

COMPORTAMIENTO CINÉTICO DE COMPUESTOS FENÓLICOS, ANTOCIANINAS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE BAJO TRATAMIENTO TÉRMICO EN LA ELABORACIÓN DE MERMELADA DE FRUTILLA (*Fragaria sp.*)

Kinetic behavior of anthocyanin, phenolic compounds and antioxidant activity under thermal treatment in the production of strawberry jam (*Fragaria sp.*)

Ticona Huanca Osbaldo Ruben¹, Quiroga Sossa Brigido Moises²

RESUMEN

Se determinó el comportamiento de compuestos fenólicos, antocianinas y actividad antioxidante en la elaboración de mermelada de frutilla (*Fragaria sp.*) a temperaturas de 80, 85 y 90 °C, en el laboratorio de tecnología de alimentos perteneciente a la Carrera de Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria de la Universidad Mayor de San Andrés, La Paz Bolivia. Para compuestos fenólicos se empleó el método de Follin Ciocalteu, para antocianinas el método pH diferencial, la actividad antioxidante por el método radical 1,1 difenil-2-picrilhidrazil, mediante regresión se determinó la velocidad de reacción de los antioxidantes. En la frutilla se determinó 1.625,705 µgGAE/g de fenoles totales, antocianinas 22,86 mg/100g y actividad antioxidante 5,21 µM TE/g. En la mermelada 1.016,06; 635,04 y 396,91 µgGAE/g de fenoles totales, antocianinas 14,17; 8,86 y 5,53 mg/100g y actividad antioxidante 3,26; 2,03 y 1,28 µM TE/g para los tratamientos T1, T2 y T3. La velocidad de reacción es directamente proporcional al incremento de la temperatura por tanto a mayor temperatura mayor pérdida de antioxidantes.

Palabras clave: antioxidantes, actividad antioxidante, temperatura, mermelada, frutilla.

ABSTRACT

The behavior of phenolic compounds, anthocyanins and antioxidant activity in the production of strawberry jam (*Fragaria sp.*) at temperatures of 80, 85 and 90 °C was determined in the food technology laboratory belonging to the Engineering Career in Agricultural Production and Marketing of the Universidad Mayor de San Andrés, La Paz Bolivia. The Follin Ciocalteu method was used for phenolic compounds, the differential pH method for anthocyanins, the radical method 1,1 diphenyl-2-picrylhydrazil for the antioxidant activity, and the rate of reaction to the antioxidants was determined by means of regression. In the Strawberry, total phenols 1625.705 µgGAE/g, anthocyanins 22.86 mg/100g and antioxidant activity 5.21 µM TE/g were determined. In the jam total phenols 1016.06, 635.04 and 396.91 µgGAE/g, anthocyanins 14.17, 8.86 and 5.53 mg/100g and antioxidant activity of 3.26, 2.03 and 1.28 µM TE/g for treatments T1, T2 and T3. The reaction rate is directly proportional to the increase in temperature, therefore, the higher the temperature, the greater the loss of antioxidants.

Keywords: antioxidants, antioxidant activity, temperature, jam.

Artículo original

DOI: <https://doi.org/10.53287/ikjf6985ym26w>

Recibido: 19/10/2022

Aceptado: 23/11/2022

¹ Ingeniero en Producción y Comercialización Agropecuaria, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

² Docente, Carrera Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. moisesquirog@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Los compuestos fenólicos (Figura 1) son moléculas consideradas antioxidantes, formados por uno o más grupos hidroxilo unidos a un anillo aromático (Peñarrieta et al., 2014).

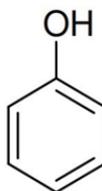


Figura 1. Estructura química del fenol (Peñarrieta et al., 2014).

Estos compuestos actúan como captadores de radicales libres, también se encuentran combinados a un ácido orgánico, un azúcar, o bien con ellas mismas para formar un polímero (Alejandro, 2009), se clasifican en: ácidos fenólicos, flavonoides y polímeros fenólicos; considerados fenoles dietéticos de mayor importancia (Caisahuana, 2012). Las antocianinas, pertenecen a los compuestos fenólicos, que dan origen a los colores naranja, rojo y azul de las plantas (Hassimotto et al., 2008).

Antioxidante es una sustancia que retrasa la oxidación de una molécula inestable (Mariaca et al., 2016), estabilizando al radical libre cediendo un electrón (Criado y Moya, 2009). La capacidad antioxidante se define como el potencial de un antioxidante para neutralizar la oxidación de un sustrato (Benítez et al., 2020). Caisahuana (2012) define como un parámetro, que determina la proporción antioxidante del compuesto.

Las frutas y verduras contienen compuestos antioxidantes (Wang et al., 1996). La frutilla contiene antioxidantes originados a partir de: vitamina C, vitamina E, β -caroteno y polifenoles (Park et al., 2008). El rango de antocianinas presente en la frutilla varía entre 14.8 - 41.8 mg/100 g (Garzon y Wrolstad, 2002). Factores como: variedad, origen, madurez, luz, clima, temperatura, uso de fertilizantes, cosecha y almacenamiento, inciden en la concentración de compuestos fenólicos de la Frutilla (Zapata & Cardona, 2014). El tipo de cultivo, la maduración, las condiciones de almacenamiento y otros factores determinan el contenido de antioxidantes (Watanabe et al., 2011).

El tratamiento térmico elimina microorganismos e inactiva enzimas que pudieran alterar los alimentos (Lozano, 2017). La capacidad antioxidante disminuye por efecto del tratamiento térmico (Agostini et al., 2004). La pérdida de antioxidantes por tratamiento térmico puede generar otros cambios químicos (Nicoli, 1997).

La frutilla se destaca por su contenido de nutrientes, vitaminas, minerales y compuestos bioactivos beneficiosos para la salud (Valeriano, 2014). Es importante conocer el efecto del proceso térmico y la estabilidad antioxidante en la frutilla (Watanabe et al., 2011). La disminución de la capacidad antioxidante en la mermelada, no le quita el alto valor antioxidante frente a otros alimentos (Bursac et al., 2009).

La capacidad antioxidante se determina por diferentes métodos; por transferencia de hidrógeno (TRAP, ORAC, Inhibición de la oxidación de la LDL) y transferencia de electrones (TEAC, ABTS, FRAP, DPPH) (Valeriano, 2014). Para la evaluación se empleó el método radical 1,1 difenil-2-picrilhidrazil (DPPH establecido por Brand-Willams). Uribe (2010) señala que el método colorimétrico simple reacciona directamente con el compuesto.

Los compuestos fenólicos fueron determinados por el método Follin Ciocalteu, establecido por Singleton y Rossi (de Pabón et al., 2012). Las antocianinas por el método de pH diferencial (Jin-Heo & Yong-Lee, 2005). El objetivo fue evaluar el efecto del proceso térmico en la elaboración de la mermelada de frutilla (*Fragaria sp.*) a temperaturas de 80, 85 y 90 °C, mediante la determinación de compuestos fenólicos, antocianinas y actividad antioxidante.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El trabajo se desarrolló en el laboratorio de tecnología de alimentos perteneciente a la Carrera de Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria de la Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. Los análisis de laboratorio para compuestos fenólicos, antocianinas y actividad antioxidante se realizaron el año 2020, en el laboratorio del Instituto de Investigaciones Químicas de la Universidad Mayor de San Andrés.

Metodología

Obtención de la mermelada

Las frutillas fueron seleccionadas, en una balanza de tres dígitos se pesó 2 kg por tratamiento, se procedió al lavado con una solución al 0.005% de hipoclorito de sodio, eliminando el cáliz se cortó en mitades. Para la cocción en un recipiente inoxidable se añadió 5% de agua (en relación al peso de frutilla), para evitar el quemado se homogenizó hasta el ablandamiento de la frutilla y se añadió 50% de azúcar, a los 25 minutos se adicionó el 50% restante con el fin de alcanzar 65 °Bx. Se envasó en frascos de cristal esterilizados, se tapó y volteó durante 5 minutos. Se evaluaron tres tratamientos con dos repeticiones bajo un diseño completamente al azar (DCA) (Quiroga, 1976).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se evaluó las características físico químicas de la frutilla antes de la elaboración de la mermelada (Tabla 1).

Tabla 1. Características físico-químicas de la frutilla.

Acidez (% de ácido cítrico)	Sólidos solubles totales (°Bx)	pH	Índice de madurez
0.56 – 0.73	7 – 10	3,24 – 3,76	12,31 – 16,07

Fenoles totales en la frutilla ($\mu\text{gGAE/g}$)

De acuerdo a la evaluación se determinó 1.625,705 $\mu\text{gGAE/g}$. Levaj et al. (2012), determinó 3.389,90 $\mu\text{gGAE/g}$ en la variedad Diamante; Bursac et al. (2009), 3.960,00 $\mu\text{gGAE/g}$ en la variedad Clery; Cantillano et al. (2012), 1.182,88 y 1.273,48 $\mu\text{gGAE/g}$ en las variedades Camino Real y Camarosa por el método espectrofotométrico según colorimetría Follin-Ciocalteu.

Antocianinas en la frutilla ($\text{mg}/100\text{g}$)

En antocianinas se obtuvo 22,86 $\text{mg}/100\text{g}$. Valeriano (2014) y Bursac et al. (2009), reportaron 21,80 $\text{mg}/100\text{g}$ y 35,00 $\text{mg}/100\text{g}$, así mismo Cantillano et al. (2012), reportaron 24,15 y 17,78 $\text{mg}/100\text{g}$ en las variedades Camino Real y Camarosa.

Actividad antioxidante en la frutilla ($\mu\text{M TE/g}$)

La actividad antioxidante fue 5,21 $\mu\text{M TE/g}$. Levaj et al. (2012), reportó 0,23 $\mu\text{M TE/g}$, Chordi (2013), 0,14 $\mu\text{M TE/g}$, Agostini et al. (2004). 0,278+0,006 $\mu\text{M TE/g}$.

Fenoles totales en la mermelada de frutilla ($\mu\text{gGAE/g}$)

Los fenoles totales fueron: 1016,06; 635,04 y 396,91 $\mu\text{gGAE/g}$ para T1, T2 y T3 (Figura 2). Levaj et al. (2012), determinaron 2895,10 $\mu\text{gGAE/g}$ en mermelada de frutilla, Da Silva Pinto et al. (2007) 580 $\mu\text{gGAE/g}$ y Amakura et al. (2000), 174 $\mu\text{gGAE/g}$.

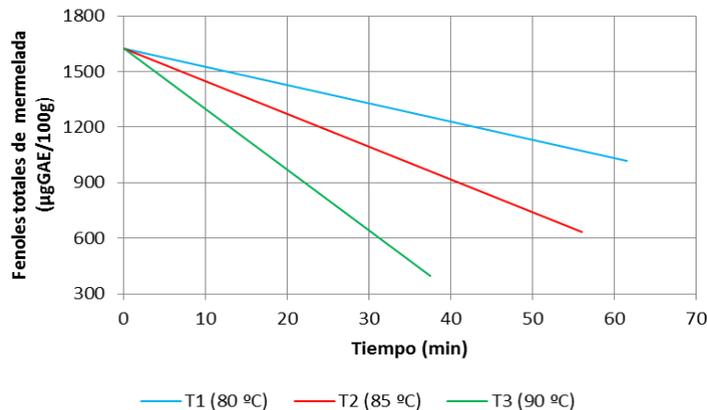


Figura 2. Comportamiento cinético de fenoles totales ($\mu\text{gGAE/g}$) en relación al tiempo y proceso térmico a temperaturas de 80, 85 y 90 °C.

Los fenoles totales disminuyen en función al tiempo y temperatura. La disminución se ajusta a una función lineal, donde la mayor velocidad de reacción ocurre en el tratamiento T3; seguida de T2 y T1 con 32,77; 17,69 y 9,91 $\mu\text{gGAE/min}$. La velocidad de reacción es consecuente al tratamiento térmico; este último define la degradación parcial o total del contenido de fenoles (Da Silva Pinto et al., 2007). La reducción de los compuestos fenólicos en la elaboración de mermelada, se debe a una disminución del ácido eláxico o por alteraciones en la estructura celular durante el procesamiento de la fruta (Rababah et al., 2011).

Antocianinas en la mermelada ($\text{mg}/100\text{g}$)

Se obtuvo 14,17; 8,86 y 5,53 $\text{mg}/100\text{g}$ para los tratamientos T1, T2 y T3 (Figura 3), Bursać et al. (2009), determinó 14,17 $\text{mg}/100\text{g}$; Poiana et al. (2011), $15,80 \pm 1,33$ $\text{mg}/100\text{g}$. Rababah et al. (2011); 7,85 $\text{mg}/100\text{g}$ y Valeriano (2014), con 3,48 $\text{mg}/100\text{g}$.

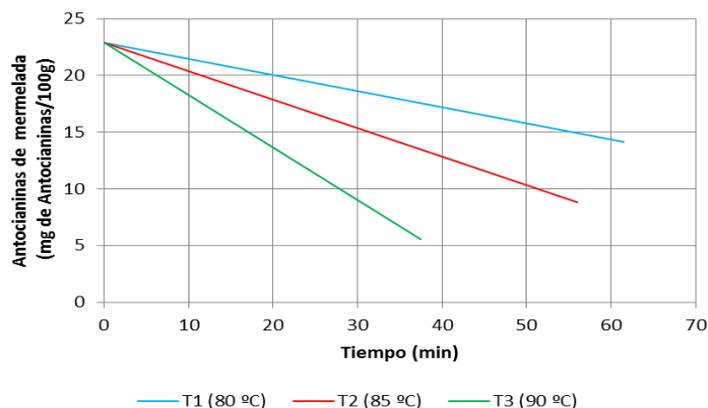


Figura 3. Comportamiento cinético de Antocianinas ($\text{mg}/100\text{g}$) en relación al tiempo y proceso térmico a temperaturas de 80, 85 y 90 °C.

En las funciones lineales para los tratamientos T1, T2 y T3, el efecto del tratamiento térmico en la elaboración de mermelada reduce el contenido de antocianinas. El tratamiento T3, presenta mayor velocidad de reacción

seguido por T2 y T1 con 0,46; 0,25 y 0,14 mg/min. La degradación de antocianinas es más severa que los compuestos fenólicos, ya que las antocianinas son bioactivas termolábiles (Oancea y Calin, 2016). La estabilidad de las antocianinas es altamente influenciada por la temperatura (García-Viguera et al., 1999). El contenido de antocianinas en la fresa es alterado por el procesamiento térmico, pueden degradarse parcial o totalmente (Da Silva Pinto et al., 2007).

Actividad antioxidante en la mermelada ($\mu\text{M TE/g}$)

Se determinó 3,26 $\mu\text{M TE/g}$; 2,03 $\mu\text{M TE/g}$ y 1,28 $\mu\text{M TE/g}$ para los tratamientos T1, T2 y T3 (Figura 4). Agostini et al. (2004), reportó $0,226 \pm 0,005 \mu\text{M TE/g}$ en la Frutilla (*Fragaria spp.*) procesada térmicamente a una temperatura de 95 °C. En la frutilla (*Fragaria ananassa* Duch.) la disminución de la capacidad antioxidante en la obtención de mermelada es menor, comparado con la disminución de los demás compuestos bioactivos con 0,20 $\mu\text{M TE/g}$ (Levaj et al., 2012).

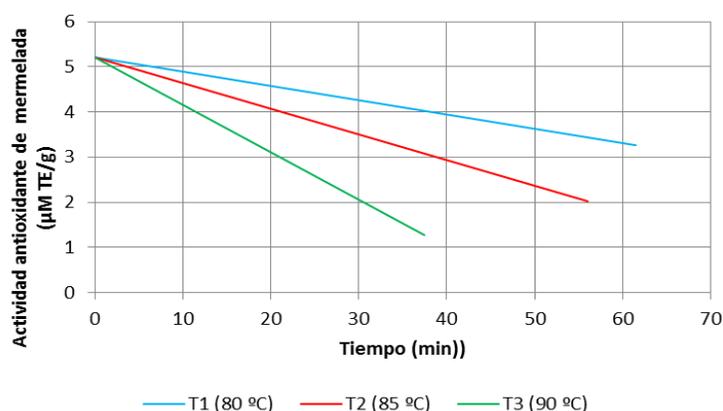


Figura 4. Comportamiento cinético de la actividad antioxidante ($\mu\text{M TE/g}$), en relación al tiempo y proceso térmico a temperaturas de 80, 85 y 90 °C.

De acuerdo a las funciones lineales; las velocidades de reacción para el tratamiento T1 fue 0,03 $\mu\text{M TE/min}$; 0,06 $\mu\text{M TE/min}$ para T2 y 0,10 $\mu\text{M TE/min}$ para T3. El tratamiento T3 presentó mayor velocidad de actividad antioxidante en la mermelada de frutilla, seguida de T2 y T1. La pérdida de antioxidantes en el proceso térmico, causa una disminución en la capacidad antioxidante (Zhang et al., 2014).

CONCLUSIONES

El tratamiento térmico influye en el contenido de fenoles. En la frutilla fueron 1.625,705 $\mu\text{gGAE/g}$, en la mermelada se redujo a: 396.91 $\mu\text{gGAE/g}$, 635.04 $\mu\text{gGAE/g}$ y 1016.06 $\mu\text{gGAE/g}$ para el tratamiento T3 (90 °C), T2 (85 °C) y T1 (80 °C) respectivamente, con velocidades de reacción de: 32.77 $\mu\text{gGAE/min}$, 17.69 $\mu\text{gGAE/min}$ y 9.91 $\mu\text{gGAE/min}$.

El contenido de antocianinas en la frutilla fue 22,86 mg/100g, en la mermelada se redujo a: 5.53 mg/100g para el tratamiento T1 (80 °C), 8.86 mg/100g para T2 (85 °C) y 14.17 mg/100g para T3 (90 °C) respectivamente, el tratamiento térmico disminuye la cantidad de antocianinas, a velocidades de reacción de: 0.46 mg/min, 0.25 mg/min y 0.14 mg/min.

La actividad antioxidante es influida por el tratamiento térmico, en la Frutilla fue 5,205 $\mu\text{M TE/g}$, en la mermelada disminuyó a: 1,28 $\mu\text{M TE/g}$, 2,03 $\mu\text{M TE/g}$ y 3,26 $\mu\text{M TE/g}$ para T3 (90 °C), T2 (85 °C) y T1 (80 °C) respectivamente. A mayor tratamiento térmico la capacidad antioxidante es menor, con velocidades de reacción de: 0,10 $\mu\text{M TE/min}$ para T3, 0,06 $\mu\text{M TE/min}$ para T2 y 0,03 $\mu\text{M TE/min}$ para el T1.

BIBLIOGRAFÍA

- Agostini, L. R., Morón Jiménez, M. J., Ramón, A. N., & Ayala Gómez, A. (2004). Determinación de la capacidad antioxidante de flavonoides en frutas y verduras frescas y tratadas térmicamente. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 54(1), 89-92. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000100013
- Alejandro, G. N. M. (2009). Cuantificación de fenoles y flavonoides totales en extractos naturales. *Universidad Autónoma de Querétaro. Rev Acad*, 1, 1-4. https://www.uaq.mx/investigacion/difusion/veranos/memorias-2007/56_1UAQGarciaNava.pdf
- Amakura, Y., Umino, Y., Tsuji, S., & Tonogai, Y. (2000). Influence of jam processing on the radical scavenging activity and phenolic content in berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(12), 6292-6297.
- Benítez, A., Villanueva, J., González, G., Alcántar, V., Puga, R., & Quintero, A. (2020). Determinación de la capacidad antioxidante total de alimentos y plasma humano por fotoquimioluminiscencia: Correlación con ensayos fluorométricos (ORAC) y espectrofotométricos (FRAP). *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas* (23). doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.244
- Bursac Kovačević, D., Levaj, B., & Dagović-Uzelac, V. (2009). Free radical scavenging activity and phenolic content in strawberry fruit and jam. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 74(3), 155-159. <https://hrcak.srce.hr/file/73075>
- Caisahuana Sanabria, M. C. (2012). Evaluación de vitamina c, polifenoles totales y capacidad antioxidante en dos estados de madurez del camu camu (*Myrciaria dubia* H.B.K. Mc Vaugh) de Mazamari – Satipo. *Universidad Nacional del Centro del Perú*.
- Cantillano, R. F. F., Ávila, J. M. M., Peralba, M. D. C. R., Pizzolato, T. M., & Toralles, R. P. (2012). Actividad antioxidante, compuestos fenólicos y ácido ascórbico de frutillas en dos sistemas de producción. *Horticultura Brasileira*, 30(4), 620-626.
- Chordi Barrufet, S. (2013). Contenido fenólico y capacidad antioxidante de fresa mínimamente procesada sometida a tratamientos de conservación por pulsos de luz de alta intensidad. *Universitat de Lleida*.
- Criado, C., & Moya, M. (2009). Vitaminas y antioxidantes. http://2011.elmedicointeractivo.com/Documentos/doc/VITAMINAS_Y_ANTIOX_EL_MEDICO.pdf
- Da Silva Pinto, M., Lajolo, F. M., & Genovese, M. I. (2007). Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de las mermeladas de fresa. *Alimentos vegetales para la nutrición humana*, 62 (3), 127-131.
- de Pabón, L. M. C., Cartagena, R., Peláez, C., Gaviria, C. A., & Rojano, B. A. (2012). Capacidad antioxidante de dos variedades de *Fragaria x ananassa* (Weston) Duchesne (fresa) sometidas a variaciones en la nutrición vegetal. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 17(1), 37-53.
- García-Viguera, C., Zafrilla, P., Romero, F., Abellán, P., Artés, F., & Tomás-Barberán, F. A. (1999). Color stability of strawberry jam as affected by cultivar and storage temperature. *Journal of Food Science*, 64(2), 243-247.
- Garzon, G. A., & Wrolstad, R. E. (2002). Comparison of the stability of pelargonidin-based anthocyanins in strawberry juice and concentrate. *Journal of Food Science*, 67(4), 1288-1299.
- Hassimotto, N. M. A., Mota, R. V. D., Cordenunsi, B. R., & Lajolo, F. M. (2008). Physico-chemical characterization and bioactive compounds of blackberry fruits (*Rubus sp.*) grown in Brazil. *Food*
- Jin, H., & Yong, L. (2005). Strawberry and its anthocyanins reduce oxidative stress induced apoptosis in PC12 cells.
- Levaj, B., Bursac Kovačević, D., Bituh, M., & Dragović-Uzelac, V. (2012). Influence of jam processing upon the contents of phenolics and antioxidant capacity in strawberry fruit (*Fragaria ananassa* × Duch.). *Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam*, 7(SPECIAL ISSUE-7th), 18-22.
- Lozano Ayala, S. A. (2017). Tratamiento térmico y modelamiento matemático del concentrado de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en envase de hojalata y de vidrio. *Universidad Nacional del Callao*.
- Mariaca, C. J., Zapata, M., & Uribe, P. (2016). Oxidación y antioxidantes: hechos y controversias. *Revista de la Asociación Colombiana de Dermatología y Cirugía Dermatológica*, 24(3), 162-173.
- Nicoli, M. C., Anese, M., Parpinel, M. T., Franceschi, S., & Lericci, C. R. (1997). Loss and/or formation of antioxidants during food processing and storage. *Cancer letters*, 114(1-2), 71-74.

- Oancea, S., & Calin, F. (2016). Changes in total phenolics and anthocyanins during blackberry, raspberry and cherry jam processing and storage. *Romanian Biotechnological Letters*, 21(1), 11232-11237.
- Park, Y-S., Jung, S-T., Kang, S. G., Heo, B. G., Arancibia-Avila, P., Toledo, F., & Gorinstein, S. (2008). Antioxidants and proteins in ethylene-treated kiwifruits. *Food Chemistry*, 107(2), 640-648.
- Peñarrieta, M., Tejada, L., Mollinedo, P., Vila, J., & Bravo, J. (2014). Compuestos fenólicos y su presencia en alimentos. *Revista Boliviana de Química*, 31(2), 68-81. <https://www.redalyc.org/pdf/4263/426339682006.pdf>
- Poiana, M. A., Moigradean, D., Dogaru, D., Mateescu, C., Raba, D., & Gergen, I. (2011). Processing and storage impact on the antioxidant properties and color quality of some low sugar fruit jams. *Romanian Biotechnological Letters*, 16(5), 6504-6512.
- Quiroga, V. (1976). Manual práctico para el análisis de experimentos de campo. IICA Biblioteca Venezuela.
- Rababah, T. M., Al-Mahasneh, M. A., Kilani, I., Yang, W., Alhamad, M. N., Ereifej, K., & Al-u'datt, M. (2011). Effect of jam processing and storage on total phenolics, antioxidant activity, and anthocyanins of different fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(6), 1096-1102.
- Uribe Holguín, C. (2010). Evaluación de la actividad antioxidante de las hojas de *Pentacalia corymbosa* y *Pentacalia nitida* (Asterales: asteráceae). Pontificia Universidad Javeriana.
- Valeriano Valverde, J., B. (2014). Efecto de la concentración de la solución osmótica y tiempo del pre-tratamiento osmótico en el color, contenido de compuestos fenólicos totales y antocianinas en mermelada de fresa (*Fragaria vesca* L.). Universidad Nacional de Trujillo.
- Wang, H., Cao, G. y Prior, RL (1996). Capacidad antioxidante total de las frutas. *Revista de química agrícola y alimentaria*, 44 (3), 701-705.
- Watanabe, Y., Yoshimoto, K., Okada, Y., & Nomura, M. (2011). Effect of impregnation using sucrose solution on stability of anthocyanin in strawberry jam. *LWT-Food Science and Technology*, 44(4), 891-895.
- Zapata Giraldo, C. Y., & Alexandra Cardona, M. (2014). Estudio de la biodisponibilidad de los antioxidantes hidrosolubles tipo flavonoides para su utilización en la industria de las bebidas. Corporación Universitaria Lasallista.