
COMPUESTOS BIOLÓGICAMENTE ACTIVOS DE PLANTAS ACUÁTICAS CON POTENCIAL PARA DIETAS FUNCIONALES DE PECES DE CULTIVO

BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS OF AQUATIC PLANTS WITH POTENTIAL FOR DIETS FUNCTIONAL OF FARMED FISH

AGUILERA MORALES MARTHA ELENA^{1*}, MARGARITA CANALES MARTÍNEZ², ERNESTO ÁVILA GONZÁLEZ³, CÉSAR M. FLORES ORTÍZ⁴

¹Universidad del Papaloapan Campus Loma Bonita, Oax. Av. Ferrocarril S/N Loma Bonita, Oax. C.P.68400, ²Laboratorio de Fisiología Vegetal, UBIPRO, Laboratorio Nacional en Salud, FES Iztacala, UNAM. Av. de los Barrios No.1. Col. Los Reyes Iztacala. Tlalnepantla Estado de México. C.P. 54090, ³Laboratorio de Farmacognosia, UBIPRO, FES Iztacala UNAM. Av. de los Barrios No.1. Col. Los Reyes Iztacala. Tlalnepantla Estado de México. C.P. 54090, ⁴CEIEPAv. Calle Manuel M. López s/n, Avenida Tláhuac, km 21.5, Colonia Zapotitlán, Delegación Tláhuac, en México, D.F.

*Corresponding author: aguilena02@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue caracterizar la composición química proximal (AQP) y algunos compuestos con actividad biológica (CBA) en dos plantas de distintos ambientes (agua dulce, *Lemna gibba*L. y agua salada, *Ulva lactuca*) de la región de la Cuenca del Papaloapan para determinar su potencial para la formulación de dietas funcionales para peces de cultivo. La harina de las plantas acuáticas fue analizada con un A.Q.P. y análisis de fracciones de fibras. Un extracto metanólico fue obtenido para cuantificar tipos de azúcares por cromatografía de alta resolución (HPLC), azúcares de reserva y estructurales, total de fenoles y flavonoides y xantofilas (A.O.A.C, 2006). Se obtuvo la media aritmética y desviación estándar de los análisis que no utilizaron HPLC y los resultados fueron analizados mediante "t" de student a través del software SPSS versión 17. Se encontró diferencia significativa en el contenido de todos los compuestos químicos de las dos especies de plantas acuáticas, contenidos apreciables de proteína, fibra funcional, distintos antioxidantes que les confieren a *L. gibba* L. y *U. lactuca* un alto potencial para ser utilizadas como ingredientes funcionales cuyos beneficios serían el ahorro de proteína y la prevención de enfermedades.

Palabras clave: *Lemna gibba*, *Ulva lactuca*, compuestos bioactivos, alimento funcional, peces.

ABSTRACT

The aim of this work was to characterize the proximate chemical composition (PCHC) and some compounds with biological activity (CBA) in two plants of different environments (freshwater, *Lemna gibba* L. and salt water, *Ulva lactuca*) from the region Papaloapan Basin to determine their potential for the formulation of diets functional for fish culture. An A.Q.P. and a fractional analysis of fibres were applied to the flours of aquatic plants. A methanol extract was obtained to quantify types of sugars by high-resolution chromatography (HPLC), reserve and structural sugars, total phenols and flavonoids and xanthophylls (AOAC, 2006). It was obtained the arithmetic mean and standard deviation of the analysis that is not used HPLC and the results were analyzed using "t" of student with software SPSS version 17. Significant difference was found in the contents of all the chemical compounds of the two species of aquatic plants, appreciable quantities of protein, functional fiber, different antioxidants that give them a high potential to be used as functional ingredients whose benefits would be protein savings and disease prevention.

Key words: *Lemna gibba*, *Ulva lactuca*, bioactive compounds, functional food, fishes.

INTRODUCCIÓN

Los compuestos biológicamente activos (CBA) son producto del metabolismo primario o secundario de diversas plantas terrestres y acuáticas; se utilizan para distintos fines como crecimiento, protección contra depredadores, agentes físicos, atracción de polinizadores, entre otros. Los CBA se pueden agrupar en metabolitos primarios o "nutritivos" (proteínas, ácidos grasos esenciales, algunos carbohidratos) y secundarios o "no nutritivos" (prebióticos como los glucanos, probióticos como *Lactobacillus*) (Aguilera, 2018). En investigaciones recientes se ha asociado a los CBA primarios y secundarios con el estrés oxidativo, por su efecto antioxidante, la inhibición o prevención de patologías tanto en animales como en humanos (Mehrabi et al., 2012; Vásquez-Piñeros et al., 2012). Los mecanismos de acción van desde la estimulación del crecimiento, fortalecimiento del sistema inmune, estimulación de las células de defensa mediante la formación de trampas, promover la síntesis de compuestos y de proteínas anticoagulantes, entre otras (Kumar et al., 2012). Algunos de estos compuestos se les atribuyen propiedades antibacterianas, antifúngicas y antivirales (Quitral et al., 2012). Diversas plantas acuáticas contienen altas concentraciones de nutrientes y compuestos bioactivos en función de su distribución geográfica, época estacional, condiciones ambientales (corrientes, nutrientes y depredadores) (Zheng et al., 2011). Poco son los estudios sobre CBA en las plantas acuáticas enfocados a la prevención de enfermedades y producción acuícola de ahí la importancia de realizarlos. *Lemna gibba* es una macrofitas que habita charcas de agua dulce, lagos y ríos; a veces son consideradas plagas dado su alta tasa de reproducción, principalmente en zonas con alto contenido de nitrógeno y fosfatos (Peters et al., 2009). *U. lactuca* son algas verdes marinas arrojadas por el oleaje a los márgenes de las playas; son consideradas fuente de contaminación por su mal olor y aspecto al descomponerse. El objetivo de este trabajo fue caracterizar algunos

CBA en dos plantas de distintos ambientes de la región (agua dulce, *Lemna gibba* y agua salada, *Ulva lactuca*) y determinar su potencial para la formulación de dietas funcionales para peces de cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectó *Ulva lactuca* en la región de la cuenca media baja del Papaloapan en “playa Norte” y playa “Gaviotas” en Veracruz Puerto y *Lemna gibba* en cuerpos acuáticos del municipio de Loma Bonita, Oaxaca durante los meses de Julio – Agosto de 2013. Las plantas acuáticas se lavaron con agua de pozo a chorro de agua corriente. Posteriormente, se pusieron a secar al Sol con volteos constantes. Posteriormente se tomó una muestra al cuarteo de cada una de las plantas acuáticas para luego terminarla de secar en horno a 45°C durante 2 horas. Finalmente, fueron molidas cada una de las plantas utilizando una licuadora convencional y en el caso de *L. gibba* con ayuda de un mortero pasando la molienda por un tamiz de 0.01 micras de diámetro para obtener la harina. Posteriormente en base a la A.O.A.C. (2006) se practicaron los siguientes análisis: unquímico proximal (A.Q.P.); fracciones de fibra, fibra dietética insoluble y fibra dietética soluble mediante kit enzimático Megazyme (K-TDFR). Por otra parte, se obtuvo un extracto metanólico (Domínguez, 1973) del cual se cuantificaron tipos de azúcares por cromatografía de alta resolución (HPLC) (AOAC, 2006) además de determinar azúcares estructurales mediante hidrólisis (Din *et al.*, 2011). Fenoles y flavonoides se determinaron mediante el método Folin – Ciocalteau (Gülcin *et al.*, 2010) y xantofilas y carotenoides mediante HPLC DAD (AOAC, 2006). Se obtuvo la media aritmética y desviación estándar de los análisis que no utilizaron HPLC y los resultados fueron analizados mediante “t” de student a través del el software SPSS versión 17.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se aprecia en la Tabla 1, el contenido de los distintos componentes químicos de las plantas analizadas fue significativamente ($p < 0.05$) diferente, lo cual se asocia a los factores de su hábitat donde se colectaron, distribución, temperatura, disponibilidad de nutrientes, profundidad, luz y estado fisiológico (Zheng *et al.*, 2011). El contenido de extracto etéreo (grasas, vitaminas y pigmentos) en general, estuvo dentro de lo reportado en otras investigaciones tanto para *L. gibba* (2.3 – 5%) (Kalita *et al.*, 2008) como para *U. lactuca* (0.3-2.5 g/100 g materia seca) (Ortiz, 2011). Esta última tiene mayor capacidad de almacenar minerales indicado indirectamente por el contenido de cenizas (33.07%) (Pereira *et al.*, 2011). De acuerdo al contenido de proteína cruda de *L. gibba* (21.5%) resultó una fuente proteica que puede aprovecharse como sustituto de harina de pescado por ser la proteína considerada de importancia primaria. *U. lactuca* resultó un alimento fibroso debido al contenido de fibra cruda (mayor a 18 %) y al contenido de PC (menor al 20 %; 17.2%) (García *et al.*, 2015). Ambas plantas acuáticas son una tercera parte de ellas carbohidratos, como lo indica el ELN (32 y 38%); aunque los peces no requieren de carbohidratos ya que los pueden sintetizar de la fuente

de lípidos o proteínas del alimento se incluyen en su dieta, por ejemplo en tilapia 25% durante todo el ciclo, como una fuente de energía de proteína económica y como ligante (idem).

Tabla 1. Composición química proximal (g 100g⁻¹ muestra, base seca), ácidos grasos poliinsaturados, fracciones de fibras y polisacáridos en de las plantas acuáticas analizadas.

	<i>Lemna gibba</i>	<i>Ulva lactuca</i>
Cenizas	^a 20.10 ± 0.33	^b 33.07 ± 0.45
Proteína cruda	^a 21.5 ± 0.38	^b 17.2 ± 0.60
Lípidos	^a 4.45 ± 0.65	^b 1.7 ± 0.37
Extracto libre de nitrógeno (ELN)	^a 32.4 ± 0.36	^b 38.34 ± 0.41
Fibra dietética total (FDT)	^a 21.5 ± 0.49	^b 9.2 ± 0.71
Fibra dietética soluble (FDS)	^a 16.7 ± 0.47	^b 6.5 ± 0.34
Fibra dietética insoluble (FDI)	^a 4.8 ± 0.82	^b 2.7 ± 0.65
Polisacáridos estructurales (mg g ⁻¹)	^a 329 ± 0.03	^b 274 ± 0.047
Polisacáridos de reserva (mg g ⁻¹)	^a 319 ± 0.02	^b 422 ± 0.007
Inulina (mg g ⁻¹)	^a 133.45 ± 19.84	^b 272.18 ± 9.43
Maltosa (mg g ⁻¹)	NR	18.326 ± 3.69

Media de tres réplicas ± desviación estándar. Literales a,b indican diferencia significativa (p<0.05).

La fibra dietética que representa los carbohidratos resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado con fermentación completa o parcial en el intestino grueso (A.A.C.C., 2001) que incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina fue mayor en *L. gibba* (21.5%) que en *U. lactuca* (9.2%) lo mismo que su fracción soluble (16.7%). *L. gibba* presentó mayor cantidad de polisacáridos estructurales (329 mg g⁻¹) que *U. lactuca* (274 mg g⁻¹) y ésta última tuvo una mayor contenido de azúcares de reserva (422 mg.g⁻¹) entre ellos inulina (272 mg g⁻¹). La importancia de estos datos radica en que la inulina es un polisacárido funcional altamente fermentable cuyos productos son AGCC (ácidos grasos de cadena corta) dentro de los cuales el butirato genera la producción de moco en los vertebrados (entre ellos los peces) y la cual es una barrera física con componentes antimicrobianos además de ocasionar una acción antiinflamatoria específica en el colón y disminuir la producción de citoquinas proinflamatorias como el TNF (factor necrótico tumoral). La inulina en la dieta de los peces tendría un efecto inmunonutriente y prebiótico. En *U. lactuca* además se identificó maltosa (18.3 mg.g⁻¹) azúcar de reserva de carácter reductor, la cual es de fácil digestión y podría añadirse a lista de edulcorantes naturales que recomiendan algunos expertos (García-Almeida et al., 2013) para conservar frescos y la calidad de productos y mejorar el sabor de los alimentos entre otras mejoras.

La cantidad de antioxidantes expresada por el contenido de compuestos fenólicos totales (CFT), los compuestos flavonoides (CF) y xantofilas fueron significativamente distintas (p<0.05) en *U. lactuca* y en *L. gibba* (Tabla 2), lo cual coincide con algunas investigaciones (Li et al., 2007; El-

Baky *et al.*, 2008). Las muestras en fresco y seco de las xantofilas también tuvieron diferencias significativas éstas se debieron a los cambios estacionales y condiciones ambientales como la salinidad y otros parámetros fisicoquímicos, o la exposición prolongada a las radiaciones UV del Sol durante la marea baja (Farasat *et al.*, 2014). Los carotenoides son susceptibles a la degradación de luz solar y cambio estructural por calor (Meléndez *et al.*, 2007). De acuerdo a estudios científicos los carotenoides neutralizan especies reactivas de oxígeno y nitrógeno producidas en el metabolismo celular. Por lo que en la dieta contribuirían a contrarrestar los daños oxidativos provocados por los radicales libres producidos por el estrés en las distintas fases de producción. No obstante lo anterior, los carotenoides están implicados en la disminución de algunas enfermedades, además de ser una fuente de provitamina A (Islam y Gracia, 2013). Los carotenoides intervienen en la respuesta inmune y en la comunicación celular regulando la expresión de algunos genes de las respuestas inflamatorias e inmunes (Meléndez *et al.*, 2007).

Tabla 2. Contenido de compuestos fenólicos totales y flavonoides determinados en *L. gibba* y *U. lactuca*.

Compuesto	Contenido	
	<i>L. gibba</i>	<i>U. lactuca</i>
Compuestos fenólicos totales (CFT)(mg g ⁻¹)	4.16 ± 0.04 ^a	7.34 ± 0.02 ^b
Contenido de flavonoides (CF)	8.52 ± 0.04 ^a	12.25 ± 0.04 ^b
Concentración de xantofilas (g xantofilas kg ⁻¹)	^a 8.45 ± 0.2347 Fresca ^b 16.48 ± 0.6121 Seca	^c 2.86 ± 0.5782 ^d 1.70 ± 0.4591

Media de dos réplicas ± su desviación estándar. Las literales a,b. Indican diferencias significativas (p<0.05)

Como se observa en la Tabla 3, ambas especies de plantas acuáticas son ricas en β-caroteno, licopeno y luteína todos antioxidantes importantes, cuyo contenido mayor como se observa en fresco. En la dieta de peces estos antioxidantes contribuirían al mantenimiento epitelial, secreción de la mucosa, respuestas inflamatorias e inmunes previniéndoles de enfermedades.

Tabla 3. Carotenoides identificados en *L. gibba* y *U. lactuca*.

Muestra	# Pico	λ (nm)	Identificado	Concentración ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Muestra	# Pico	λ (nm)	Identificado	Concentración ($\mu\text{g g}^{-1}$)
Fresca	1	422	β -Caroteno	171.46	Fresca	1	422	β -Caroteno	171.46
	3	466	Neoxantina	103.57		3	466	Neoxantina	103.57
	4	474	Licopeno	123.16		4	474	Licopeno	123.16
Seca	A	422	β -Caroteno	116.37	Seca	A	422	β -Caroteno	116.37
	B	440	Luteína	105.11		B	440	Luteína	105.11
	C	446	Licopeno	96.42		C	446	Licopeno	96.42

CONCLUSIÓN

Las plantas acuáticas *Lemna gibba* y *Ulva lactuca* colectadas en la Cuenca Media Baja del Papaloapan tienen gran potencial para la elaboración de dietas funcionales para peces y otras especies animales por ser fuentes de compuestos con actividad biológica como proteínas, polisacáridos altamente fermentables y antioxidantes (xantofilas, β carotenos, licopenos y luteína) representando una alternativa nutritiva y preventiva contra enfermedades.

AGRADECIMIENTOS

Gracias al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca 84017 para el Doctorado en Ciencias de la Producción y Salud Animal de Martha Elena Aguilera que realizó en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Gracias a la Facultad de Estudios Superiores Iztacala (FESI-UNAM), a la Unidad de Prototipos y Biotecnología por las facilidades en el uso de laboratorios donde se realizaron los análisis.

REFERENCIAS

- Aguilera Morales M. E. (2018). Compuestos nutricionales y bioactivos de las plantas acuáticas *Lemna gibba* y *Ulva lactuca* y su evaluación en el crecimiento y la salud de tilapia (*Oreochromis niloticus*) como alimento funcional. Tesis Doctoral. Posgrado de Producción y Salud Animal. Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán UNAM. 139 p.
- A.A.C.C. (American Association of Cereal Chemist). (2001). The Definition of Dietary Fiber. Report of the Dietary Fiber Definition Committee to the Board of Directors. 46(3):112-126.
- A.O.A.C. (Official methods of analysis International). (2006). 18th Edition. Revision of 2005.

- Din A., Muhammad Anjum F., Zahoor T. y Nawaz H.. (2011). Extracción y utilización de β -glucano de Cebada para la Preparación de Bebidas Funcionales. Rev. Mundo Alimentario 16-20 pp.
- Dominguez, A. X. (1973). Métodos de investigación fitoquímica. Primera edición. Editorial Limusa. México. 3-17 pp.
- El-Baky H.H.A., El-Baz F.K., El-Baroty G.S. (2008). Natural preservative ingredient from marine alga *Ulva lactuca* L. Int J Food Sci Technol 44: 1688-1695.
- Farasat M., Ali Khavari-Nejad R., Bagher N. S., Namjooyan, F. (2014). Antioxidante activity, total phenolics and flavonoid contents of some edible green seaweeds from Northern Coasts of the Persian Gulf. Iranian Journal of Pharmaceutical Research 13(1):163-170.
- García-Almeida, J. M., Casado Fernández, Gracia M., García Alemán, J. (2013). Una visión global y actual de los edulcorantes: aspectos de regulación. Nutrición Hospitalaria, 28(Supl. 4), 17-31..
- García B. A., Rodríguez R. M., Campos A. J., Gómez E. C. (2015). Caracterización de insumos como alternativa para la alimentación de tilapia. Folleto Técnico No. 6, SAGARPA-INIFAP. México. 30 p.
- Gülcin I., Kircci E., Akkemik E., Topal F., Hisar O. (2010). Antioxidant, antibacterial, and anticandidal activities of an aquatic plant: duckweed (*Lemna minor* L., Lemnaceae). Turk J Biol. 34:175-188.
- Kalita P., Mukhopadhyay P. K. and Mukherjee, A. K. (2008). Supplementation of four non-conventional aquatic weeds to the basal diet of *Catla catla* (Ham.) and *Cirrhinus mrigala* (Ham.) fingerlings: Effect on growth, protein utilization and body composition of fish. Acta Ichthyologica et Piscatoria, 38, 21–27
- Kumar M., P. Kumari, N. Trivedi, M.K. Shukla, V. Gupta, C.R.K. Reddy B. Jha. (2011). Minerals, PUFAs and antioxidant properties of some tropical seaweed from Saurashtra coast of India. J App Phycol., 23(5): 797-810.
- Li, A.H., K. Cheng, C. Wong, F. King-Wai, C. Feng, J. Yue, (2007). Evaluation of antioxidant capacity and total phenolic content of different fractions of selected microalgae. Food Chem., 102: 771-776.
- Mehrabi, Z., Firouzbakhsh, F. & Jafarpour, A., (2012). Effects of dietary supplementation of synbiotic on growth performance, serum biochemical parameters and carcass composition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fingerlings. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 96, 474–481.
- Meléndez C.M., V.V. Kouznetsov, M.A. Sortino, S.L. Álvarez, S.A. Zacchino. (2007). In vitro antifungal activity of polyfunctionalized 2-(hetero) arylquinolines prepared through imino Diels-Alder reactions. Bioorganic & Medicinal Chemistry 16: 7908-7920.
- Ortiz V. J. (2011). Composición nutricional y funcional de las algas clorofíceas chilenas: *Codium fragile* y *Ulva lactuca*. Monografía. Laboratorio de Química y Análisis de Alimentos, Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química. Universidad de Chile. 25 p.

- Pereira H., Barreira L., Figueiredo F., Custódio L., Vizetto-Duarte C., Polo C., Rešek E., Engelen A., Varela J. (2011). Polyunsaturated Fatty Acids of Marine Macroalgae: Potential for Nutritional and Pharmaceutical Applications. *Mar. Drugs* 10: 1920-1935 pp.
- Peters R.R., Moralea D. E., Morales N.M., R.J. Hernández. (2009). The food quality of the flour of *Lemna obscura* as an ingredient in the preparation of food for red tilapia (*Oreochromis spp.*). *J. Sci.*, 3: 303-310.
- Quitral R., C., Morales M., Sepúlveda, M. Schwartz. (2012). Nutritive and healthy properties of seaweed and its potential as a functional ingredient. *Chil. J. Nutr.*, 39: 196-202.
- Vásquez-Piñeros M.A., Rondón-Barragan L.S., Eslava-Mocha P.R. (2012). Immunostimulants in teleost fish: probiotics, β -glucans and Lipopolysaccharides. *ORINOQUIA*, Universidad de los Llanos Villavicencio, Meta. Colombia 16 (1): 46-62.
- Zheng L.H., Y.J. Wang., J. Sheng., F. Wang., Y. Zheng., X.K. Lin, M. Sun. (2011). Antitumor peptides from marine organisms. *Mar. Drugs*, 9: 1840-1859.