
Efecto del secado sobre la capacidad antioxidante del *Aloe vera* suplementado con polifenoles provenientes de residuos agroindustriales

Zapata, C^a., Ceballos, A^b., Ortiz, E.Y^b

^a Estudiante de Ingeniería Bioquímica. Facultad de Ingeniería - Departamento de Ingeniería Bioquímica, Universidad Icesi, Calle 18 No. 122-135, Cali - Colombia.

^b Profesores de la Facultad de Ingeniería - Departamento de Ingeniería Bioquímica, Universidad Icesi, Calle 18 No. 122-135, Cali - Colombia.

I N F O

A R T Í C U L O A B S T R A C T

Aloe vera
Cáscaras de
chontaduro
Polifenoles
Capacidad
antioxidante
Secador de
ventana
refractiva

Las cáscaras de chontaduro han sido reconocidas como una fuente de antioxidantes, siendo ricas en polifenoles. Estos compuestos una vez obtenidos requieren ser procesados para prolongar su vida útil, ya que, extraídos son susceptibles a la degradación. Por lo anterior, resulta conveniente optar por métodos de conservación teniendo en cuenta sus características termolábiles para preservar sus propiedades. El secado por ventana refractiva ha mostrado ser una buena opción, pues por medio de radiación, conducción y convección, deshidrata materiales sensibles al calor manteniendo su integridad nutricional. La técnica mencionada ha sido utilizada para secar alimentos ricos en antioxidantes como el *aloe vera*. Por ello, este estudio evaluó el efecto de la relación másica de la mezcla y la temperatura de secado sobre la capacidad antioxidante (%CA) y contenido total fenólico (CTF) del *aloe vera* suplementado con polifenoles extraídos de cáscaras del chontaduro. Con los resultados obtenidos estadísticamente no se encontró efectos significativos en los rangos evaluados de los factores, pero se infiere que es necesario normalizar la metodología para la cuantificación de compuestos fenólicos totales por el método de Folin-Ciocalteu y la medición de la capacidad antioxidante por DPPH para muestras líquidas.

1. Introducción

El aumento de la demanda de metabolitos biológicamente activos como los polifenoles, brinda al desarrollo agroindustrial del Valle del Cauca una oportunidad para el aprovechamiento de residuos cuyo potencial no ha sido evaluado.

En estudios preliminares se ha demostrado que las cáscaras del chontaduro son una materia prima de alto valor nutricional. Su composición fisicoquímica consta de lípidos, carbohidratos, proteínas y compuestos fenólicos (Martínez-Girón *et al.*, 2017). Estos

últimos, son catalogados como compuestos bioactivos beneficiosos para la salud humana por sus propiedades antioxidantes. Los compuestos obtenidos del chontaduro requieren ser procesados en un tiempo limitado para prolongar su vida útil, pues la producción y cosecha del fruto se da dos veces al año (Bolanho *et al.*, 2015) y en el caso de los polifenoles una vez extraídos, son susceptibles a la degradación (Patras *et al.*, 2010). Investigaciones anteriores han reportado la descomposición significativa de los compuestos fenólicos a temperaturas mayores de 70 °C (Hamama & Nawar, 1991). Por lo anterior, resulta conveniente optar por métodos de conservación teniendo en cuenta sus características termolábiles para preservar sus propiedades funcionales.

El secado por ventana refractiva ha mostrado ser una buena opción, pues por medio de radiación, conducción y convección, deshidrata materiales sensibles al calor manteniendo su integridad nutricional (Clarke, 2004). La técnica mencionada ha sido utilizada para secar alimentos ricos en antioxidantes (Shishir & Chen, 2019). Autores como Mejía (2001) y Artunduaga *et al.*, (2021) han utilizado *aloe vera* (*Aloe barbadensis Miller*) como matriz de secado para identificar el método adecuado que conserve sus propiedades funcionales, además de evaluar las características fisicoquímicas del material cuando es llevado a un proceso de secado. De ambos estudios se concluyó que el secado por ventana refractiva permite conservar la naturaleza activa del *aloe* porque la temperatura promedio que alcanzan los productos es de 70°C y requiere tiempos de secado menores que métodos convencionales como el secado por aire caliente (Mahanti *et al.*, 2021).

Se han realizado avances importantes en la evaluación de la actividad biológica en

matrices de interés industrial y alta demanda en el mercado como el *aloe vera*, sin embargo, en la actualidad no hay informes de evaluación donde se reporte su potencial como matriz suplementada con compuestos fenólicos extraídos de cáscaras del chontaduro. Por ello, este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la relación másica de la mezcla y la temperatura de secado por ventana refractiva sobre la capacidad antioxidante y contenido total fenólico del *aloe vera* suplementado con polifenoles extraídos de residuos de cáscaras del chontaduro.

2. Materiales y métodos

2.1. Materias primas y caracterización

Las cáscaras de chontaduro y el *aloe vera* se obtuvieron de la empresa Frudelpa S.A. y se compraron en el mercado local respectivamente. Por su parte, con las cáscaras de chontaduro se elaboró harina con el fin de facilitar el almacenamiento de la materia prima. Las cáscaras fueron extendidas en bandejas de aluminio para ser secadas en horno de convección a 40 °C por 48 h hasta alcanzar una humedad inferior al 10%. Posteriormente, fueron ingresadas a un proceso de molienda en un molino de cuchillas Cutting Mill CM-20,000 (MRC) empleando una criba con un poro de 0,25 mm. La harina seca de cáscara de chontaduro (HSC) fue almacenada a -21°C hasta el momento de utilizarla en el proceso de extracción de polifenoles. Se realizó un análisis proximal de la HSC midiendo contenido de humedad por secado en horno de convección a 110 °C; de cenizas por calcinación en mufla a 550 °C; de lípidos por método Soxhlet; de carbohidratos por método diferencial y de proteínas por método de Bradford.

2.2. Extracción de polifenoles

El procedimiento de extracción de polifenoles a partir de HSC se llevó a cabo mediante el proceso de cocción con agua a escala de planta

piloto propuesto por Avila et., al (2020) usando una relación 1:15 p/p de harina/agua en un reactor de tanque agitado (30 L) por una hora a 60 °C con agitación de 100 rpm. Una vez obtenido el extracto, con el fin de concentrarlo, se evaporó al vacío a 50 °C y 23 InHg por 2 h.

2.3. Proceso de secado

Se empleó un sistema de secado de ventana refractiva de tipo discontinuo a escala de laboratorio (Centricol ltda). En este sistema se utilizó agua caliente como medio calefactor. Se utilizó un lote de 180 g de *aloe vera* suplementado con el extracto como material a deshidratar. La matriz se extendió con un espesor menor a 8 mm sobre platos de aluminio referencia KA.HS14522 que se encontraban en contacto con la banda de poliéster. El tiempo de secado fue de 4,5 horas sin movimiento de la banda.

2.3.1. Diseño experimental y análisis estadístico

En este estudio, se analizaron dos factores de secado; la temperatura (T) de secado (50°C, 60°C) y relación másica en base húmeda (m/m) de la mezcla de *aloe* con extracto de polifenoles (1:1, 2:1). Cabe resaltar que en la mezcla 2:1, hace referencia a que se agregó el doble de extracto de chontaduro que de *aloe vera*. Como variables de respuesta fueron registradas el CTF (g AG eq /100 gbs) y (%CA).

Los ensayos utilizados para monitorear el proceso se realizaron por triplicado y los valores informados corresponden al valor medio y su desviación estándar. Las diferencias estadísticas de los experimentos evaluados se analizaron mediante un ANOVA ($p < 0,05$ de confianza). Los ensayos utilizados para monitorear el proceso se realizaron por triplicado y los valores informados corresponden al valor medio y su desviación estándar. Se utilizó Minitab 19

(Minitab Inc.) para analizar los datos.

2.4. Contenido de polifenoles total

Se empleó el método descrito por Martínez-Girón et al., (2017) ajustado para el análisis del CTF. La muestra (0,5 mL) se mezcló con reactivo de Folin-Ciocalteu (0,55 mL), se añadió carbonato de sodio al 7,5 % (1,1 mL) y agua destilada (8,85 mL). La mezcla se incubó a temperatura ambiente y en la oscuridad durante una hora. El cambio de absorbancia se midió utilizando un espectrofotómetro Thermo Scientific (Genesys 150) a 725 nm. El ácido gálico se utilizó como estándar y el CTF de la cáscara de chontaduro de la formulación final seca se expresó como g de ácido gálico equivalente por 100 gramos de peso seco de muestra (g AG eq/100 g bs).

2.5. Determinación de capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante expresada como porcentaje de inhibición del radical DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radicals, marca Sigma-Aldrich) se llevó a cabo por el método descrito por Turkmen, et al., (2005) y por Ruttarattanamongkol, et al., (2016). La muestra fue preparada a partir de 1 mL del extracto y 2 mL del DPPH 0,1 mM fresco. A su vez, se elaboró un control, que consistió en 1 mL de metanol y 2 mL de DPPH 0,1 mM. Tanto la muestra como el control se agitaron y se dejaron en reposo durante una hora en la oscuridad. Se utilizó un equipo espectrofotómetro Thermo Scientific (Genesys 150) para las lecturas de la absorbancia tanto de la muestra como del control, a una longitud de onda de 517 nm, con metanol para la calibración del equipo.

El porcentaje de capacidad antioxidante en términos de inhibición del radical DPPH se encontró mediante la ecuación 1:

$$CA (\%) = \frac{A_{517Control} - A_{517Muestra}}{A_{517Control}}$$

Ecuación 1

3. Resultados y discusión

3.1. Análisis proximal de la HRC

Los parámetros fisicoquímicos evaluados en la HSC se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Caracterización de la harina obtenida de cáscara de chontaduro

Parámetros	Porcentaje en base seca [%/gbs]
Cenizas	10,40±0,04
Proteína	9,41±0,017
Lípidos	10,39±0,12
Carbohidratos	65,43±0,1
Polifenoles	3,90±0,02

Se propuso realizar un proceso térmico para disminuir la actividad del agua libre y así, prolongar la vida útil de la harina reduciendo la probabilidad del crecimiento de microorganismos. Del mismo modo, según lo reportado por Forero, Godoy, Díaz, Luna, & Motta (2005) implementar este proceso térmico reduce el deterioro originado por reacciones enzimáticas. En este sentido, la HSC obtenida después del procesamiento térmico presentó un porcentaje de materia seca final de 92,29%±0,03.

Los porcentajes de cenizas, proteína, lípidos y carbohidratos presentados en la tabla 1, son equiparables a los reportados por Martínez-Girón *et al.*, (2017), estos autores obtuvieron valores de 1,95 %, 6,18%, 13,47% y 62,81% en harina de epicardio de chontaduro respectivamente.

Finalmente, para la HSC el CTF fue de 10,40 ±0,1 g AG/100 gbs y la capacidad antioxidante fue de 33,24% determinada mediante técnica 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH). Investigaciones

anteriores han evaluado los compuestos antioxidantes y fenólicos en mesocarpio de chontaduro. Por ejemplo, Quesada *et al.* (2011), realizaron determinaciones de capacidad antioxidante en la pulpa de dos variedades de chontaduro y registraron valores de 11,60% y 9,10% respectivamente, resultados inferiores a los obtenidos en este estudio.

3.2. Proceso de secado

En el presente estudio, la matriz de *aloe vera* suplementada se secó para obtener un producto con un contenido de humedad final de 13-15%. Esta humedad solo se pudo alcanzar con los tratamientos cuando la temperatura fue de 60 °C. Por lo tanto, se fijó 4,5 horas como tiempo de exposición de secado.

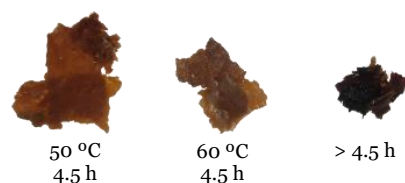


Figura 1. Resultado de pruebas preliminares a diferentes tiempos de secado

El tiempo se determinó realizando ensayos preliminares en donde se evidenció que a tiempos de exposición mayores a 4,5 horas se afectaban los atributos de calidad deseables para el producto final como el color, el aroma y la textura (Véase figura 1).

La tabla expuesta a continuación (tabla 2) reúne los valores obtenidos durante las corridas experimentales.

Tabla 2. Matriz de diseño experimental

T [°C]	m/m [g:g]	CTF [g AG eq /100 gbs]	%CA [%]
60	1:1	0,32±	52,78%
		0,017	±0,001
50	1:1	0,39±	57,81%
		0,013	±0,024
60	2:1	0,80±	55,24%
		0,053	±0,002
50	2:1	0,61±	49,67%
		0,038	±0,053
60	1:1	0,68±	37,18%
		0,013	±0,029
50	1:1	0,27±	45,14%
		0,0097	±0,004
60	2:1	0,28±	47,46%
		0,023	±0,004
50	2:1	0,54±	42,32%
		0,012	±0,062

El rango de CTF para los ensayos realizados osciló entre 0,27-0,80 g AG eq/100 gbs. Por otro lado, la capacidad antioxidante expresada en porcentaje de inhibición del radical DPPH se mantuvo entre 37-55%.

3.3. Contenido total fenólico

En el presente estudio, se cuantificó el CTF de las muestras frescas, es decir, antes del proceso de secado y para las muestras después del proceso de secado. Como se puede observar en la figura 2, los valores más altos corresponden al CTF para las muestras frescas, obteniéndose el valor más alto cuando se aumentó, en la mezcla, la proporción de polifenoles extraídos de la cáscara de chontaduro (2:1).

Lo anterior es congruente con lo esperado, puesto que al suplementar el *aloe vera* se

espera que haya una mayor concentración de polifenoles en la muestra inicial. Sin embargo, al someterlas al proceso de secado se presenta una disminución evidente del CTF para ambas formulaciones y temperaturas (Véase figura 2).

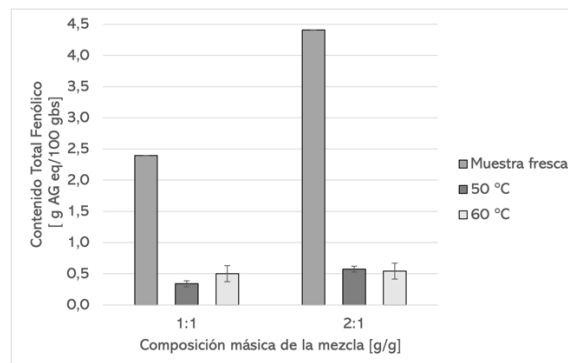


Figura 2. Contenido total fenólico antes y después del proceso de secado

Como se puede observar en la tabla 4, los porcentajes de disminución para todos los ensayos están por encima del 70%.

Tabla 4. Disminución de polifenoles después del secado

T [°C]	Disminución de contenido fenólico en la mezcla [%]	
	1:1	2:1
50	86,21	86,93
60	79,53	87,66

Posiblemente la disminución de compuestos fenólicos está relacionada a lo discutido por Tonon et al. (2010) en su investigación en donde afirman que el aumento de la temperatura conduce a una degradación más rápida de los polifenoles presentes en matrices orgánicas, ya que son de naturaleza altamente termosensible. Dicha disminución en el CTF también la reportan Solaberrieta et al. (2022) para matrices de *aloe vera*.

3.4. Capacidad antioxidante

La figura 3 presenta los resultados de la %CA en función de la temperatura y la relación másica de la mezcla.

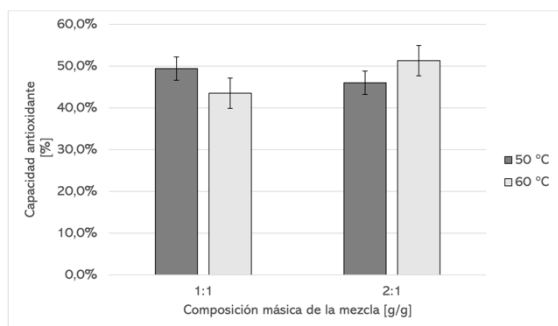


Figura 3. Capacidad antioxidante después del proceso de secado

Como se evidencia en la figura 3, se reportó $51,3\% \pm 0,06$ como el valor máximo de %CA en este estudio. Este porcentaje de inhibición corresponde al ensayo que evaluó la temperatura de $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ con la relación másica 2:1. El CTF para este tratamiento fue de $0,54\text{ g AG}/100\text{ gbs}$.

Dicho registro es inferior a lo reportado por Wariyah et al. (2022) donde la %CA del *aloe vera* por DPPH fue $82,92 \pm 2,43$ y $0,00549 \pm 2.28\text{ g AG}/100\text{ gbs}$ de CTF. Cabe mencionar que para la investigación los autores realizaron el proceso de secado en horno de convección a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Por lo tanto, es posible inferir que no hay una correlación directa entre la cantidad de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante. Resultados similares reportaron en su investigación Manzocco et al., (2001) en la cual concluyen que factores como la técnica de secado y métodos analíticos hacen que los datos sobre el CTF y la %CA sean contradictorios.

Es posible que la divergencia en los resultados se dé por la sensibilidad de los métodos de cuantificación. La posibilidad radica en que después del secado es de esperarse la aparición de azúcares simples. Lo anterior se debe a que los componentes de la muestra están sometidos a temperaturas altas, esto puede generar el rompimiento de enlaces y la consecuente

conversión de los polisacáridos, a sus respectivas unidades monoméricas (Zapata et al., 2015).

Durante esta investigación, se empleó la técnica Folin-Ciocalteu para cuantificar fenoles totales. Sin embargo, esta es capaz de detectar cualquier sustancia reductora, presentando interferencias con azúcares reductores libres (Prior et al., 2005).

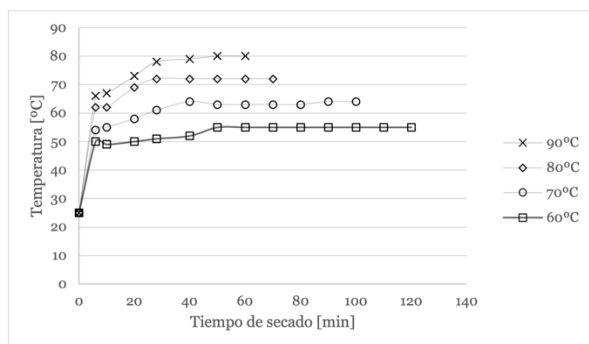
Por lo tanto, este método podría estar respondiendo positivamente a azúcares reductores que no están implicados en la capacidad antioxidante. Dichas moléculas serían producto de la degradación de polisacáridos presentes en el *aloe vera* como el acemanano, que según Minjares-Fuentes et al. (2017) la estructura presenta pérdidas de manosa y galactosa después del proceso de secado por ventana refractiva a temperaturas cercanas a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sin embargo, para respaldar esta información, sería necesario realizar la cuantificación de dichos compuestos en las muestras.

Lo anterior soporta los resultados arrojados por el ANOVA, los cuales indican la insignificancia estadística de los factores estudiados en los rangos seleccionados (valores $p > 0,05$) sobre las variables de respuesta.

Por otro lado, la técnica de secado utilizada fue por ventana refractiva. Para ambas temperaturas, el proceso de secado duró 4,5 horas (270 min). Vale la pena señalar que este tiempo fue más bajo a los informados en otros trabajos que involucran el secado hasta una humedad por debajo del 20% del *aloe vera* por el método de secado por convección con aire caliente en condiciones relativamente similares: 210–800 min a $50\text{--}90\text{ }^{\circ}\text{C}$ por Vega et al. (2007) y 600 min a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ por Miranda et al. (2009).

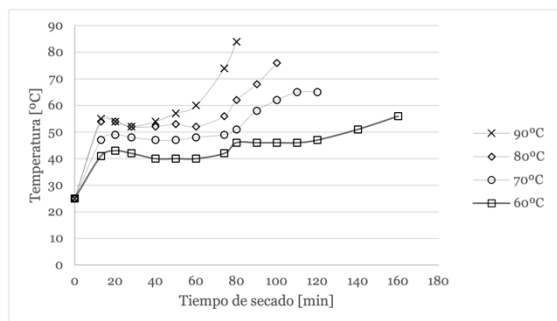
Esta disminución según Mahanti et al. (2021) se debe a que en el secado por ventana refractiva están presentes los tres mecanismos

de transferencia de calor; conducción, radiación y convección desde el inicio del proceso, lo que permite una remoción de humedad relativamente mayor pues la temperatura más alta durante el proceso se alcanza rápidamente (Figura 4) a diferencia de las técnicas de secado convencionales como las de aire caliente (Figura 5).



Tomado de Rajoriya et al. (2019)

Figura 4. Perfil de temperatura de secado por ventana refractiva



Tomado de Rajoriya et al. (2019)

Figura 5. Perfil de temperatura de secado por aire caliente

En el caso del *aloe vera*, los principales factores a tener en cuenta para la conservación de las propiedades funcionales del gel son la temperatura y el tiempo de exposición, ya que a mayor tiempo de exposición se produce una mayor degradación de los nutrientes Vega et al. (2007). Por lo que, con los resultados obtenidos, se estaría sometiendo la muestra a tiempos más cortos de proceso y minimizando los costos operativos que incluyen el requerimiento energético, el tiempo de uso, el deterioro y devaluación del

equipo.

4. Conclusión

El presente estudio demostró que con el secador de ventana refractiva es posible obtener un producto seco con una humedad cercana al 15% que presente capacidad antioxidante.

Cabe resaltar que, aunque no se puede afirmar con certeza estadística un efecto de la temperatura y la relación másica en los rangos evaluados sobre CTF y %CA, es un buen acercamiento para identificar oportunidades de mejora dentro del proceso para futuros experimentos.

Por tanto, dado que la posible limitante que se identificó en el desarrollo y evaluación de los experimentos fue la interferencia de los métodos de medición para determinar los valores de CTF y %CA en las muestras líquidas, pues no se obtuvo precisión y exactitud como se evidencia con las desviaciones entre réplicas, se recomienda normalizar una metodología para la cuantificación de compuestos fenólicos totales por el método de Folin-Ciocalteu y la medición de la capacidad antioxidante por DPPH para muestras de esa naturaleza.

También, es necesario realizar la cuantificación de los azúcares reductores en la mezcla para determinar si interfieren en el método de medición para fenoles totales.

Finalmente, se resalta la importancia de profundizar en procesos de biorrefinería que permitan obtener productos de valor agregado a partir de residuos agroindustriales.

Referencias

- Artunduaga Antury, K. L., Vargas Rojas, D. A., & Barrera Bermeo, S. M. (2021). Conservación de las propiedades nutraceuticas del *Aloe Vera* (*Aloe Barbadensis Miller*), mediante técnicas de secado. *Ingeniería y Región*, 25, 6–21.
- Avila, F., Gomez, J., & Sarria, M (2020). Implementación de un esquema de biorrefinamiento para el aprovechamiento de cáscaras de chontaduro.
- Bolanho, B. C., Danesi, E. D. G., & Beléia, A. D. P. (2015). Carbohydrate composition of peach palm (*Bactris gasipaes Kunth*) by-products flours. *Carbohydrate Polymers*, 124, 196–200.
- Clarke, P. (2004). REFRACTANCE WINDOW TM - "DOWN UNDER. *Drying 2004- Proceedings of the 14th International Drying Symposium (IDS)*. Vol. B, pp. 813-820.
- Forero, C., Godoy, S., Díaz, D., Luna, G., & Motta, E. (2005). Estandarización de conservas de chontaduro como alternativa para el fortalecimiento integral de la minicadena de la palma de chontaduro (*Bactris gasipaes*) en el departamento del Cauca. *Revista Facultad de Ciencias Agrarias*, 3(1), 1-10
- Hamama, A. A.; Nawar, W. (1991). Thermal decomposition of some phenolic antioxidants. *J. Agric. Food Chem.* 1991, 39, 1063-1069.
- Mahanti, N. K., Chakraborty, S. K., Sudhakar, A., Verma, D. K., Shankar, S., Thakur, M., Singh, S., Tripathy, S., Gupta, A. K., & Srivastav, P. P. (2021). Refractance Window™-Drying vs. other drying methods and effect of different process parameters on quality of foods: A comprehensive review of trends and technological developments. *Future Foods*, 3, 100024.
- Martínez-Girón, J., Rodríguez-Rodríguez, X., Pinzón-Zárate, L. X., & Ordóñez-Santos, L. E. (2017). Caracterización fisicoquímica de harina de residuos del fruto de chontaduro (*Bactris gasipaes Kunth*, *Arecaceae*) obtenida por secado convectivo. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(3), 599-613
- Manzocco, L., Calligaris, S., Mastrocola, D., Nicoli, M. C., & Lerici, C. R. (2001). Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. *Trends in Food Science & Technology*, 11(9–10), 340–346.
- Mejía Terán, A. L. (2011). Efecto de la deshidratación por radiación infrarroja sobre algunas características fisicoquímicas de interés comercial del *Aloe vera* (*Aloe barbadensis*). 77. Disponible en:
- Miranda M., Maureira H., Rodríguez K., Vega-Galvez A. (2009). Influence of temperature on the drying kinetics, physicochemical properties, and antioxidant capacity of *Aloe Vera* (*Aloe Barbadensis Miller*) gel. *J. Food Eng.* 2009;91:297–304.
- Minjares-Fuentes, R., Femenia, A., Comas-Serra, F., Rosselló, C., Rodríguez González, V., González-Laredo, R., Gallegos-Infante, J., & Medina-Torres, L. (2016). Effect of different drying procedures on physicochemical properties and flow behavior of *Aloe vera* (*Aloe barbadensis Miller*) gel. *LWT*, 74, 378–386.

- Patras, N.P. Brunton, C. O'Donnell, B.K. (2010), Tiwari Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. *Trends in Food Science & Technology*, 21 (1) pp. 3-11
- Prior, R. L., X. Wu y K. (2005). Schaich, Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*: 53(10), 4290-4302.
- Quesada, S., Gabriela, A., Jatunov, S., Jiménez, G., Navarro, L., & Gómez, G. (2011). Carotenoids composition, antioxidant activity and glycemic index of two varieties of *Bactris gasipaes*. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 23(6), 482-489.
- Rajoriya, D., Shewale, S. R., & Hebbar, H. U. (2019). Refractance Window Drying of Apple Slices: Mass Transfer Phenomena and Quality Parameters. *Food and Bioprocess Technology*, 12(10), 1646–1658.
- Solaberrieta, I., Jiménez, A., & Garrigós, M. C. (2022). Valorization of *Aloe vera* Skin By-Products to Obtain Bioactive Compounds by Microwave-Assisted Extraction: Antioxidant Activity and Chemical Composition. *Antioxidants*, 11(6), 1058.
- Tonon, R. V., C. Brabet y M.D. Hubinger, (2010). Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray-dried açai (*Euterpe oleracea Mart.*) juice produced with different carrier agents, *Food Research International*: 43(3): 907–914.
- Turkmen, N., Sari, F., & Velioglu, Y. S. (2006). Effects of extraction solvents on concentration and antioxidant activity of black and black mate tea polyphenols determined by ferrous tartrate and Folin–Ciocalteu methods. *Food Chemistry*, 99(4), 835–841.
- Vega, A., Uribe, E., Lemus, R., & Miranda, M. (2007). Hot-air drying characteristics of *Aloe vera* (*Aloe barbadensis Miller*) and influence of temperature on kinetic parameters. *LWT - Food Science and Technology*, 40(10), 1698–1707.
- Wariyah, C., Riyanto, & Slamet, A. (2022). Antioxidative activity of *aloe vera* powder produced using maltodextrin and gum arabic as fillers. *E3S Web of Conferences*, 344.
- Zapata, K., Rojano, B. A., & Cortes, F. B. (2015). Efecto Térmico del Secado por Aspersión sobre los Metabolitos Antioxidantes de la Curuba Larga (*Passiflora mollissima baley*). *Información tecnológica*, 26(1), 77–84.