

EFFECTO BIOLÓGICO DE LA SAPONINA DE QUINUA EN EL CONTROL DE ENFERMEDADES POSCOSECHA EN FRESAS (*Fragaria x ananassa*)

Alberto L. Huamani Huamani

Unidad de Investigación e Innovación de Ingeniería Química y Metalurgia
Programa de Investigación en Procesos Industriales- Área de Procesos Alimentarios y Agroindustriales
E-mail: alberto.huamani@unsch.edu.pe

RESUMEN

En la presente investigación se tiene como objetivo evaluar el efecto biológico de la saponina de quinua en el control de enfermedades poscosecha de fresas. Se trabajaron con fresas de la variedad Chandler cultivadas en la región de Ayacucho. Las muestras de fresa fueron tratadas con saponina en polvo, aplicándose a cubrir la superficie de las fresas y luego almacenándose a medio ambiente y en refrigeración. Durante el almacenamiento se observaron la aparición de las enfermedades como la presencia de *Botrytis cinérea*, de manera objetiva. Al final de este periodo también fueron analizados los componentes tales como: Contenido total de antocianinas a través del método de diferencia de pH (Wrolstad, 1976), acidez total por la metodología usas por (Jesús Filho *et al.*, 2018), y ácido ascórbico por el método colorimétrico con 2,4-dinitrofenilhidrazina (2,4-DNPH) según (Strohecker & Henning, 1967). Los resultados fueron: efecto conservador de la saponina fue de 13 días de almacenamiento en refrigeración y al medio ambiente un efecto del $81,333 \pm 8,327$ y de $85,667 \pm 6,506$ % respectivamente; de $58,610 \pm 2,10$ y $29,72 \pm 4,20$ de antocianina total (mg de cyanidin 3-glucoside equivalente /100 g de peso de fruto) respectivamente; de $92,170 \pm 10,110$ y $73,210 \pm 0,350$ de contenido de vitamina C (mg ac. ascórbico/100 g peso fruto) y de acidez titulable de $0,513 \pm 0,045$ y $0,540 \pm 0,010$ (mg de ácido cítrico 100 g⁻¹ pulpa) respectivamente. Concluyéndose que la saponina de quinua tiene un efecto favorable en la conservación de las fresas.

Palabras clave: *Fragaria x ananassa*, saponina.

BIOLOGICAL EFFECT OF QUINOA SAPONIN ON THE CONTROL OF POST-HARVEST DISEASES IN STRAWBERRIES (*Fragaria x ananassa*)

ABSTRACT

The objective of this research is to evaluate the biological effect of quinoa saponin in the control of post-harvest diseases of strawberries. They worked with strawberries of the Chandler variety grown in the Ayacucho region. The strawberry samples were treated with saponin powder, applied to cover the surface of the strawberries and then stored in the environment and under refrigeration. During storage, the appearance of diseases such as the presence of *Botrytis cinérea* was observed, objectively. At the end of this period, the components such as: Total anthocyanin content through the pH difference method (Wrolstad, 1976), total acidity by the methodology used by (Jesus Filho *et al.*, 2018), and Ascorbic acid by the colorimetric method with 2,4-dinitrophenylhydrazine (2,4-DNPH) according to (Strohecker & Henning, 1967). The results were: the conservative effect of saponin was 13 days of storage in refrigeration and an effect of 81.333 ± 8.327 and $85.667 \pm 6.506\%$ respectively in the environment; of $58,610 \pm 2.10$ and 29.72 ± 4.20 of total anthocyanin (mg of cyanidin 3-glucoside equivalent / 100 g of fruit weight) respectively; $92,170 \pm 10,110$ and $73,210 \pm 0.350$ of vitamin C content (mg ac. ascorbic / 100 g fruit weight) and titratable acidity of 0.513 ± 0.045 and 0.540 ± 0.010 (citric acid 100 g – 1 pulp) respectively. Concluding that quinoa saponin has a favorable effect on the conservation of strawberries.

Keywords: *Fragaria x ananassa*, saponin

INTRODUCCIÓN

La fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) Se encuentra entre las frutas más consumidas del mundo. Se considera un alimento pulposo y succulento que presenta compuestos antioxidantes, principalmente antocianinas, que también están asociados con el color rojizo de la fruta; Además, suministra minerales y vitaminas del complejo B. También es una fuente de ácido ascórbico, potasio, calcio y fósforo (Giampieri *et al.*, 2015; GinéBordonaba & Terry, 2016; Li *et al.*, 2017). Además de la presencia de vitamina C y ácidos orgánicos es también una fuente rica de antocianinas, flavonoides, ácidos fenólicos y taninos (da Silva Pinto *et al.*, 2008; Özcan & Haciseferoğulları, 2007). Las

antocianinas son responsables del color de la fruta y de sus propiedades que promueven la salud. La fresa es un pseudofruto muy perecedero (Chen et al., 2016; Neri et al., 2014), y su manejo durante y después de la cosecha hace que la fruta sea más susceptible a los cambios de color, compuestos químicos y características sensoriales, además de los cambios causados por la acción de microorganismos (Zhang et al., 2011). Además de la alta perecibilidad de la fruta, los comerciantes enfrentan problemas de plagas y enfermedades que limitan su conservación. Una de las principales enfermedades es el moho gris causado por *Botrytis cinerea*, y otras enfermedades que afectan en poscosecha. La fresa únicos frutos altamente deseables en aroma y fitoquímicos deseables (Van de Velde, 2013). Los microorganismos patógenos pueden ser crecimiento en la superficie de la fruta durante la poscosecha. Como solución del problema de la conservación de la fresa, se pretende aplicar el uso de un desecho industrial(saponina) como un conservante ecológico biológico en el control del *Botrytis cinerea*. Las saponinas actúan como barreras protectoras contra el ataque de patógenos y herbívoros (Augustin et al., 2011).

MATERIAL Y MÉTODOS

1. Muestra

Las fresas (*Fragaria x ananassa*) fueron adquiridos en el mercado de Ayacucho- provincia de Huamanga – Región de Ayacucho. A través de un muestreo al azar.

2. Diseño metodológico y diseño experimental estadístico

2.1 Contenido total de antocianinas monoméricas

El contenido total de antocianinas monoméricas (TMAC) se estimó utilizando el método de diferencia de pH (Wrolstad, 1976). Brevemente, cada extracto de fruta se diluyó con tampones de pH 1,0 y pH 4,5 para lograr la misma dilución. La absorbancia se midió a 510 nm y 700 nm en tampones de pH 1,0 y pH 4,5. Luego, se calculó el TMAC (expresado en términos de cianidina-3-glucósido) usando la siguiente fórmula:

$$A = (A_{510} - A_{700})_{pH1.0} - (A_{510} - A_{700})_{pH4.5} \quad (1)$$

$$TMA \text{ content} = (A * MW * DF * Ve * 1000) / (\epsilon * l * M) \quad (2)$$

Donde: MW es el peso molecular del cianidin-3-glucósido (449 g mol⁻¹), DF es el factor de dilución, Ve es el volumen del extracto, ϵ es el coeficiente de extinción molar del cianidin-3-glucósido (29,600), y M Es la masa de las bayas extraídas. Los resultados se expresaron en mg de equivalentes de cianidina-3-glucósido / 100 g de f.w.

2.2 Acidez titulable total.

La determinación de la acidez titulable total se realizó por titrimetría, de acuerdo con la Metodología AOAC modificada (1995) usando una solución de NaOH 0.1 N y el indicador de fenolftaleína. Las muestras se homogeneizaron con un mezclador (Mixer Plongant) y una parte alícuota de aproximadamente 5 g de cada muestra se transfirió a un vaso de precipitados de agua destilada. La mezcla se filtró y se transfirió a un erlenmeyer para valoración. Los resultados se expresaron en miligramos de ácido cítrico 100 mg⁻¹ de fresa (Jesus Filho et al., 2018).

2.3 Ácido ascórbico

El contenido de vitamina C de cada pulpa de fruta se determinó mediante un método colorimétrico con 2,4-dinitrofenilhidrazina (2,4-DNPH) según (Strohecker & Henning, 1967). Las muestras se analizaron en un espectrofotómetro a una absorbancia de 520 nm. Los resultados se expresan en mg de ácido ascórbico 100 g⁻¹ de peso fresco.

RESULTADOS

1. Efecto inhibitor de la saponina sobre la *Botrytis cinerea*

Las fresas con tratamiento de saponina en polvo se almacenaron durante 13 días, realizando análisis de presencia de colonias de *Botrytis cinerea* en la superficie de la fresa, cada día para determinar su vida útil. Se encontró que las fresas que tuvieron tratamientos con saponina en polvo, pudieron almacenarse hasta 15 días en promedio,

tiempo en el cual aparecieron colonias de *Botrytis cinérea*. El efecto se determinó a través del porcentaje de fresas conservadas con el tratamiento de la saponina en polvo. Dicho efecto podemos visualizar en la Figura 1, para los tratamientos en estudio.

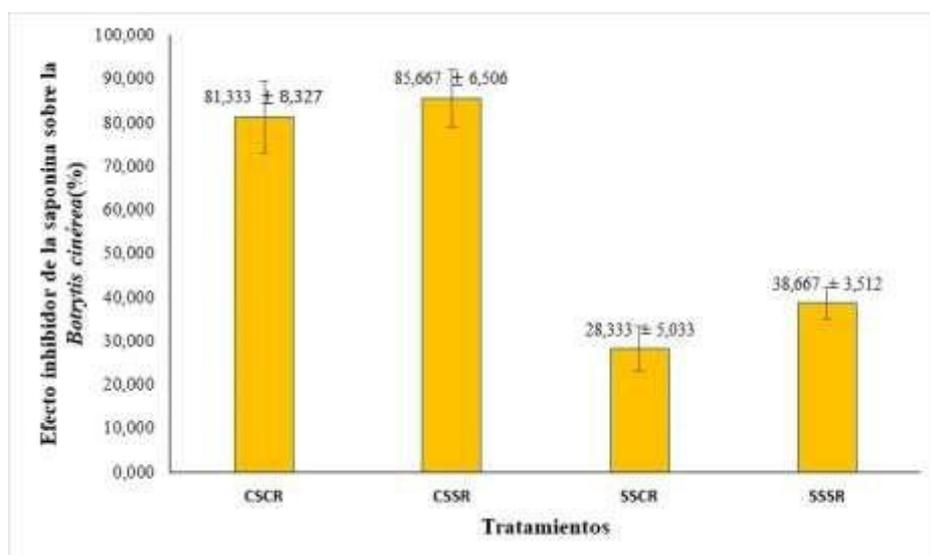


Figura 1. Efecto inhibitor de la saponina sobre la *Botrytis cinérea* (%)

CSCR: Con saponina y con refrigeración
 CSSR: Con saponina y sin refrigeración
 SSCR: Sin saponina y con Refrigeración
 SSSR: Sin saponina y sin Refrigeración

De acuerdo al análisis de varianza realizada a un nivel de significancia del 5 %, los resultados muestran un valor-p de 4,74E-06 menor al 0,05, en el cual podemos concluir que existe diferencia significativa entre tratamientos. En el grafico analizando la influencia de la saponina en el control biológico en el almacenamiento refrigerado de fresas, el control de la saponina en el almacenamiento a medio ambiente es mayor que en refrigeración, llegándose a observar dicho efecto en comparación con las muestras de referencia sin tratamiento.

2. Evaluación de antocianinas

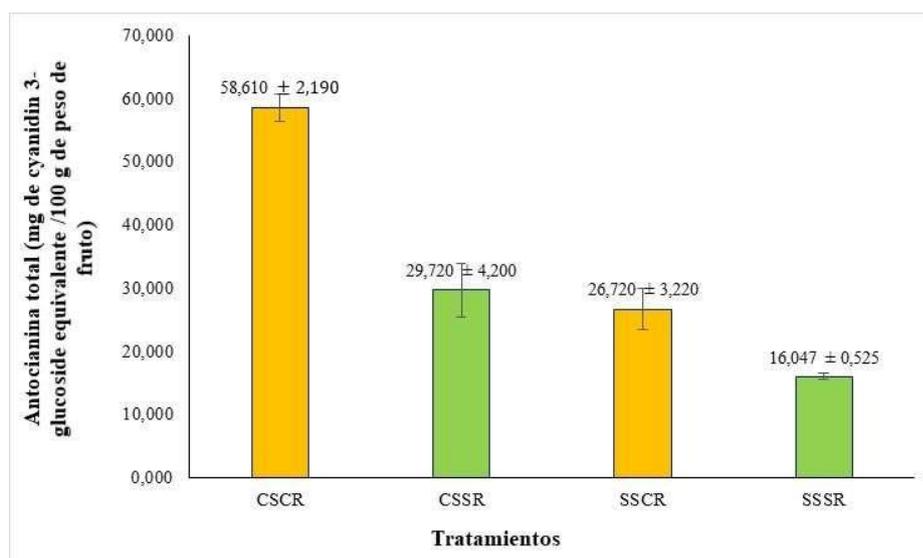


Figura 2. antocianina total (mg de cianidin 3-glucoside equivalente /100 g de peso de fruto) en fresas andinas tratadas con saponina

De acuerdo al análisis de varianza realizada a un nivel de significancia del 5 %, los resultados muestran un valor-p de 5,43E-07 menor al 0,05, en el cual podemos concluir que existe diferencia significativa entre tratamientos. En el grafico analizando la influencia de la saponina en el control biológico en el almacenamiento refrigerado de fresas, el control de la saponina en el almacenamiento a medio ambiente es mayor que en refrigeración, afecta de significativa en el contenido de antocianina total.

El contenido total de antocianinas en la fresa fresca Figura 2, está de acuerdo con otros estudios previos que informaron que el contenido total de antocianinas de varios países oscilaba entre 280 y 1950 mg kg⁻¹ (Cordenunsi et al., 2003; Kim et al., 2013). El contenido total de antocianinas disminuyó gradualmente del día 0 al día 6. Aunque los resultados contrastan con los reportados por (Cordenunsi et al., 2005; Cordenunsi et al., 2003) donde el contenido total de antocianinas se mejoró con éxito mediante el almacenamiento en frío a 6 °C y 4 °C, los resultados actuales todavía están de acuerdo con los estudios de (Gössinger et al., 2009; Hernandez-Herrero & Frutos, 2014) informaron que el almacenamiento a baja temperatura a 6 °C redujo significativamente la concentración de antocianina.

Además, la contribución de las antocianinas al color de la fresa se convierte en el parámetro principal para determinar la calidad de la fruta (Crecente-Campo et al., 2012; da Silva et al., 2007; Nunes et al., 1998).

La estabilidad de la antocianina puede verse afectada por otros factores como el pH, solventes, oxígeno, luz, enzimas y otras sustancias que lo acompañan (Ayala-Zavala et al., 2004; Patras et al., 2010). Las otras reacciones no enzimáticas que contribuyen al deterioro de la antocianina en la fresa son el grado de sólidos solubles totales y la acidez de las fresas (Miranda et al., 2012). Los ácidos orgánicos no volátiles son componentes importantes de las fresas, ya que contribuyen a la acidez titulable de las frutas (especialmente el ácido cítrico) y regulan el pH celular de las frutas (Cordenunsi et al., 2005). Durante el almacenamiento refrigerado, se presume que se produce síntesis de sacarosa, lo que resulta en una disminución de los componentes ácidos orgánicos y un mayor grado de sólidos solubles totales en las fresas. El pH elevado y el aumento de los sólidos solubles totales pueden causar efectos adversos en la estabilidad de la antocianina (Miranda et al., 2012). Además, el pH juega un papel en la expresión del pigmento de antocianina, donde, a pH bajo, se mejora la estabilidad de la antocianina (Hernandez-Herrero & Frutos, 2014; Patras et al., 2010).

3. Evaluación de vitamina C

De acuerdo al análisis de varianza realizada a un nivel de significancia del 5 %, los resultados muestran un valor-p de 0,0025 menor al 0,05, en el cual podemos concluir que existe diferencia significativa entre tratamientos. En el grafico analizando la influencia de la saponina en el control biológico en el almacenamiento refrigerado de fresas, el control de la saponina en el almacenamiento a medio ambiente es mayor que en refrigeración, afecta de significativa en el contenido de vitamina C.

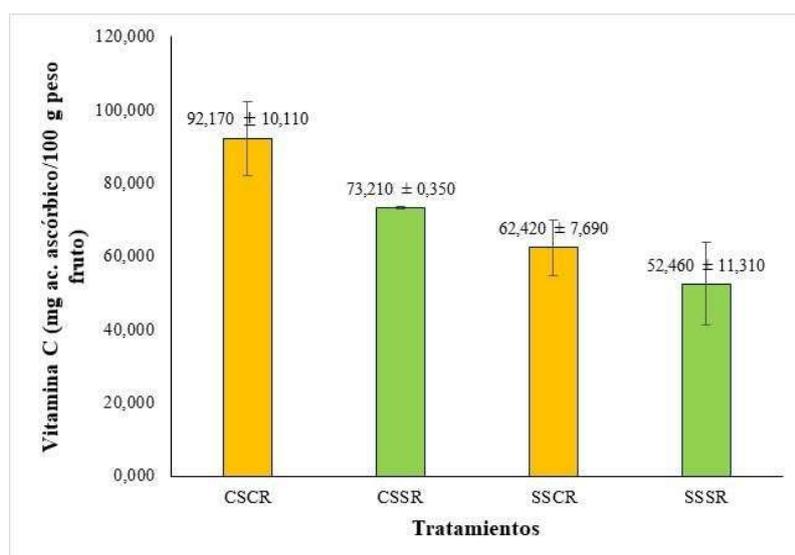


Figura 3. Contenido de vitamina C (mg ac. ascórbico/100 g peso fruto) en fresas andinas tratadas con saponina

El ácido ascórbico puede exponerse fácilmente a la degradación enzimática y oxidativa. Varios estudios han encontrado disminuciones significativas o insignificantes en el contenido de ácido ascórbico en la fresa durante el

almacenamiento a varias temperaturas (Ayala-Zavala *et al.*, 2004; Cordenunsi *et al.*, 2005; Cordenunsi *et al.*, 2003; Shin *et al.*, 2008).

La cantidad de ácido ascórbico en la fresa fresca (Fig. 3) está de acuerdo con aquellos (0,15 a 0,80 g kg⁻¹) informados por (Odriozola-Serrano *et al.*, 2010). La variabilidad de los cultivares fue la razón principal del amplio rango de contenido total de vitamina C en las fresas (Cordenunsi *et al.*, 2003). Se observó una disminución en el contenido de ácido ascórbico en las fresas después de 1 día de almacenamiento, pero no hubo cambios en la concentración de ácido ascórbico entre los días 2 y 5. (Cordenunsi *et al.*, 2005) encontraron que hubo variaciones en el contenido total de ácido ascórbico de las fresas durante el almacenamiento a 6 °C, 16 °C y 25 °C durante 6 días. (Cordenunsi *et al.*, 2003; Shin *et al.*, 2007; Shin *et al.*, 2008) también informaron una disminución en el total de vitamina C durante el almacenamiento de fresas a 6 °C por 6 días, 3 °C o 10 °C por 12 días y 0.5 °C o 10 °C por 4 días, respectivamente.

De acuerdo con (Nunes *et al.*, 1998) dado que el ácido ascórbico es muy lábil, en condiciones adversas, se degrada muy fácilmente. Las actividades no enzimáticas y enzimáticas son responsables del deterioro del contenido de vitamina C en las fresas durante el almacenamiento. Se presume que los factores no enzimáticos como los sólidos solubles totales, el pH, la pérdida de agua y la presencia de oxígeno son las principales razones de estas pérdidas (Cordenunsi *et al.*, 2005; Shin *et al.*, 2008).

El ácido ascórbico requiere un ambiente ácido para mejorar la estabilidad; por lo tanto, el aumento de los sólidos solubles totales y el pH elevado pueden conducir a efectos nocivos en el contenido de vitamina C (Odriozola-Serrano *et al.*, 2010). La síntesis de sacarosa puede ocurrir en el sexto día de almacenamiento, lo que resulta en un aumento de sólidos solubles totales. Sin embargo, dado que las fresas tienen almidón insuficiente (1 g / kg) para apoyar la síntesis de sacarosa, es más probable que los ácidos orgánicos sean las fuentes, ya que podrían ser fuentes alternativas de carbono para la síntesis de sacarosa soluble (Cordenunsi *et al.*, 2005). Además, (Cordenunsi *et al.*, 2005) informaron que las fresas mostraron una disminución en el contenido de ácido ascórbico pero un aumento de hasta un 30% en el contenido de ácido deshidroascórbico (DHA) a medida que aumentó la duración del almacenamiento en frío.

4. Evaluación de Acidez total titulable

De acuerdo al análisis de varianza realizada a un nivel de significancia del 5 %, los resultados muestran un valor-p de 0,051 mayor al 0,05, en el cual podemos concluir que no existe diferencia significativa entre tratamientos en cuanto a los cambios en el contenido de acidez total, en las muestras tratadas con saponina y testigo como almacenadas en refrigeración y al medio ambiente. De la Figura 4, podemos observar que las muestras no han sufrido cambios internos en sus componentes, prueba de ello la insignificancia de la variación de la acidez total titulable.

Los contenidos de sólidos solubles totales, acidez titulable total y vitamina C son indicadores importantes de la calidad de la fruta (Chaemsanit *et al.*, 2018). La calidad de la fruta de fresa disminuirá gradualmente con el tiempo de almacenamiento durante el almacenamiento (Arnon *et al.*, 2014).

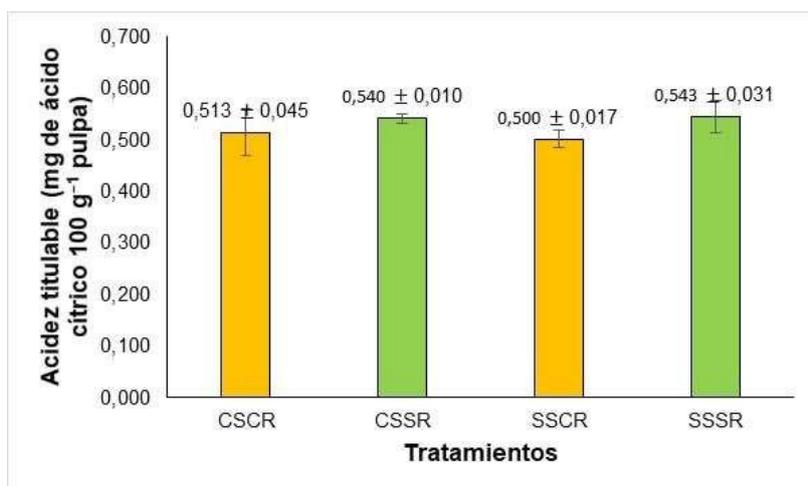


Figura 4. Valores de acidez titulable (mg de ácido cítrico 100 g⁻¹ pulpa),

El color de la apariencia de la fruta es un indicador importante de la fruta, que afectará la compra de los consumidores (Muengkaew et al., 2016).

El ácido ascórbico es valioso como fuente de vitamina C, y como antioxidante también influye en la estabilidad de los compuestos bioactivos como las antocianinas y otros polifenoles en las bayas y los productos de bayas (Nikkhah et al., 2010; Skrede et al., 1992).

El almacenamiento de productos afecta negativamente a los flavonoides y al ácido ascórbico, especialmente a altas temperaturas de almacenamiento y un período de almacenamiento prolongado (Aaby et al., 2007; Mazur et al., 2014; Patras et al., 2011).

CONCLUSIONES

El efecto de la saponina en polvo y el tipo de almacenamiento, influyó en el control de *Botrytis cinerea* determinándose un tiempo de vida útil de 13 días en promedio. Por lo tanto, el tratamiento con saponina en polvo es una alternativa viable en la conservación de alimentos y puede usarse junto con métodos convencionales, extendiendo la vida útil de las fresas y asegurando la calidad del producto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aaby, K., Wrolstad, R., Ekeberg, D., & Skrede, G. (2007). Polyphenol Composition and Antioxidant Activity in Strawberry Purees; Impact of Achene Level and Storage. *J Agric Food Chem*, 55, 5156-5166. doi:10.1021/jf070467u
- Arnon, H., Zaitsev, Y., Porat, R., & Poverenov, E. (2014). Effects of carboxymethyl cellulose and chitosan bilayer edible coating on postharvest quality of citrus fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 87, 21-26. doi:<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.08.007>
- Augustin, J. M., Kuzina, V., Andersen, S. B., & Bak, S. (2011). Molecular activities, biosynthesis and evolution of triterpenoid saponins. *Phytochemistry*, 72(6), 435-457. doi:<https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2011.01.015>
- Ayala-Zavala, J. F., Wang, S. Y., Wang, C. Y., & González-Aguilar, G. A. (2004). Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. *LWT - Food Science and Technology*, 37(7), 687-695. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.03.002>
- Cordenunsi, B. R., Genovese, M. I., Oliveira do Nascimento, J. R., Aymoto Hassimoto, N. M., José dos Santos, R., & Lajolo, F. M. (2005). Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. *Food Chem*, 91(1), 113-121. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.05.054>
- Cordenunsi, B. R., Oliveira do Nascimento, J. R., & Lajolo, F. M. (2003). Physico-chemical changes related to quality of five strawberry fruit cultivars during cool-storage. *Food Chem*, 83(2), 167-173. doi:[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00059-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00059-1)
- Crecente-Campo, J., Nunes-Damaceno, M., Romero-Rodríguez, M. A., & Vázquez-Odériz, M. L. (2012). Color, anthocyanin pigment, ascorbic acid and total phenolic compound determination in organic versus conventional strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch, cv Selva). *Journal of Food Composition and Analysis*, 28(1), 23-30. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2012.07.004>
- Chaemsanit, S., Matan, N., & Matan, N. (2018). Effect of peppermint oil on the shelf-life of dragon fruit during storage. *Food Control*, 90, 172-179. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.03.001>
- Chen, J., Mao, L., Lu, W., Ying, T., & Luo, Z. (2016). Transcriptome profiling of postharvest strawberry fruit in response to exogenous auxin and abscisic acid. *Planta*, 243(1), 183-197. doi:10.1007/s00425-015-2402-5
- da Silva, F. L., Escribano-Bailón, M. T., Alonso, J. J. P., Rivas-Gonzalo, J. C., & Santos-Buelga, C. (2007). Anthocyanin pigments in strawberry. *LWT-Food Science and Technology*, 40(2), 374-382.
- da Silva Pinto, M., Lajolo, F. M., & Genovese, M. I. (2008). Bioactive compounds and quantification of total ellagic acid in strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Food Chem*, 107(4), 1629-1635. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.10.038>
- Giampieri, F., Forbes-Hernandez, T. Y., Gasparrini, M., Alvarez-Suarez, J. M., Afrin, S., Bompadre, S., . . . Battino, M. (2015). Strawberry as a health promoter: an evidence based review. *Food & Function*, 6(5), 1386-1398. doi:10.1039/C5FO00147A
- Giné-Bordonaba, J., & Terry, L. A. (2016). Effect of deficit irrigation and methyl jasmonate application on the composition of strawberry (*Fragaria x ananassa*) fruit and leaves. *Scientia Horticulturae*, 199, 63-70. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.12.026>

- Gössinger, M., Moritz, S., Hermes, M., Wendelin, S., Scherbichler, H., Halbwirth, H., . . . Berghofer, E. (2009). Effects of processing parameters on colour stability of strawberry nectar from puree. *Journal of Food Engineering*, 90(2), 171-178. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.06.018>
- Hernandez-Herrero, J. A., & Frutos, M. J. (2014). Colour and antioxidant capacity stability in grape, strawberry and plum peel model juices at different pHs and temperatures. *Food Chem*, 154, 199-204. doi:10.1016/j.foodchem.2014.01.007
- Jesus Filho, M. d., Scolforo, C. Z., Saraiva, S. H., Pinheiro, C. J. G., Silva, P. I., & Della Lucia, S. M. (2018). Physicochemical, microbiological and sensory acceptance alterations of strawberries caused by gamma radiation and storage time. *Scientia Horticulturae*, 238, 187-194. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.04.053>
- Kim, S. K., Bae, R. N., Na, H., Ko, K. D., & Chun, C. (2013). Changes in physicochemical characteristics during fruit development in June-bearing strawberry cultivars. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 54(1), 44-51. doi:10.1007/s13580-013-0166-z
- Li, D., Ye, Q., Jiang, L., & Luo, Z. (2017). Effects of nano-TiO₂ -LDPE packaging on postharvest quality and antioxidant capacity of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) stored at refrigeration temperature. *J Sci Food Agric*, 97(4), 1116-1123. doi:10.1002/jsfa.7837
- Mazur, S. P., Nes, A., Wold, A.-B., Remberg, S. F., Martinsen, B. K., & Aaby, K. (2014). Effects of ripeness and cultivar on chemical composition of strawberry (*Fragaria×ananassa* Duch.) fruits and their suitability for jam production as a stable product at different storage temperatures. *Food Chem*, 146, 412-422. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.086>
- Miranda, L. F., Rodriguez, N. M., Pereira, E. S., Queiroz, A. C. d., Sainz, R. D., Pimentel, P. G., & Gontijo Neto, M. M. (2012). Chemical composition and ruminal degradation kinetics of crude protein and amino acids, and intestinal digestibility of amino acids from tropical forages. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41, 717-725.
- Muengkaew, R., Chaiprasart, P., & Warrington, I. (2016). Changing of physiochemical properties and color development of mango fruit sprayed methyl Jasmonate. *Scientia Horticulturae*, 198, 70-77. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.11.033>
- Neri, F., Cappellin, L., Spadoni, A., Cameldi, I., Algarra Alarcón, A., Aprea, E., . . . Biasioli, F. (2014). Role of strawberry volatile organic compounds in the development of *Botrytis cinerea* infection. *Plant Pathology*, 64. doi:10.1111/ppa.12287
- Nikkhah, E., Khaiamy, M., Heidary, R., & Azar, A. (2010). The effect of ascorbic acid and H₂O₂ treatment on the stability of anthocyanin pigments in berries. *Turkish Journal of Biology*, 34, 47-53. doi:10.3906/biy-0805-14
- Nunes, M. C. N., Brecht, J. K., Morais, A. M. M. B., & Sargent, S. A. (1998). Controlling Temperature and Water Loss to Maintain Ascorbic Acid Levels in Strawberries During Postharvest Handling. *Journal of Food Science*, 63(6), 1033-1036. doi:10.1111/j.1365-2621.1998.tb15848.x
- Odriozola-Serrano, I., Soliva-Fortuny, R., & Martín-Belloso, O. (2010). Changes in bioactive composition of fresh-cut strawberries stored under superatmospheric oxygen, low-oxygen or passive atmospheres. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23(1), 37-43. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2009.07.007>
- Özcan, M. M., & Haciseferoğulları, H. (2007). The Strawberry (*Arbutus unedo* L.) fruits: Chemical composition, physical properties and mineral contents. *Journal of Food Engineering*, 78(3), 1022-1028. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.12.014>
- Patras, A., Brunton, N., Brijesh kumar, T., & Butler, F. (2011). Stability and Degradation Kinetics of Bioactive Compounds and Colour in Strawberry Jam during Storage. *Food and Bioprocess Technology*, 4, 1245-1252. doi:10.1007/s11947-009-0226-7
- Patras, A., Brunton, N. P., O'Donnell, C., & Tiwari, B. K. (2010). Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. *Trends in Food Science & Technology*, 21(1), 3-11. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.07.004>
- Shin, Y., Liu, R. H., Nock, J. F., Holliday, D., & Watkins, C. B. (2007). Temperature and relative humidity effects on quality, total ascorbic acid, phenolics and flavonoid concentrations, and antioxidant activity of strawberry. *Postharvest Biology and Technology*, 45(3), 349-357. doi:<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.03.007>
- Shin, Y., Ryu, J.-A., Liu, R. H., Nock, J. F., & Watkins, C. B. (2008). Harvest maturity, storage temperature and relative humidity affect fruit quality, antioxidant contents and activity, and inhibition of cell proliferation of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 49(2), 201-209. doi:<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.02.008>
- Skrede, G., Wrolstad, R. E., Lea, P., & Enersen, G. (1992). Color Stability of Strawberry and Blackcurrant Syrups. *Journal of Food Science*, 57(1), 172-177. doi:10.1111/j.1365-2621.1992.tb05449.x
- Strohecker, H., & Henning, R. (1967). Analisis de vitaminas: Métodos comprobados Paz Montalvo Madrid: Spain.

- Van de Velde, F. (2013). *Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Camarosa and Selva Strawberries (Fragaria x ananassa Duch.)* (Vol. 2).
- Wrolstad, R. E. (1976). *Color and Pigment Analyses in Fruit Products*: Oregon State University.
- Zhang, H., Li, R., & Liu, W. (2011). Effects of chitin and its derivative chitosan on postharvest decay of fruits: a review. *International journal of molecular sciences*, 12(2), 917-934. doi:10.3390/ijms12020917