antocianinas (mg Cy- 3-G/100 g) | Carotenoides | | AOX (μ mol Trolox/g) | | |
|------|------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|----------------|--------------------------|---------------------------|-------|-------|
| | | | | | mg Lyc/100 g | mg β -CAR/100 g | DPPH | ABTS | FRAP |
| [28] | Cherry rojo | 44.01* | - | - | 4.31* | 0.38* | 26.06* | - | - |
| | Cherry café | 46.86* | - | - | 0.84* | 0.54* | 27.66* | - | - |
| | Beefsteak café | 32.38* | - | - | 1.05* | 0.167* | 16.61* | - | - |
| [22] | Olleh-TY | 264.44 | 2.65 | - | - | 1.64 | 21.04 | 0.23 | - |
| | TY-605 | 290.22 | 2.5 | - | - | 2.7 | 27.74 | 61.17 | - |
| | Rubyking | 252.89 | 2.5 | - | - | 3.56 | 20.39 | 57.92 | 22.91 |
| [27] | H13-39 | 2.57** | - | - | 16.54 | - | - | 34.75 | - |
| [21] | Cherry rojo | 565.4 | 25.59 | 14.25 | 10.57 | 1.04 | - | - | - |
| | Cherry amarillo | 678.8 | 35.15 | 23.14 | 0.11 | 0.93 | - | - | - |
| | N egro Kumato | 46.8 | 31.79 | 11.53 | 6.02 | 3.18 | - | - | - |
| [5] | Indigo Rose | - | - | 17 | 0.02 (semilla) | - | 2.46 (piel) | - | - |

Actividad antioxidante

Es posible medir la actividad de los compuestos fenólicos hacia la inhibición de los radicales libres, tasa que recibe el nombre de actividad antioxidante. Una herramienta para medirla con mayor precisión, es el indicador Trolox, un análogo ya estandarizado para cada técnica de cuantificación. En el tomate, esta actividad puede variar por diversos factores que interactúan entre sí, desde la carga genética contenida en el ADN del tomate hasta el entorno y las prácticas culturales, estos factores suelen generar variaciones en la estructura química de los compuestos fenólicos, la ubicación de los compuestos en alguna parte de la planta y la concentración de éstos, así como la interacción entre ellos. Todas estas variaciones modulan la actividad antioxidante total [25], [38].

En el trabajo de [27], se reportan 60.60 μmol Trolox Equivalentes (μmol TE por sus siglas en inglés) /g PS en la variedad tomate cherry rojo H13-31 con la prueba ABTS. Por su parte, [22] realizaron pruebas tanto con DPPH como con ABTS y FRAP; las variedades más destacada fueron la TY-605 para las primeras dos pruebas, con valores de 21.74 y 61.17 μmol TE/g PS respectivamente, y la variedad Rubyking en la prueba FRAP, con 22.91 μmol TE/g PS. [5] observaron que la actividad antioxidante del radical ABTS en la piel fue de 2.46 μmol TE/100 mg; en pulpa 0.53 μmol TE/100 mg, y en las semillas 0.16 μmol TE /100 mg, constituidos por 13.1 μmol TE/ μmol de petunidina-3-glucósido y 10.3 μmol TE/ μmol de petunidina en tomate cherry azul. El IC₅₀ de la inhibición de DPPH fue 536.2 $\mu\text{g}/\text{ml}$ en piel, 857.6 $\mu\text{g}/\text{ml}$ en pulpa y 930.9 $\mu\text{g}/\text{ml}$ en semilla de tomate cherry azul [5]. En el trabajo de [28], se reportan valores de 27.66 μmol TE/g PF en la variedad de cherry café. Otros valores de actividad antioxidante menos destacados se presentan en la Tabla 1.

La actividad antioxidante en las plantas les permite reorganizar su sistema de defensa para así eliminar rápidamente los ROS

por vías enzimáticas y no enzimáticas [29]. En seres humanos, se ha demostrado la interacción de los compuestos fenólicos del tomate con su actividad antioxidante en la carcinogénesis, la inhibición de fibrosarcomas y la actividad de la adenosina desaminasa en tejidos prostáticos, así como en la protección contra la oxidación del ADN provocada por hierro a baja concentración [29]. La actividad antioxidante del licopeno tiene repercusión en tratamientos de cáncer de próstata metastásico y la inhibición de cáncer de mama, colorrectal, endometrial, pulmonar, oral y pancreático [25].

CONCLUSIONES

El tomate cherry negro es un alimento ya posicionado en el mercado nacional como un producto gourmet. Su producción no exige condiciones especiales, como manejo nutricional o clima controlado, que lo hagan más demandante que el resto de las variedades de tomates cherry, mismas que han probado la generación de rendimientos económicamente más rentables, y han incrementado su producción cada año durante la última década. Además, si al adecuado manejo del cultivo se le añadieran técnicas de elicitación idóneas, en la misma superficie cultivada se podría aumentar todavía más la variedad y concentración de diversos compuestos fitoquímicos que pueden aportar mayor vida poscosecha.

La presencia de compuestos fenólicos en el tomate cherry negro no se ha investigado lo suficiente en cuanto a su siembra, germinación y desarrollo como para tener comparativos más dignos contra otras variedades. La amplia diversidad de compuestos fenólicos que se pueden encontrar en esta variedad de tomate le otorga de un sabor, olor, textura y color que la hacen destacarse del resto. Asimismo, las interacciones sinérgicas entre estos compuestos elevan potencialmente su capacidad antioxidante. Dichas cualidades distinguen al tomate cherry ne-



gro como un complejo alimento con mucho potencial que podría ayudar a disminuir, e incluso mitigar, los daños ocasionados por enfermedades crónico-degenerativas y, además, de una manera deliciosa.

REFERENCIAS

[1] J. J. Soriano, "Tomates, con marca registrada El caso del Kumato®," *Soberanía Aliment. Biodivers. y Cult.*, vol. 1, no. 17, pp. 27–32, 2014.

[2] T. Lin *et al.*, "Genomic analyses provide insights into the history of tomato breeding," *Nat. Genet.*, vol. 46, no. 11, pp. 1220–1226, 2014.

[3] FAOSTAT, "Data Indicators," 2020.

[4] H. E. Khoo, A. Azlan, S. T. Tang, and S. M. Lim, "Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits," *Food Nutr. Res.*, vol. 61, no. 1, p. 1361779, 2017.

[5] E. Ooe *et al.*, "Analysis and characterization of anthocyanins and carotenoids in Japanese blue tomato," *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, vol. 8451, pp. 1–9, 2016.

[6] A. Santini and E. Novellino, "Nutraceuticals - shedding light on the grey area between pharmaceuticals and food," *Expert Rev. Clin. Pharmacol.*, vol. 11, no. 6, pp. 545–547, 2018.

[7] D. Li, P. Wang, Y. Luo, M. Zhao, and F. Chen, "Health benefits of anthocyanins and molecular mechanisms: Update from recent decade," *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, vol. 57, no. 8, pp. 1729–1741, 2017.

[8] R. Martí, S. Roselló, and J. Cebolla-Cornejo, "Tomato as a source of carotenoids and polyphenols targeted to cancer prevention," *Cancers*, vol. 8, no. 6, pp. 1–28, 2016.

[9] Cámara de Comercio de Bogotá CCB, "Manual Tomate," *Programa Apoyo Agrícola Y Agroindustrial Vicepresidencia Fortalec. Empres. Cámara Comer. Bogotá*, pp. 1–56, 2015.

[10] E. Heuvelink, *Tomatoes*. Wageningen University & Research, 2018.

[11] R. G. Suthar, J. I. Barrera, J. Judge, J. K. Brecht, W. Pelletier, and R. Muneeppeerakul, "Modeling postharvest loss and water and energy use in Florida tomato operations," *Postharvest Biol. Technol.*, vol. 153, no. March, pp. 61–68, 2019.

[12] F. I. en R. con la A. FIRA, "Panorama Agroalimentario," *Panor. Agroaliment.*, 2019.

[13] data accounts World Bank national and data files OECD National Accounts, "Agriculture, forestry, and fishing, value added (current US\$)," 2020.

[14] data accounts World Bank national and data files OECD National Accounts, "Agriculture, forestry, and fishing, value added (annual % growth)," 2020.

[15] S. I. A. P. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, "Tomate Rojo (Jitomate)," *Av. Siembras y Cosech.*, p. <https://www.gob.mx/siap>, 2020.

[16] SADER, "Reporte del mercado de tomate rojo," pp. 1–20, 2019.

[17] E. Velasco Hernández, R. N. Nieto Ángel, and E. R. López, "El Cultivo del Tomate," no. January 2012, pp. 5–12, 2011.

[18] S. A. de C. V. Enza Zaden México, "Vitalis Semillas Orgánicas," 2018.

[19] L. Hazera Seeds, "Tomates Cherry," *Hazera Mex.*, 2018.

[20] S. Gilroy *et al.*, "ROS, Calcium, and Electric Signals: Key Mediators of Rapid Systemic Signaling in Plants," *Plant Physiol.*, vol. 171, no. 3, pp. 1606–1615, 2016.

[21] D. Giosanu and L. E. Vijan, "Appreciation Of Quality For Some Tomatoes Varieties By Using The Determination Of Physical-Chemical Parameters," *Curr. Trends Nat. Sci. Curr.*, vol. 5, no. 10, pp. 38–45, 2016.

[22] S. R. Bhandari, Y. Chae, and J. G. Lee, "Assessment of phytochemicals, quality attributes, and antioxidant activities in commercial Tomato cultivars," *Hortic. Sci. Technol.*, vol. 34, no. 5, pp. 677–691, 2016.

[23] R. Ilahy, M. W. Siddiqui, I. Tlili, C. Hdider, N. Khamassy, and M. S. Lenucci, *Biofortified Vegetables for Improved Postharvest Quality: Special Reference to High-Pigment Tomatoes*. Elsevier Inc., 2018.

- [24] P. Riga, "Effect of rootstock on growth, fruit production and quality of tomato plants grown under low temperature and light conditions," *Hortic. Environ. Biotechnol.*, vol. 56, no. 5, pp. 626–638, 2015.
- [25] A. Raiola, M. M. Rigano, R. Calafiore, L. Frusciante, and A. Barone, "Enhancing the health-promoting effects of tomato fruit for biofortified food," *Mediators Inflamm.*, vol. 2014, 2014.
- [26] L. Garcia-mier, S. N. Jimenez-garcia, R. G. Guevara-gonzález, A. A. Feregrino-perez, L. M. Contreras-medina, and I. Torres-pacheco, "Elicitor mixtures Compounds Significantly Increase Bioactive compounds, Antioxidant Activity, and Quality Parameters in Sweet Bell Pepper," *J. Chem.*, vol. 2015, pp. 1–8, 2015.
- [27] M. T. Martínez-Damian, J. E. Rodríguez-Pérez, O. Cruz-Alvarez, and M. T. B. Colinas-León, "Rendimiento y calidad fisicoquímica en líneas experimentales de solanum lycopersicum var. cerasiforme cultivadas con diferentes niveles de conductividad eléctrica," *Chil. J. Agric. Anim. Sci.*, vol. 34, no. 2, pp. 152–164, 2018.
- [28] A. C. Oluk *et al.*, "Biochemical characterisation and sensory evaluation of differently coloured and shaped tomato cultivars," *Not. Bot. Horti Agrobot. Cluj-Napoca*, vol. 47, no. 3, pp. 599–607, 2019.
- [29] S. Bakir, S. Kamiloglu, M. Tomas, and E. Capanoglu, *Tomato Polyphenolics: Putative Applications to Health and Disease*, 2nd ed. Elsevier Inc., 2018.
- [30] M. Naveed *et al.*, "Chlorogenic acid (CGA): A pharmacological review and call for further research," *Biomed. Pharmacother.*, vol. 97, no. October 2017, pp. 67–74, 2018.
- [31] K. Il Seo *et al.*, "Anti-obesity and anti-insulin resistance effects of tomato vinegar beverage in diet-induced obese mice," *Food Funct.*, vol. 5, no. 7, pp. 1579–1586, 2014.
- [32] T. Sergent, N. Piront, J. Meurice, O. Toussaint, and Y. J. Schneider, "Anti-inflammatory effects of dietary phenolic compounds in an in vitro model of inflamed human intestinal epithelium," *Chem. Biol. Interact.*, vol. 188, no. 3, pp. 659–667, 2010.
- [33] S. Tahara, "A Journey of Twenty-Five Years through the Ecological Biochemistry of Flavonoids A Journey of Twenty-Five Years through the Ecological Biochemistry of Flavonoids," vol. 8451, no. September, 2017.
- [34] C. Luo *et al.*, "Kaempferol alleviates insulin resistance via hepatic IKK/NF- κ B signal in type 2 diabetic rats," *Int. Immunopharmacol.*, vol. 28, no. 1, pp. 744–750, 2015.
- [35] P. Pandey *et al.*, "Implication of nano-antioxidant therapy for treatment of hepatocellular carcinoma using PLGA nanoparticles of rutin," *Nanomedicine*, vol. 13, no. 8, pp. 849–870, 2018.
- [36] R. V. Patel, B. M. Mistry, S. K. Shinde, R. Syed, V. Singh, and H. S. Shin, "Therapeutic potential of quercetin as a cardiovascular agent," *Eur. J. Med. Chem.*, vol. 155, pp. 889–904, 2018.
- [37] C. Gerardi *et al.*, "Techno-functional properties of tomato puree fortified with anthocyanin pigments," *Food Chem.*, vol. 240, pp. 1184–1192, 2018.
- [38] Z. Mustafa, C. M. Ayyub, M. Amjad, and R. Ahmad, "Assesment of biochemical and ionic attributes against salt stress in eggplant (*Solanum melongena* L.) genotypes," *J. Anim. Plant Sci.*, vol. 27, no. 2, pp. 503–509, 2017.