

PROPIEDADES NUTRACÉUTICAS Y NUTRICIONALES DEL ESCAPO FLORAL DE AGAVE SALMIANA

Medina-Galván M.I., González-Cruz L., Juárez-Goiz J.M.S., Bernardino-Nicanor A.*
Instituto Tecnológico de Celaya, Departamento de Ingeniería Bioquímica, Av. Tecnológico y A. García Cubas. S/N., Colonia Alfredo V. Bonfil, C.P. 38010, Celaya, Guanajuato, México

[*aureabernardino@yahoo.com](mailto:aureabernardino@yahoo.com)

RESUMEN

En recientes años se han realizado estudios enfocados al análisis de diferentes especies pertenecientes al género *Agave*, sin embargo estos estudios se han centrado en las hojas, piña, flores y fruto, dejando a un lado el análisis del escapo floral, por lo que el objetivo del presente trabajo fue evaluar tanto la composición nutricional como nutraceutica de esta estructura, para lo cual se utilizaron 3 escapos de diferente altura 2, 2.5 y 3 m (E₃, E₂, y E₁ respectivamente), seccionados en 3 partes S₁ (parte cercana a la piña), S₂ (parte central) y S₃ (parte más alejada de la piña), para obtener 5 extractos con disolventes de distinta polaridad, en adición al extracto crudo, determinando su composición química proximal, actividad antioxidante y contenido de fenoles totales. Los resultados indican que existen diferencias estadísticamente significativas entre la composición química proximal de los 3 escapos, así como entre sus respectivas secciones, mostrando una tendencia ascendente hacia el ápice del escapo en cuanto a contenido de humedad, cenizas, proteínas y extracto etéreo se refiere, mientras que la mayor concentración de fibra y carbohidratos se concentra en la parte baja (S₁). Por otra parte, el extracto acuoso de la sección media (S₂) del escapo floral E₃ es fuente importante de compuestos fenólicos y exhibe la mayor actividad antioxidante.

ABSTRACT

In recent years there have been studies focused on the analysis of different species of the genus *Agave*, however these studies have focused on leaves, pineapple, flowers and fruit, leaving aside the analysis of the flowering scape, so that the aim of this project was to evaluate both the nutritional composition and nutraceutical this structure, three flowering scape with different height 2, 2.5 y 3 m (E₃, E₂, y E₁ respectively) were used, everyone cutted into 3 parts, S₁ (nearing to pine), S₂ (middle part) and S₃ (apical part), 5 extraction solvents was used in addition to crude extracts obtained by pression, everyone analyzed in its proximal composition, antioxidant activity and total phenolic content,. significant differences were observed between 3 flowering scapes and their respective sections on the chemical composition, showing that the moisture, ash, protein and ether extract content were higher in the apical part than nearing pine part, an inverse behavior was observed in the fiber and carbohydrates concentration. Respect to the antioxidant activity and phenolic content, the higher value was obtained of aqueous extract from E₃-S₂.

Palabras clave: Nutraceutico, antioxidante, escapo floral

Área: Nutrición y nutraceuticos.

INTRODUCCIÓN

El género *Agave* es muy amplio, por lo que muchas de sus especies no han sido estudiadas desde el punto de vista nutracéutico, tal es el caso de *Agave salmiana* la cual es una de las 90 especies reportadas como endémicas de México, localizada principalmente en los estados de Hidalgo, Puebla, Querétaro y San Luis Potosí, donde es utilizado en la elaboración de bebidas alcohólicas como el pulque y el mezcal, para mezclas en la construcción, base para la obtención de fibra y elaboración de platillos tradicionales como el mixiote (García, 2007). Actualmente *Agave salmiana* ha adquirido cierta importancia en el área de investigación, debido a que en diferentes estudios realizados con hojas, raíz y flores, se han aislado compuestos como saponinas (triterpenos), flavonoides, alcaloides y taninos, los cuales poseen elevada actividad antioxidante (Fernández, 2008), sin embargo el cultivo de *Agave salmiana* en algunas regiones del territorio Mexicano se ha abandonado, debido a que una vez que se desarrolla el escapo floral, los azúcares del *Agave* ya no pueden ser aprovechados para la elaboración de pulque u otra bebida, por lo que los productores lo utilizan como alimento para ganado, razón por la cual se considera que durante el desarrollo de esta estructura se podría sintetizar mayor concentración de compuestos con actividad antioxidante o por lo que el objetivo del presente trabajo fue realizar la caracterización nutricional y nutracéutica del escapo floral de *Agave salmiana*, con la finalidad de determinar su posible potencial como ingrediente de alimentos nutracéuticos para el consumo humano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal. Los escapos florales fueron colectados de plantaciones ubicadas en el municipio de Singüilucan, Hidalgo, México, considerando como parámetro de referencia su altura (2 E₃, 2.5 E₂ y 3 m E₁), se lavaron y seccionaron en tres partes, denominadas como sección 1 (S₁), la cual es la parte que se encuentra más cercana a la roseta, sección 2 (S₂), que representa la parte intermedia del escapo y sección 3 (S₃), que es la parte en la cual se desarrollarán las flores. Cada sección se cortó en cubos de aproximadamente 1 cm de lado, y se almacenó en lotes de 1 kg en bolsas de PVC, a 4°C, hasta su análisis (González-Cruz *et al.* 2011).

Análisis químico proximal. La composición química proximal de las muestras se determinó de acuerdo con la metodología establecida en el AOAC de 1995, considerando la determinación de proteína (955.04, Kjeldahl N X 6.25), fibra cruda (962.09, Método de Kennedy modificado), humedad (934.01), extracto etéreo (920.39) y cenizas (923.03).

Obtención de extractos. 100 g de cada una de las tres secciones del escapo correspondientes a cada una de las etapas de desarrollo mencionadas y se maceraron en fresco, colocando la muestra vegetal junto con 200 mL del disolvente seleccionado (agua, acetona, etanol, metanol, hexano) hasta homogeneizar para luego agitar continuamente por 24 h. Los extractos resultantes se filtraron con un embudo Kitasato y papel filtro N°4 para después concentrarlos a sequedad en rotavapor (BÜCHI, modelo R-124), almacenándolos a 4°C hasta su análisis (Padilla *et al.*, 2012). El extracto crudo se obtuvo, utilizando el jugo resultante de 100 g de material fresco triturado, el cual se filtró con un papel filtro N°4 y se almacenó a 4°C hasta su análisis (Srinivasan *et al.*, 1953, González-Cruz *et al.*, 2011).

Determinación de la actividad antioxidante. Se utilizó la técnica de DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil) descrita por Brand-Williams, 1995, que consiste en preparar una curva de calibración con una disolución de DPPH 0.1 mM en metanol, para ello se realizaron cinco disoluciones en concentraciones de 0.02, 0.04, 0.06, 0.08 y 0.1

mM, contando con un blanco, el cual sólo contenía 10 mL del disolvente, para la determinación de la actividad antioxidante de las muestras se utilizaron 2 mL de la disolución de DPPH 0.1 mM y 0.05 mL del extracto leyendo la absorbancia a una longitud de onda de 514 nm, cada 10 minutos hasta completar 60 minutos.

Determinación de contenido de fenoles totales. Se utilizó la técnica de Folin-Ciocalteu adaptada para alimentos por Singleton y colaboradores en 1999. Esta técnica consiste en realizar una curva de calibración preparando 5 disoluciones a partir de una disolución madre de ácido gálico (GAE) al 0.5%, tomando 0, 5, 10, 15, 25 y 50 μ L de la misma, aforando cada uno de ellos a 50 mL con agua destilada, considerando que cada disolución posee concentraciones de fenol de 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.5 y 5 mg/L de ácido gálico, de manera correspondiente. De cada disolución se tomaron 1.58 mL y se colocaron en una celda para espectro, además de 100 μ L de reactivo Folin-Ciocalteu. Una vez realizada la mezcla, ésta se dejó reposar por 8 minutos y se agregaron 300 μ L de disolución de carbonato de sodio (20%), se agitó hasta homogeneizar y se dejó reposar por 2 por 30 minutos a 40°C, pasado este tiempo se leyó la absorbancia a 765 nm, usando como blanco la disolución con 0% de fenol, los resultados se reportaron en mg de GAE/g de extracto.

RESULTADOS

Composición químico proximal. E₁ presentó mayor concentración de carbohidratos, lo cual fue resultado de la alta cantidad de fibra presente que le permite soportar la mayor longitud (Verduzco *et al.*, 2008). Por su parte en E₂ destaca su alto contenido de cenizas, lo cual podría ser atribuido a que en esta etapa el escapo se encuentra susceptible al ataque de los depredadores por lo que podría desarrollar un sistema de defensa basado en la generación de cristales de oxalato (Teniente-Martínez *et al.*, 2010). Finalmente, E₃ mostró el mayor contenido de humedad, proteína y extracto etéreo, lo cual podría ser debido a que en esta etapa se inicia el desarrollo de la estructura, por lo que requiere mayor contenido de éstos componentes para favorecer la generación y elongación de tejidos (Verduzco *et al.*, 2008). En las tres secciones de los tres escapos se observó que el contenido de humedad, proteína, extracto etéreo y cenizas (Tabla 1), se encuentran en la última sección (S₃), lo que sugiere que estos compuestos se desplazan de forma vertical ascendente en el escapo, aparentemente porque en esta sección es la parte donde se requiere la mayor cantidad de nutrientes para la generación de flores y frutos de la planta (Verduzco *et al.*, 2008). Mientras que, el contenido de fibra y carbohidratos mostró un comportamiento contrario, ya que el mayor porcentaje se encuentra en S₁, lo cual podría ser atribuido, a que esta especie requiere una base sólida que soporte el peso del escapo que puede alcanzar alturas de hasta 9 m (Reveles *et al.*, 2012).

Tabla 1. Composición química proximal de los escapos florales de *Agave salmiana* (g/100g de muestra fresca) (promedio de tres repeticiones \pm D.E)

Muestra	Proteína	Fibra	Humedad	Extracto	Cenizas	Hidratos
---------	----------	-------	---------	----------	---------	----------

		etéreo					de Carbono
	S ₁	0.41 ^a ± 0.02	25.73 ^a ± 0.09	59.42 ^a ± 0.24	3.43 ^a ± 0.08	1.65 ^a ± 0.06	9.36
E ₁	S ₂	1.06 ^b ± 0.06	19.87 ^b ± 0.09	62.76 ^b ± 0.16	4.69 ^b ± 0.04	3.41 ^b ± 0.03	8.21
	S ₃	2.08 ^c ± 0.03	13.60 ^c ± 0.16	67.16 ^c ± 0.09	5.45 ^c ± 0.08	5.24 ^c ± 0.02	6.47
	S ₁	0.69 ^b ± 0.17	22.47 ^d ± 0.09	63.53 ^d ± 0.11	4.51 ^b ± 0.10	2.89 ^d ± 0.03	5.91
E ₂	S ₂	1.32 ^c ± 0.04	16.27 ^e ± 0.09	68.28 ^e ± 0.08	5.28 ^c ± 0.04	4.43 ^e ± 0.02	4.42
	S ₃	2.44 ^c ± 0.02	11.87 ^f ± 0.09	71.32 ^f ± 0.09	6.12 ^d ± 0.05	5.66 ^c ± 0.24	2.59
	S ₁	0.74 ^b ± 0.09	16.60 ^e ± 0.10	72.51 ^g ± 0.10	5.37 ^c ± 0.07	1.34 ^a ± 0.07	3.44
E ₃	S ₂	2.58 ^c ± 0.02	12.56 ^f ± 0.12	73.66 ^h ± 0.32	5.90 ^d ± 0.29	2.18 ^f ± 0.03	3.12
	S ₃	3.17 ^d ± 0.44	7.79 ^g ± 0.09	75.84 ⁱ ± 0.21	6.83 ^e ± 0.04	3.34 ^b ± 0.26	3.03

Prueba Tukey. Filas con la misma letra no tienen diferencia significativa a un $\alpha=0.05$. El contenido de carbohidratos se calculó por diferencia.

Determinación de actividad antioxidante. Los resultados obtenidos mostraron que los disolventes con mayor polaridad (etanol y agua) permitieron extraer una mayor concentración de compuestos con actividad antioxidante, incrementando el efecto con respecto al extracto crudo en un intervalo de 3.05% a 14.51% para el primer disolvente y de 3.89% a 9.47% en el segundo caso (Tabla 2), lo cual podría ser debido a que los disolventes polares tienden a incrementar la extractibilidad de compuestos con actividad antioxidante, principalmente fenoles, antocianinas y taninos, los cuales son solubles en estos disolventes (Benavides-Mendoza *et al.*, 2008).

Por otro lado de manera general E₃ y S₂ presentaron la mayor actividad antioxidante indicando que al incrementar el desarrollo del escapo floral, la actividad antioxidante disminuye, lo cual podría ser debido a que compuestos antioxidantes como es el caso de los fenoles, son producidos por la planta en las etapas tempranas de desarrollo como mecanismo de protección ante el ataque de depredadores naturales o para soporte mecánico (Taiz *et al.*, 2010), así mismo el elevado contenido de fibra localizada en ésta sección podría deberse a la interacción de la fibra con los diversos compuestos antioxidantes como los fenoles, afectando la biodisponibilidad y la bioaccesibilidad de estos compuestos quedando atrapados en la matriz fibrosa (Quirós *et al.*, 2011). Aparentemente el extracto acuoso obtenido a partir de la sección S₂ de E₃ es el que se podría considerar adecuado para su posible aplicación en el área de alimentos como un ingrediente nutracéutico por su elevada actividad antioxidante.

Tabla 2. Determinación de la actividad antioxidante de los extractos de escapos florales de *Agave salmiana* (%) (promedio de tres repeticiones \pm D.E)

Muestra	EXTRACTO						
	CRUDO	HEXANO	ACETONA	ETANOL	METANOL	AGUA	
S ₁	67.72 ^{a,A} \pm 0.24	22.56 ^{a,B} \pm 0.16	24.37 ^{a,C} \pm 0.27	65.86 ^{a,D} \pm 0.14	44.58 ^{a,E} \pm 0.59	63.47 ^{a,F} \pm 0.15	
E ₁	S ₂	52.26 ^{b,A} \pm 0.39	35.22 ^{b,B} \pm 0.17	46.16 ^{b,C} \pm 0.41	70.21 ^{b,D} \pm 0.16	58.27 ^{b,E} \pm 0.66	75.43 ^{b,F} \pm 0.10
	S ₃	23.27 ^{c,A} \pm 0.92	10.22 ^{c,B} \pm 0.18	15.05 ^{c,B} \pm 0.66	50.71 ^{c,C} \pm 1.63	23.92 ^{c,D} \pm 0.57	32.77 ^{c,E} \pm 0.59
S ₁	74.71 ^{d,A} \pm 0.20	25.33 ^{d,B} \pm 0.16	30.09 ^{d,C} \pm 0.39	67.60 ^{a,A} \pm 0.32	55.49 ^{d,D} \pm 0.51	68.41 ^{a,d,E} \pm 0.21	
E ₂	S ₂	60.50 ^{e,A} \pm 0.15	48.69 ^{e,B} \pm 0.17	49.11 ^{e,B} \pm 0.08	73.19 ^{d,C} \pm 0.07	63.06 ^{e,D} \pm 0.29	77.73 ^{b,E} \pm 0.36
	S ₃	37.31 ^{f,A} \pm 0.87	15.31 ^{f,B} \pm 0.17	23.42 ^{a,C} \pm 0.18	40.90 ^{e,D} \pm 0.47	31.36 ^{f,E} \pm 0.80	38.06 ^{c,e,A} \pm 0.18
S ₁	75.13 ^{d,A} \pm 0.43	27.51 ^{g,B} \pm 0.40	31.53 ^{f,C} \pm 0.15	69.84 ^{b,D} \pm 0.40	57.18 ^{b,d,E} \pm 0.63	69.73 ^{d,D} \pm 0.69	
E ₃	S ₂	61.83 ^{e,A} \pm 0.35	49.27 ^{e,B} \pm 0.26	50.97 ^{g,C} \pm 0.36	74.78 ^{d,D} \pm 0.26	66.10 ^{g,E} \pm 0.43	78.55 ^{b,F} \pm 0.56
	S ₃	38.09 ^{f,A} \pm 0.69	16.96 ^{h,B} \pm 0.39	29.63 ^{d,C} \pm 0.23	44.30 ^{f,D} \pm 0.52	32.80 ^{f,E} \pm 0.48	40.74 ^{e,F} \pm 0.79

Filas con la misma letra minúscula y columnas con la misma letra mayúscula, no tienen diferencia significativa a un $\alpha=0.05$. 1.- Se consideró como control la vitamina E.

Determinación de contenido de fenoles totales

Los extractos acuosos y etanólicos presentaron las mayores concentraciones de compuestos fenólicos (Tabla 3), lo cual podría ser debido a que entre los principales compuestos de este grupo aislados a partir de fuentes vegetales se encuentran; coumarinas, flavonoides, antocianinas y taninos (Taiz *et al.*, 2010), que son fácilmente extraídos con estos disolventes (Raaman, 2006), mientras que los extractos obtenidos con hexano mostraron la menor concentración de compuestos fenólicos, debido probablemente a la baja polaridad del disolvente (Johll, 2008). E₃ presenta la mayor concentración de compuestos fenólicos, al igual que la sección S₂ de todos los escapos. Tomando en cuenta la correlación establecida en los escapos podría considerarse que la actividad antioxidante se debe principalmente a compuestos fenólicos, como las cumarinas, flavonoides, ácidos fenólicos y ácido cinámico (Ricco *et al.*, 2010) y está influida por la etapa de desarrollo del escapo (Taiz *et al.*, 2010).

Tabla 3. Determinación del contenido de fenoles totales de los extractos de escapos florales de *Agave salmiana* (*mg AG/mg de extracto seco) (promedio de tres repeticiones \pm D.E)

Muestra	EXTRACTO						
	CRUDO	HEXANO	ACETONA	ETANOL	METANOL	AGUA	
E ₁	S ₁	141.12 ^{a,A} \pm 1.1	103.40 ^{a,h,B} \pm 0.8	125.23 ^{a,C} \pm 0.5	130.80 ^{a,D} \pm 1.6	114.27 ^{a,E} \pm 1.4	144.87 ^{a,A} \pm 1.3
1	S ₂	160.85 ^{b,A} \pm 1.3	97.74 ^{b,B} \pm 2.1	147.15 ^{b,C} \pm 0.9	158.20 ^{b,A} \pm 1.1	140.75 ^{b,D} \pm 0.7	173.18 ^{b,E} \pm 0.7

	S ₃	77.65 ^{c,A} ±2.6	76.73 ^{c,A} ±1.2	85.23 ^{c,B} ±0.4	99.75 ^{c,C} ±0.8	70.52 ^{c,D} ±0.7	75.00 ^{c,A,D} ±0.6
E 2	S ₁	145.14 ^{d,A} ±0.4	125.59 ^{d,B} ±0.4	139.20 ^{d,C} ±0.8	144.59 ^{d,A} ±0.3	119.66 ^{d,D} ±1.0	169.25 ^{b,E} ±0.6
	S ₂	177.84 ^{e,A} ±1.1	107.14 ^{a,B} ±0.5	161.03 ^{e,C} ±0.9	177.10 ^{e,A} ±0.7	160.85 ^{e,C} ±0.7	183.14 ^{d,A} ±4.0
	S ₃	79.01 ^{c,A} ±0.3	89.24 ^{e,B} ±0.9	98.38 ^{f,C} ±0.5	103.73 ^{f,D} ±0.2	68.42 ^{c,E} ±0.3	93.08 ^{e,F} ±1.2
E 3	S ₁	164.04 ^{b,A} ±0.3	134.36 ^{f,B} ±0.7	146.69 ^{b,C} ±0.7	146.60 ^{d,C} ±0.5	116.00 ^{a,d,D} ±0.8	177.66 ^{f,E} ±0.2
	S ₂	183.13 ^{f,A} ±0.4	116.83 ^{g,B} ±0.4	171.90 ^{g,C} ±0.7	182.59 ^{g,A} ±0.6	172.08 ^{f,C} ±1.03	199.12 ^{g,D} ±0.7
	S ₃	87.24 ^{g,A} ±0.7	100.75 ^{b,h,B} ±0.5	112.53 ^{h,C} ±0.5	114.27 ^{h,C} ±0.8	117.92 ^{a,d,D} ±1.1	111.99 ^{h,C} ±0.7

Prueba Tukey. Filas con la misma letra minúscula y columnas con la misma letra mayúscula, no tienen diferencia significativa a un $\alpha=0.05$. *mg AG, son miligramos de ácido gálico.

BIBLIOGRAFÍA

- Benavides-Mendoza, A., Ramírez, H., Roblado-Torres, L. 2009. Antioxidantes en las plantas: algunos factores edáficos y ambientales que los modifican. *Temas modernos de Nutrición Vegeta*. 3(7): 13-26
- Brand-Williams, W., Cuvelier, ME., Berset, C. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel Wissenschaft and Technologie*. 28(1): 25–30.
- Fernández, L. 2008. Fitoquímica del *Agave salmiana*. Tesis de grado doctoral. Puebla. Universidad de las Américas, Facultad de química y biología, Escuela de Ciencias. 344-356.
- García, A. 2007. Los agaves de México. *Ciencias*. 2(87): 14-23.
- González-Cruz, L. Jaramillo, E., Bernardino, A., Mora, R. 2011. Influence of plant age on fructan content in fructosyl transferase activity in *Agave atrovirens karw* leaves. *African Journal of Biotechnology*. 10(71): 15911-15929.
- Johll, M. 2008. Química e investigación criminal: una perspectiva de la ciencia forense. Editorial Reverté. Barcelona, España. 254-456.
- Padilla, G., Gil, E. 2012. Anti-bacterial action of extracts and fractions from *Siparuna sessiliflora* Kunth A. DC (limoncillo). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. 17(1): 35-39.
- Quirós, A., Palafox H., Robles R., González G. 2011. Interacción de compuestos fenólicos y fibra dietaria: capacidad antioxidante y biodisponibilidad. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*. 13(3): 3-11.
- Raaman, N. 2006. Phytochemical techniques. Agencia de Nueva Delhi. Nueva Delhi, India. 311.
- Reveles, J., Reveles, O. 2012 Método para la extracción de subproductos de bagazo del *Agave azul tequilana weber*. Valdés, C. IP. Com. C12F3/100. 4667296. 26, Agosto.
- Ricco, R., Wagner, M., Portmann, E., Reides, C., Llesuy, S., Gurni, A., Carballo, M. 2010. Análisis de polifenoles, actividad antioxidante y genotoxicidad en especies

argentinas de *Lippa* y *Aloysia* (Verbenaceae). Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas. 9(5): 388-396.

Singleton, V., Orthofer, R., Lamuela-Raventos, R. 1999 Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Methods Enzymol. 299(1): 152-178.

Srinivasan, M., Bhatia, I. 1953. The carbohydrates of *Agave* Veracruz Mill. Biochemical. 56(1): 256-259.

Taiz, L., Zeiger, E. 2010. Fisiología vegetal. Editorial Book Print. 3era edición. USA. 541-548.

Teniente-Martínez, G. González-Cruz, L., Juárez-Goiz, J., Bernardino-Nicanor, A. 2010. Cambios en la concentración de oxalato de calcio y características de sus cristales durante las etapas de desarrollo de *Agave atrovirens*. Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica. 17^{va}, 2010. Acapulco, Guerrero. San Álvaro Azcapotzalco, México, D.F. Instituto Tecnológico de Celaya.

Verduzco, J., Predo, C., Mercado, R. 2008. Caracterización e identificación taxonómica del Maguey. Producción y aprovechamiento de plantas en el noroeste de México.