

Química y Farmacología de *Smallanthus sonchifolius* (Poepp.) H. Rob. (“Yacón”)

Olga Lock^a y Rosario Rojas^b

^aDepartamento de Ciencias, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima 32, Perú

^bDepartamento de Ciencias Farmacéuticas, Facultad de Ciencias y Filosofía, Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Perú

Resumen

La presente publicación pretende resumir el conocimiento científico químico-biológico sobre el *Smallanthus sonchifolius* (Poepp.) H. Rob. Se incluye una descripción de los componentes químicos reportados a la fecha en las revistas científicas; entre ellos, los oligofruktanos, así como los compuestos de naturaleza fenólica y terpénica. Además, se presenta una discusión de las actividades biológicas encontradas para extractos de hojas y raíces del yacón.

Abstract

This review article covers the present knowledge on the chemistry and biological activities of *Smallanthus sonchifolius* (Poepp.) H. Rob. A description of the chemical compounds reported in the scientific literature (i.e. oligofruktanans, phenolic compounds and terpenes) is included. The biological activities of the crude extracts of leaves and roots from yacón are discussed.

Palabras claves: *Smallanthus sonchifolius*, yacón, hipoglicemiante, antimicrobiano, antioxidante

Introducción

El poblador andino ha usado desde la antigüedad el yacón en su alimentación. A pesar que la parte comestible es la raíz tuberosa, el yacón ha sido considerado como un fruto por su sabor dulce.

En el libro de Soukup¹ se puede leer una referencia que el Padre Cobo (1653) hace sobre el yacón: «cómense crudas por frutas y tienen un buen sabor, y mucho mejor si se posan un poco al sol; suélese cortar en ruedas y preparar de la

misma suerte que el «cardo» con su pimienta y naranja, y de esta manera se parece en el sabor al «cardo».

El yacón es el nombre vernacular más usual con el que se conoce al *Smallanthus sonchifolius* perteneciente a la familia Asteraceae. Para el género *Smallanthus* se reporta 21 especies de distribución cosmopolita, de las cuales 11 son endémicas de nuestro país.^{1,2}

En los últimos años el yacón ha tenido una gran aceptación por los consumidores por su agradable sabor dulce y por las propiedades atribuidas desde antiguo que empiezan a ser revaloradas. Es un cultivo alto-andino, pero ha sido llevado a Italia y a Nueva Zelandia, y de ésta última a Japón en 1985.

La infusión de las hojas secas es usada para la diabetes y para los desórdenes digestivos y renales. El emplasto de las hojas calentadas es usado para el reumatismo y dolores musculares.^{3,5}

El yacón tiene un gran futuro industrial para la obtención de inulina y fructosa, muy apropiados para enfermos diabéticos. Se hace una bebida refrescante de la raíz rayada y pasada por una tela; también se prepara una «chancaca» del jugo que se obtiene por expresión de la raíz, luego de ser concentrada.

Los botánicos refieren que existen dos sinonimias para la especie *Smallanthus sonchifolius* las cuales son *Polymnia sonchifolia* Poeppig y *Polymnia edulis* Weddell. Por otro lado, se conocen varios nombres comunes para el yacón, como por ejemplo: Llacón, llakuma, llaqon, yacumpi, (v. Quechua); aricoma y aricona (v. Aymara); llacjon, taraca, jacón, jikima, jiquimilla, llacoma, polaco, colla, llamon, arboloco, jicama.³

La presente revisión tiene como objetivo resumir los estudios científicos químico-biológicos reportados a la fecha en la literatura científica sobre este importante recurso natural para así propiciar su aplicación y explotación adecuada.

Constituyentes químicos

Metabolitos primarios

Dentro de los oligosacáridos en la raíz de yacón se ha encontrado desde trisacáridos a decasacáridos, confirmando que corresponden a $\beta(2 \rightarrow 1)$ fructooligosacáridos con sacarosa como azúcar terminal (oligofructanos tipo inulina)⁶, el contenido total de estos oligosacáridos es de 201 mg/g (base seca). Estos fructooligosacáridos están siendo considerados como una fuente potencial de prebióticos para la industria alimentaria y de suplementos dietéticos.⁷ Se ha determinado, asimismo, azúcares libres en concentración de 350 mg/g de fructosa, 158 mg/g de glucosa y 74 mg/g de sacarosa; estos análisis se han efectuado en muestras de raíces almacenadas en condiciones suaves y 96 días después de ser cosechadas.⁸

Se ha determinado que el yacón contiene abundante oligofructano (60-70% sobre base seca), pero que carece de almidón.^{7,9}

Además de los carbohidratos, la raíz de yacón contiene pequeñas cantidades de proteínas (1,3 a 7,3%); grasa (0,4 a 1,0%), fibra (1,0 - 5,7%) sobre base seca; y sobre base fresca, con un porcentaje de agua de 93 - 70%, se ha determinado minerales como calcio 23 mg/g, fósforo 21 mg/g y hierro 0,3 mg/g; así como niacina 0,33 mg/g, riboflavina 0,1%, ácido ascórbico 13 mg/g y retinol 10 mg/g.¹⁰

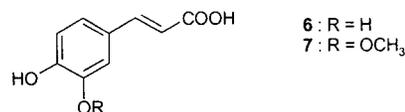
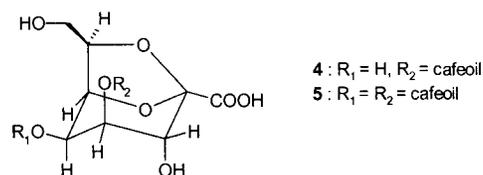
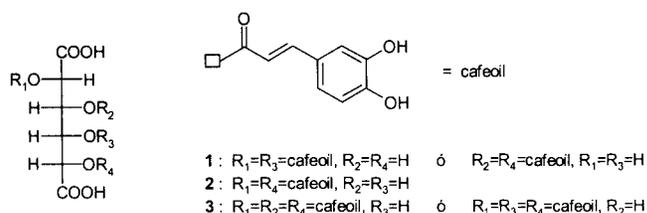
Los tallos y hojas secas contienen proteínas (11-17%) y grasa (2-3%).³

Metabolitos secundarios

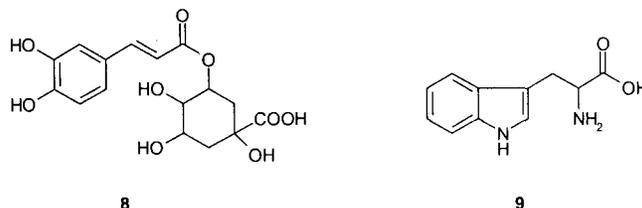
Se reporta que la raíz de yacón contiene 3,8%, en base seca, de compuestos fenólicos.⁹

Dentro de los compuestos fenólicos mayoritarios se han encontrado tres nuevos ésteres cafeoil de ácido altrárico, ácido 2,4 ó 3,5-dicafeoilaltrárico (**1**), ácido 2,5-dicafeoilaltrárico (**2**) y ácido 2,3,5 ó 2,4,5-tricafeoilaltrárico (**3**)¹¹, así como dos ésteres cafeoil derivados de ácido octulosónico que tienen un esqueleto 6,8-dioxabicyclo [3.2.1] octano, siendo uno de ellos un moncafeoil y el otro un dicafeoil éster. Ellos son: el ácido (1*R*,2*S*,3*S*,4*R*,5*S*,7*R*)-4-hidroxi-7-hidroximetil-3-[3-(3,4-dihidroxifenil)-1-oxo-2-propeniloxi]-6,8-dioxabicyclo[3.2.1] octan-5-carboxílico (4-*O*-cafeoil-2,7-anhidro-*D*-glicero-*b*-*D*-

galacto-oct-2-ulopiranosónico ácido) (**4**), y el ácido (1*R*,2*S*,3*R*,4*R*,5*S*,7*R*)-2,4-dihidroxi-7-hidroximetil-2,3-bis[3-(3,4-dihidroxifenil)-1-oxo-2-propeniloxi]-6,8-dioxabicyclo[3.2.1]-octan-5-carboxílico (4,5-di-*O*-cafeoil-2,7-anhidro-*D*-glicero-*b*-*D*-galacto-oct-2-ulopiranosónico ácido) (**5**).¹² También se han aislado los ácidos cafeico (**6**) y ferúlico (**7**).¹³

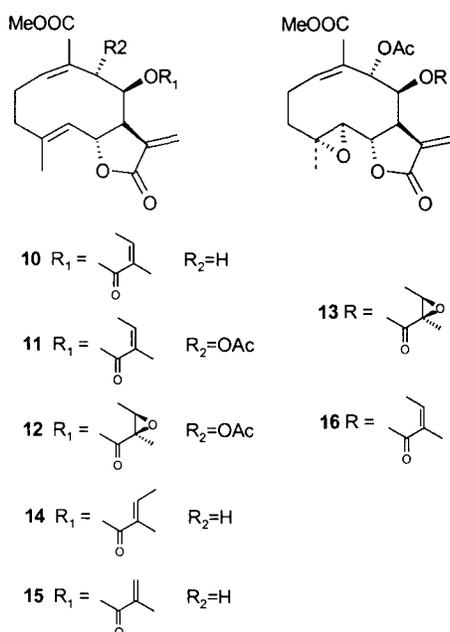


Para la raíz también se reporta la presencia del compuesto fenólico ácido clorogénico (**8**), y del aminoácido L-triptófano (**9**), en concentraciones de 48,5 y 14,6 mg/g (sobre muestra fresca), respectivamente. A ambos se les atribuye la actividad antioxidante del yacón.⁹



Se ha aislado de las hojas de yacón el éster metílico del ácido 8-angeloil-1(10), 4,11(13)-germacatrien-12,6-ólido-14-oico, al que se le ha llamado sonchifolina (**10**), un nuevo compuesto sesquiterpeno tipo melampólido. Se aislaron también otros tres melampólidos de estructuras conocidas, que son la polimatina B (**11**), uvedalina (**12**) y la enhidrina (**13**). La polimatina es un derivado acetoxi de sonchifolina y ha sido encontrada antes en *Smilax maculata*, mientras que la uvedalina y enhidrina han sido reportadas previamente en *Smilax uvedalia* y *Enhydra fluctuans*, respectiva-

mente.¹⁴ Ultimamente también se reportó el aislamiento de otros dos nuevos melampólidos denominados como el éster metílico del ácido 8 b-tigloiloximelampolid-14-oico (**14**) y el éster metílico del ácido 8 b-metacrililoiximelampodic-14-oico (**15**), y el conocido fluctuanina (**16**).¹⁵

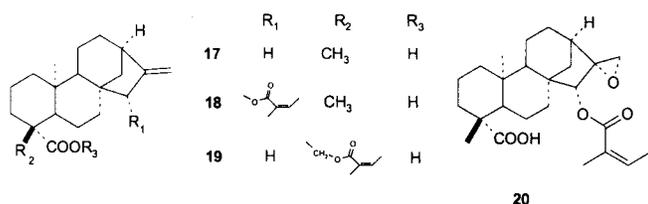


Se ha aislado y determinado que las hojas de yacón y el exudado del tricoma glandular son ricos en el diterpeno ácido ent-kaurenoico (ac. ent-kaur-16-en-19-oico) (**17**); se han aislado además otros derivados del ácido angeloil kaurénico, como el éster del ácido 15 a-angeloiloxi-ent-kaur-16-en-19-oico (**18**), el ácido 18-angeloiloxi-ent-kaur-16-en-19-oico (**19**) y el ácido 15 a-angeloiloxi-16-epoxi-ent-kaur-19-oico (**20**).¹⁶

Actividades biológicas

Actividad hipoglicemiante

Aybar et al.⁵ evaluaron el efecto hipoglicemiante del extracto acuoso de las hojas de *Smalanthus sonchifolius* (yacón) en



ratas normales, en ratas con hiperglicemia transitoria y en ratas con diabetes inducida por streptozotocina (STZ). Una decocción de yacón al 10%, administrada por vía oral (8 mL/Kg) o intraperitoneal (4 mL/Kg), produjo una disminución significativa de los niveles de glucosa en sangre de ratas normales.

En un test de tolerancia a la glucosa en ratas normales, una dosis única (8 mL/Kg i.p.) de la decocción de yacón al 10% disminuyó la concentración de la glucosa plasmática. En contraste, una sola dosis de la decocción de yacón por vía oral o intraperitoneal no produjo efecto alguno sobre los niveles de glucosa plasmática en ratas con diabetes inducida por STZ.⁵

Sin embargo, la administración de un té de yacón al 2% *ad libitum* en vez de agua por 30 días consecutivos produjo un efecto hipoglicémico significativo en ratas con diabetes inducida por STZ. Luego de 30 días de administración del té, las ratas diabéticas mostraron mejores parámetros corporales (glucosa plasmática, insulina plasmática, peso corporal) y renales (peso renal, relación peso renal/peso corporal, aclaramiento de creatinina, albuminuria) en comparación con las ratas diabéticas del grupo control. La administración del té de yacón produjo un aumento de los niveles circulantes de insulina. No se sabe si este incremento es por la estimulación de la síntesis o secreción de la insulina, o por la inhibición de la degradación de la misma, o una conjunción de ambos mecanismos.⁵

Los extractos acuosos y las fracciones acetato de etilo obtenidos de hojas de yacón disminuyen la producción de glucosa (tanto por gluconeogénesis como glucogenólisis) en hepatocitos normales. En células de hepatoma, las fracciones de acetato de etilo tienen un efecto similar al de la insulina, que es el de reducir la expresión de CYP2B y CYP2E mRNA. Estos resultados parecen sugerir que el efecto hipoglicémico de los extractos acuosos de *S. sonchifolius* (hojas) se debe probablemente a un incremento en la insulina plasmática, pero también a la inhibición de la gluconeogénesis y glicogenólisis hepática.^{17,18}

Actividad antioxidante

Yan et al.⁹ evaluaron la actividad antioxidante *in vitro* de las raíces de yacón por medio del test de DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil); el test de desoxiribosa y el test de decoloración del β-caroteno. Se encontró que el extracto metanólico de las raíces de yacón tenía mayor actividad antioxidante en el test

de DPPH en comparación con los extractos clorofórmicos, de acetato de etilo o acetona. El extracto metanólico fue purificado por medio de cromatografía de permeación en gel y por HPLC preparativa en fase reversa. Se lograron identificar dos compuestos antioxidantes: el ácido clorogénico y el L-triptofano. El ácido clorogénico mostró mayor actividad antioxidante que el L-triptofano en el test de DPPH. Ambos compuestos previenen la decoloración del β -caroteno. En el test de la desoxiribosa, el L-triptofano es capaz de captar radicales hidroxilo, mientras que el ácido clorogénico en cambio, estimula en cierta medida la producción de radicales hidroxilo mediada por fierro. Por lo tanto, el mecanismo de actividad antioxidante de ambos compuestos parece ser diferente, dependiendo de la especie radicalaria en estudio.

Valentova et al.¹⁹ usaron el test de DPPH y el de inhibición de la enzima xantina oxidasa para demostrar que las fracciones acetato de etilo, obtenidas a partir de extractos metanólicos de hojas y tubérculos de yacón, poseen actividad antioxidante *in vitro*. Además, estas fracciones inhiben la lipoperoxidación, inducida por *tert*-butilhidroperóxido, de membranas microsomales y mitocondriales de células hepáticas de rata. Sin embargo, dichas fracciones pueden ser citotóxicas para hepatocitos de rata a concentraciones mayores de 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$. Al parecer, los compuestos responsables de dichas actividades biológicas son el ácido cafeico y el ácido clorogénico. En el test de DPPH, los valores de IC_{50} para estos compuestos fueron de $0,86 \pm 0,005$ y $2,46 \pm 0,17 \mu\text{g}/\text{mL}$, respectivamente. La actividad inhibitoria de la xantina oxidasa y de inhibición de la lipoperoxidación de membranas mitocondriales se debe principalmente a la presencia del ácido cafeico.

Actividad antimicrobiana

Dado que generalmente no es necesario usar pesticidas durante el cultivo del yacón, es de suponer que las partes aéreas podrían contener compuestos antifúngicos o pesticidas. A partir de un extracto metanólico de las hojas del yacón, Inoue et al.¹⁴ pudieron aislar un melampólido nuevo, al que se llamó sonchifolina (10), y tres ya conocidos: polimatina B (11), uvedalina (12) y enhidrina (13). De los cuatro melampólidos aislados, la sonchifolina (10) posee la mayor actividad antifúngica contra el *Pyricularia oryzae*, el hongo causante de la enfermedad del arroz.

Del análisis de las estructuras químicas de estos 4 melampólidos versus la actividad biológica se puede deducir que en la posición 9 no es necesaria la presencia de un grupo

acetilo, mientras que en la posición 8 es mejor colocar un grupo angeloiloxi en lugar de un epoxiangeloiloxi para aumentar la actividad antifúngica.¹⁴

En un estudio posterior realizado por Lin et al.¹⁵ se obtuvo un compuesto melampólido cuya actividad *in vitro* contra el hongo *P. oryzae* es mayor que la hallada para la sonchifolina. Al analizar la estructura de este compuesto, se puede observar que en la posición 8 es mejor la presencia de un grupo metacrililo que un grupo angeloiloxi para mejorar la actividad antifúngica *in vitro*.

Por otro lado, al medir la actividad contra la bacteria *Bacillus subtilis* se obtuvo que el melampólido más activo fue la fluctuanina (16), seguido de la uvedalina (12) y la enhidrina (13). Todos estos compuestos poseen un grupo acetoxi en la posición 9, el cual parece ser necesario para la presencia de actividad antibacteriana. La actividad de la uvedalina fue algo mayor que el de la enhidrina. La única diferencia entre estos dos compuestos es la presencia de un grupo epóxido en C4/C5, el cual parece ser necesario para la actividad antibacteriana.¹⁵

Yacón como prebiótico

Los fructooligosacáridos (FOS) contenidos en la raíz del yacón pueden comportarse como prebióticos al mejorar el balance de la microflora intestinal y al promover el crecimiento de organismos probióticos. Los prebióticos se definen como ingredientes alimenticios no digeribles que benefician al hospedero estimulando el crecimiento y la actividad de un número limitado de bacterias del intestino y por mejorar la salud del hospedero. Los probióticos se definen como microorganismos vivos añadidos en la dieta que benefician la microflora del colon. Existe un interés en buscar maneras de incrementar el número de estos organismos en el intestino. Una de estas maneras es el uso de FOS. Pedreschi et al.⁷ demostraron que los FOS del yacón son metabolizados por 3 cepas de probióticos conocidos: *Lactobacillus acidophilus* NRRL-1910, *Lactobacillus plantarum* NRRL B-4496 y el *Bifidobacterium bifidum* ATCC 15696.

Conclusiones

La presencia de un alto porcentaje de oligofruktanos (60-70% sobre base seca) en las raíces del yacón hacen de él un producto de alto interés para la industria alimentaria y de suplementos dietéticos.

Por otro lado, los compuestos fenólicos, principalmente los ácidos clorogénico, ferúlico y cafeico y sus derivados explican la actividad antioxidante encontrada en extractos de yacón.

A los compuestos terpénicos hallados en las hojas, especialmente a los sesquiterpénicos tipo melampólido, se les atribuye la actividad antimicrobiana, mientras que a los diterpenos tipo kaurenos se les reconoce como sustancias que las plantas biosintetizan como mecanismos de defensa.

Se han hecho estudios de actividad biológica de extractos de hojas y raíces del yacón. Las hojas poseen actividad hipoglucemiante y antimicrobiana, mientras que las raíces tienen actividad antioxidante *in vitro* y pueden ser usados como

agente prebióticos que promueven el crecimiento de organismos probióticos.

Actualmente existen en el mercado diversos productos derivados de las raíces del yacón, a los cuales se les atribuye actividad hipoglucemiante o que pueden ser usados para el tratamiento de la diabetes. Sin embargo, es de notar que aún no existen estudios científicos que respalden dichas aseveraciones. Por otro lado, los estudios de actividad hipoglucemiante realizados a las hojas del yacón parecen indicar que el mecanismo de acción respectivo es mediante la inhibición de la gluconeogénesis y glicogenólisis hepática.

Referencias

1. Soukup, J. *Vocabulario de los Nombres Vulgares de la Flora Peruana*. Ed. Salesianos, Lima, 1987. p. 379.
2. Brako, L., Zarucchi, J. *Catalogue of the Flowering Plants and Gymnosperms of Peru*. Missouri Botanical Garden, Missouri. 1983. pp. 177-178.
3. Brack, A. *Diccionario Enciclopédico de Plantas Útiles del Perú*. PNUD – Centro de Estudios Bartolomé de las Casas, Cusco. 1999. p. 460.
4. Grau, A., Rea, J. Yacón. *Smallanthus sonchifolius*. En *Andean Roots and Tubers: Ahipa, arracacha, maca, yacón*. Hermann, M. and Heller, J. (Eds.) Institute of Plant Genetic and Crop Plant Research. 1997. pp. 199-242.
5. Aybar, M., Sánchez, A., Grau, A., Sánchez, S. *J. Ethnopharmacol.* **2001**, *74*, 125-132.
6. Goto, K., Fukay, K., Hikida, J., Nanjo, F., Hara, Y. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **1995**, *59*, 2246-2347.
7. Pedreschi, R., Campos, D., Noratto, G., Chirinos, R., Cisneros-Zevallos, L. *J. Agric. Food Chem.* **2003**, *47*, 4711-4713.
8. Ohyama, T., Ito, O., Yasuyoshi, S., Ikarashi, T., Minamizawa, K., Kubota, M., Tsukihashi, T., Asami, T. *Soil Sci. Plant Nutr.* **1990**, *36*, 167-171.
9. Yan, X., Suzuki, M., Ohnishi, M., Sada, Y., Nakanishi, T., Nagata, T. *J. Agric. Food Chem.* **1999**, *47*, 4711-4713.
10. Lizarraga, L., Ortega, R., Vargas, M., Vidal, A. *Cultivo del yacón (Polymnia sonchifolia)*. Resúmenes Curso IX Congreso Internacional de Cultivo Andino. En *Andean Roots and Tubers: ahipa, arracacha, maca, yacón*. Hermann M. and Heller J. (eds.) Institute of Plant Genetic and Crop Plant Research, 1997. p. 222.
11. Takenaka, M., Yan, X., Ono, H., Yoshida, M., Nagata, T., Nakanishi, T. *J. Agric. Food Chem.* **2003**, *51*, 793-796.
12. Takenaka, M., Ono, H. *Tetrahedron Lett.* **2003**, *44*, 999-1002.
13. Simonovska, B., Vovk, I., Andrenšek, S., Valentová, K., Ulrichová, J. *J. Chromatog A* **2003**, *1016*, 89-98.
14. Inoue, A., Tamogami, S., Kato, H., Nakazato, Y., Akiyama, M., Kodama, O., Akatsuka, T., Hashidoko, Y. *Phytochemistry* **1995**, *39*, 845-848.
15. Lin, F., Hasegawa, M., Kodama, O. 2003. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **2003**, *67*, 2154-2159.
16. Kakuta, H., Takuhiko, S., Hashidoko, Y., Mizutani, J. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **1992**, *56*, 1562-1564.
17. Valentová, K., Moncion, A., de Waziers, I., Ulrichová, J. *Cell Biol. Toxicol.*, **2004**, *20*, 109-120.
18. Valentová, K., Ulrichová, J. *Biomed. Papers* **2003**, *147*, 119-130.
19. Valentová, K., Cvak, L., Muck, A., Ulrichová, J., Šimánek, V. *Eur. J. Nutr.* **2003**, *42*, 61-66.