ESTUDIO SOBRE LA COMPOSICION QUIMICA Y CONTENIDO DE FACTORES ANTIFISIOLOGICOS DE LA PASTA RESIDUAL DE JOJOBA *(Simmondsia chinensis)*

F. Pérez-Gil R.[1], *G. L. Sanginés*[1], *R. A. Torreblanca*[2], *M. L. Grande, C. D.*[1] *y J. M. E. Carranco*[1]

Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán" (INNSZ), México D. F., México

RESUMEN

La jojoba *(Simmondsia chinensis)* es una planta que últimamente ha despertado gran interés mundial debido a la cera líquida que de ella se obtiene. Aun cuando se ha prestado mucha atención al uso potencial de esta cera como sustituto del aceite de ballena (cachalote), poco ha sido el trabajo efectuado sobre el subproducto, de elevado contenido proteínico, que queda después de la extracción del aceite. Considerando que una de las principales preocupaciones actuales es la búsqueda de nuevas fuentes de alimentos, tanto para consumo humano como animal, es clara la necesidad de efectuar un estudio sobre este producto. Como resultados significativos de la caracterización realizada se obtuvo: proteína cruda, 14.03 y 25.24o/o; extracto etéreo, 48.89 y 14.73o/o; fibra cruda, 10.03 y 10.07o/o; cenizas, 1.59 y 4.72, y extracto libre de nitrógeno, 25.46 y 45.25, siendo los aminoácidos limitantes la metionina, lisina e isoleucina; el inhibidor de tripsina, 13,747 y 11,197 UIT/g, y presencia de glucósidos cianogénicos en la semilla y la pasta, respectivamente. Se puede considerar, que por su valor nutritivo, la pasta residual de jojoba es un suplemento adecuado para la alimentación animal. Sin embargo, requiere de un tratamiento previo a su consumo para eliminar los factores tóxicos.

INTRODUCCION

En la actualidad existe gran interés en la búsqueda de nuevas fuentes de alimento tanto para consumo humano como animal. En torno a esta

---

Manuscrito modificado recibido: 7–7–88.

1. Investigadores del Departamento de Nutrición Animal, División de Nutrición Experimental y Ciencia de los Alimentos, Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán", Vasco de Quiroga 15, Col. Tlalpan, 14000 México D. F., México.

2. Jefe del Departamento de Nutrición y Ciencia de los Alimentos de la Universidad Iberoamericana, México, D. F., México.

preocupación, se ha estudiado el valor nutritivo y toxicológico de innumerables plantas, entre las cuales destacan las leguminosas y oleaginosas.

La jojoba es una planta perenne y longeva, perteneciente a la familia de las Buxáceas, genero *Simmondsia* y especie *chinensis.* El habitat natural de esta planta es el desierto sonorense, los Estados de Baja California Norte y Sur en la República Mexicana, el desierto de Arizona y el Suroeste del Estado de California en los Estados Unidos de América (Figura 1) (1, 2).

A raíz del pasaje del "Acta de Conservación de Especies en Peligro de Extinción de 1969", en el cual se establece que las ballenas cachalote, quedaban en la lista de especies protegidas, la importación del aceite, carne y otros productos de dicha especie se vio disminuida. A partir de ello, la jojoba fue objeto de gran atención y publicidad, ya que el aceite (cera líquida) que se obtiene de la semilla de esta planta está considerado como el principal sustituto del aceite de ballena y sus diversas aplicaciones comerciales, gracias a sus propiedades físicas y químicas (3).

La cera está compuesta por ésteres de alto peso molecular, ácidos monoetilénicos, y alcoholes.

Los ácidos no saturados se identificaron como una mezcla de ácido eicosenoico y dicosenoico junto con pequeñas cantidades de oleico y palmitoleico. Los alcoholes no saturados son una mezcla de dicosenol con pequeñas cantidades de tetracosenol (4).

En la Tabla 1 se detalla la composición y estructura de los ácidos grasos y alcoholes de la cera de jojoba.

Esta planta es capaz de tolerar las temperaturas extremas del desierto, que en verano oscilan entre 35 y 45°C. Requiere de 500 mm de precipitación pluvial anual, aun cuando con una precipitación de 100 mm se obtiene una pequeña producción (5). En México, el 40°/o de la superficie territorial presenta condiciones de aridez y semiaridez, donde la producción de jojoba podría ser una alternativa.

El aceite de jojoba representa el 50°/o de la semilla, por lo que al extraerlo se obtiene un residuo –la pasta–, el cual constituye el otro 50°/o, y que, se sabe, contiene de 26 a 33°/o de proteína cruda (1); sin embargo, los estudios que en la actualidad se han efectuado con este subproducto, enfocándolo a la alimentación humana o animal, son reducidos. Por consiguiente, el objetivo de este trabajo fue investigar el valor nutritivo de la semilla y de la pasta residual de jojoba *(Simmondsia chinensis)* y determinar la presencia de factores antinutricionales.

MATERIAL Y METODOS

La semilla y pasta de jojoba *(Simmondsia chinensis)* utilizada en este trabajo se obtuvo del campo experimental "Todos Santos" del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, ubicado en San Pedrito, Delegación Todos Santos, Municipio de la Paz, B.C.S.

Fue una muestra "revuelta" de semilla silvestre y semilla bajo domesticación. La pasta residual se obtuvo después de la extracción mecánica del aceite (a base de prensas).

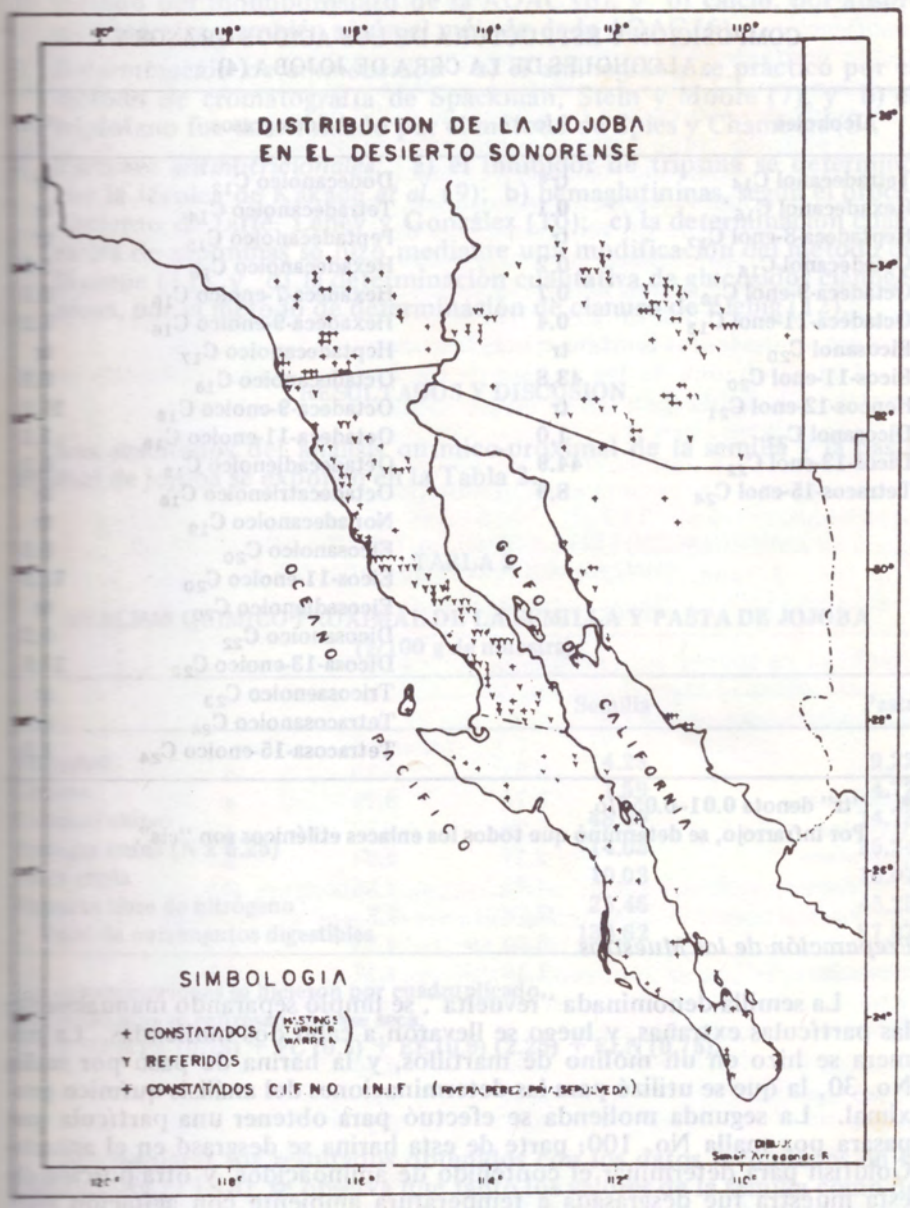

FIGURA 1

Localización de rodales silvestres de jojoba

TABLA 1

COMPOSICION Y ESTRUCTURA DE LOS ACIDOS GRASOS Y ALCOHOLES DE LA CERA DE JOJOBA (4)

Alcoholes	o/o	Acidos grasos	o/o
Tetradecanol C_{14}	tr*	Dodecanoico C_{12}	tr
Hexadecanol C_{16}	0.1	Tetradecanoico C_{14}	tr
Heptadeca-8-enol C_{17}	tr	Pentadecanoico C_{15}	tr
Octadecanol C_{18}	0.2	Hexadecanoico C_{16}	1.2
Octadeca-9-enol C_{18}	0.7	Hexadeca-7-enoico C_{16}	0.1
Octadeca-11-enol C_{18}	0.4	Hexadeca-9-enoico C_{16}	0.2
Eicosanol C_{20}	tr	Heptadecanoico C_{17}	tr
Eicos-11-enol C_{20}	43.8	Octadecanoico C_{18}	0.1
Hencos-12-enol C_{21}	tr	Octadeca-9-enoico C_{18}	10.1
Dicosanol C_{22}	1.0	Octadeca-11-enoico C_{18}	1.1
Dicos-13-enol C_{22}	44.9	Octadecadienoico C_{18}	0.1
Tetracos-15-enol C_{24}	8.9	Octadecatrienoico C_{18}	tr
		Nonadecanoico C_{19}	tr
		Eicosanoico C_{20}	0.1
		Eicos-11-enoico C_{20}	71.3
		Eicosadienoico C_{20}	tr
		Dicosanoico C_{22}	0.2
		Dicosa-13-enoico C_{22}	13.6
		Tricosaenoico C_{23}	tr
		Tetracosanoico C_{24}	tr
		Tetracosa-15-enoico C_{24}	1.3

* "tr" denota 0.01-0.05o/o.
Por infrarrojo, se determinó que todos los enlaces etilénicos son "cis".

Preparación de las Muestras

La semilla denominada "revuelta", se limpió separando manualmen las partículas extrañas, y luego se llevaron a cabo dos moliendas. La pr mera se hizo en un molino de martillos, y la harina de pasó por mal No. 30, la que se utilizó para las determinaciones del análisis químico pr ximal. La segunda molienda se efectuó para obtener una partícula qu pasara por malla No. 100; parte de esta harina se desgrasó en el aparat Goldfish para determinar el contenido de aminoácidos, y otra porción d esta muestra fue desgrasada a temperatura ambiente con agitación pa la determinación de factores antinutricionales, ya que con la aplicació de calor se destruyen algunos de éstos.

La pasta se quebró en un molino de discos, y se obtuvo una harina co un tamaño de partícula de malla No. 30. Una vez preparadas las muestra se realizaron los siguientes análisis:

1. Análisis químico-proximal, por el método de la AOAC (6).

2. *Análisis de minerales:* a) Fósforo, como pentóxido de fósforo por el método del molidbofosfato de la AOAC (6), y b) calcio, por absorción atómica, también según el método de la AOAC (6).
3. *Determinación de aminoácidos:* a) el aminograma se practicó por el método de cromatografía de Spackman, Stein y Moore (7), y b) el triptofano fue determinado por el método de Spies y Chambers (8).
4. *Factores antinutricionales:* a) el inhibidor de tripsina se determinó por la técnica de Kakade *et al.* (9); b) hemaglutininas, según el procedimiento de Jaffé, Leney y González (10); c) la determinación cualitativa de saponinas se hizo mediante una modificación del método de Monroe (11), y d) la determinación cualitativa de glucósidos cianogénicos, por el método de determinación de cianuro de Liebig (12).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados del análisis químico-proximal de la semilla y la pasta residual de jojoba se exponen en la Tabla 2.

TABLA 2

ANALISIS QUIMICO-PROXIMAL DE LA SEMILLA Y PASTA DE JOJOBA
(g/100 g de muestra)

	Semilla	Pasta
Humedad	4.23	9.22
Cenizas	1.59	4.72
Extracto etéreo	48.89	14.73
Proteína cruda (N x 6.25)	14.03	25.24
Fibra cruda	10.03	10.07
Extracto libre de nitrógeno	25.46	45.25
* Total de nutrimentos digestibles	133.62	87.87

Las determinaciones se hicieron por cuadruplicado.
Los resultados se expresan en base seca.
* TND = PC (0.75) + FC (0.5) + EE (0.9) (2.25) + ELN (0.75).

Al comparar los resultados obtenidos con los datos recopilados en la bibliografía (13-18), se observa que tanto los valores de la semilla como de la pasta, se encuentran dentro de los rangos informados.

En el caso de los minerales, es difícil establecer una comparación objetiva, ya que el contenido de minerales es muy variable, dependiendo de las zonas de cultivo (19). Los valores obtenidos en este trabajo fueron de 1,560 ppm de fósforo en la semilla y de 1,770 ppm en la pasta; mientras que de calcio fueron de 650 ppm y 440 para la semilla y pasta, respectivamente.

Los resultados del aminograma de la semilla y pasta de jojoba, se aprecian en la Tabla 3. Si se toma como referencia el patrón FAO (20) para calificación química de la proteína, salta a la vista que el primer aminoácido limitante es la metionina, ya que sólo equivale al 51%, seguido por la lisina, con 92.1% e isoleucina con 93.6%; todos los demás aminoácidos esenciales sobrepasan los valores de dicho patrón.

Si se toma como patrón los requerimientos para cerdos y aves establecidos por la Academia Nacional de Ciencias de los EUA (21, 22), se observa que la proteína es de buena calidad, tanto de la semilla como de la pasta, ya que cubre los requerimientos de aminoácidos de ambas especies.

Es importante subrayar el alto contenido de triptofano (2.17 y 2.04 g/100 g de proteína en la semilla y en la pasta) el que corresponde a una calificación química de 210.5%, debido a que éste, junto con la lisina, son los aminoácidos limitantes más frecuentes en los cereales.

Los resultados de los análisis de los factores antinutricionales se presentan en la Tabla 4.

TABLA 3

AMINOACIDOS EN LA SEMILLA Y PASTA DE JOJOBA EN COMPARACION CON EL PATRON FAO

(g de aminoácidos/100 g de proteína)

	Semilla	Pasta	Patrón FAO	C.Q.
Aminoácidos esenciales				
Valina	5.31	5.70	5	110
Isoleucina	3.70	3.79	4	93.65
Treonina	5.76	4.72	4	131
Triptofano	2.17	2.04	1	210.5
Fenilalanina	4.75	4.88	2.8	171
Leucina	7.72	7.81	7	110.5
Lisina	5.20	4.91	5.5	92.10
Metionina	1.10	1.17	2.2	51.0
Aminoácidos no esenciales				
Histidina	2.00	1.46		
Acido aspártico	8.84	9.20		
Serina	4.55	5.13		
Acido glutámico	12.51	12.59		
Prolina	6.19	6.43		
Glicina	8.57	9.06		
Alanina	4.02	4.29		
Cisteína	5.39	4.69		
Tirosina	4.89	4.92		
Arginina	7.38	7.21		

C.Q. = Calificación química, calculada utilizando el patrón FAO 1973 como referencia.

TABLA 4

FACTORES ANTINUTRICIONALES

	Pasta	Semilla
Inhibidor de tripsina	11,197	13,747 UIT/g
Hemaglutininas	Negativo	Negativo
Saponinas	Negativo	Negativo
Glucósidos cianogénicos	Positivo	Positivo

UIT/g = El incremento de 0.01 unidades de absorbancia a 410 nm, por cada 0.02 mg/g de muestra de reacción.

En lo que respecta a los valores del inhibidor de tripsina encontrados, se aprecia que tanto los de la semilla como los de la pasta están dentro del rango de seguridad, pues aun cuando no se ha llegado a una conclusión definitiva en lo que al valor máximo tolerable concierne, se considera como aceptable una destrucción del 60-80o/o de UIT de los inhibidores de la soya, que hasta el momento han sido los más estudiados. Si se considera que la soya posee 70,000 UIT, se podría estimar 14,000 UIT como máximo tolerable en ratas[3]. (No existen estudios de esta naturaleza para otras especies animales).

La razón por la que el inhibidor de tripsina fue mayor en la semilla que en la pasta es que esta última fue procesada para la extracción del aceite (con cocción previa), y se sabe que este factor antinutricional se destruye por calentamiento húmedo.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados comentados, se puede concluir que la jojoba y en particular, la pasta, pueden ser utilizados como un ingrediente más en las dietas para animales. No obstante, la utilización de esta última debe de hacerse con un tratamiento previo a su consumo, siendo el primer paso el desgrasado con hexano, hasta obtener un nivel máximo del 2o/o, ya que se ha observado que cuando a una dieta básica para ratas se le añade el 2o/o del aceite, las heces se tornan suaves, provocando una disminución en su crecimiento. Cuando el aceite alcanza niveles del 10o/o, mueren algunas animales, mientras que con niveles del 1o/o se notifican buenas ganancias ponderales y heces normales (16).

Ello se debe a que el aceite no es digerible y actúa como lubricante intestinal, ocasionando la eliminación de vitaminas y mala absorción de carbohidratos, proteínas y lípidos (16).

3 Comunicación personal de Elsa Muñoz, del INNSZ.

Como segundo paso, se procedería a eliminar los glucósidos cianog
nicos (como la simmondsina). Esto se logra modificando el grupo cian
mediante un tratamiento, ya sea térmico, químico, enzimático o micr
biano (16), pues se ha visto que éste tiene un efecto negativo sobre el co
sumo de alimento en rumiantes, y es tóxico para animales monogástric
(1).

Se ha observado que ensilando la pasta de jojoba con maíz verde pic
do, la gustosidad en rumiantes aumenta (23), lo mismo que tratamientos
base de lactobacilos. Sin embargo, esto último no es recomendado en
caso de monogástricos, porque disminuye la disponibilidad de los amin
ácidos y de almidón (1, 22).

SUMMARY

STUDY ON THE NUTRITIVE VALUE AND ANTIPHYSIOLOGICAL FACTORS OF JOJOBA *(Simmondsia chinensis)* RESIDUAL MEAL

Jojoba *(Simmondsia chinensis)* is a perennial plant with an interesting econom value by processing it for liquid wax production. By pressing of jojoba seeds, b product which has been called "residual meal" has been obtained, and because of high protein content, it would be a great interest to evaluate it as animal feedstu The results of this study showed the following. Both seed and residual meal we analyzed in regard to their chemical proximal composition: crude protein 14.03 a 25.24%; ether extract, 48.89 and 14.73%; crude fiber, 10.03 and 10.07%; as 1.59 and 4.72, and nitrogen-free extract, 25.46 and 45.25, the limiting amino aci being methionine, lysine and isoleucine. The trypsin inhibitor factors were 13,74 and 11,197 TIU/g; and hemaglutinins and saponins were negative for both sample Cyanogenic glucosides were positive in both samples. It was concluded that jojo residual meal is an alternative as an adequate feedstuff in those regions where jojoba produced. Nevertheless, prior to consumption it must be treated so as to elimina the toxic factors.

BIBLIOGRAFIA

1. Swingle, R. S., M. R. García, F. J. Delfino & F. L. Prouty. An evaluation *Lactobacilus acidophilus*-treated jojoba meal in beef cattle diets. **J. Anim. Sc 60**(3): 832-838, 1985.
2. Piña, P. F. & F. Pérez Octavo. Localización de rodales silvestres de jojo *(Simmondsia chinensis)* en el Estado de Baja California Sur. **Ciencia Forest** 8(41): 23-43, 1983.

3. Parra, H. **La Jojoba** *(Simmondsia chinensis* **L. Schneider). Una Contribución al Conocimiento de la Jojoba.** Publicación Especial No. 20. 2a ed. México, D. F., Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (INIF), 1980.
4. Miwa, T. K., G. F. Spence & R. D. Plattner. Separation and structure determination of jojoba oil components by high-pressure liquid chromatography and gas chromatography/mass spectrometry. **La Jojoba, Memorias de la II Conferencia Internacional sobre la Jojoba y su Aprovechamiento.** 3a ed. México, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), Comisión Nacional de las Zonas Áridas (CONAZA), y Consejo Internacional sobre Jojoba, 1981, p. 40-59.
5. **Underexploited Tropical Plants with Promising Economic Value.** Washington, D. C., National Academy of Sciences, 1975, p. 105-110.
6. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of the AOAC.** 12th ed. Washington, D. C., The Association, 1975.
7. Spackman, O. H., W. H. Stein & S. Moore. Automatic recording apparatus for use in the chromatography of amino acids. **Anal. Chem., 30**: 1190-1206, 1958.
8. Spies, J. R. & D. C. Chambers. Chemical determination of tryptophan in protein. **Anal. Chem., 21**(10): 1249-1250, 1949.
9. Kakade, M. L., C. Rackis, J. E. Mc. Ghee & G. Puski. Determination of trypsin inhibitor activity of soy products. **Amer. Assoc. of Cereal Chem., 51**: 376, 1974.
10. Jaffe, W. G., A. Leney & D. Gonzalez. Isolation and partial characterization of bean phytohemagglutinins. **Phytochem., 13**: 2685-2693, 1974.
11. Monroe, E. E. Detection and estimation of steroidal sapogenins in plant tissue. **Anal. Chem., 24**(8): 1337-1341, 1952.
12. Orozco, F. **Análisis Químico Cuantitativo.** México, D. F., Editorial Porrúa, 1970.
13. Verhiscar, A. J. & T. F. Banigan. Composition of jojoba seeds and foliage. **J. Agric. Food Chem., 26**(6): 1456-1459, 1978.
14. Miller, R. H., R. E. Edwards & G. O. Kohler. Pilot plant scale grinding and pressing of jojoba seeds. **JAOCS, 56**: 556-558, 1979.
15. Robles, B. C. **Estudio Analítico de la Semilla de la** *Simmondsia californica* **(Jojoba).** Tesis. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, México, D. F., 1940.
16. Verhiscar, A. J. & T. F. Banigan. Detoxification of jojoba meal. **J. Agric. Food Chem., 28**(3): 571-578, 1980.
17. Tejada, H. I. Valor nutritivo de algunos ingredientes de zonas áridas. **Técnica Pecuaria en México, 31**: 89-93, 1976.
18. Verhiscar, A. J., T. F. Banigan, C. W. Wever, B. L. Reid, R. Spencer, J. E. Trei & E. A. Nelson. Detoxification of jojoba meal by *Lactobacilli.* **J. Agric. Food Chem., 29**(2): 296-302, 1981.
19. Utz, W. J. Nutritional evaluation of the jojoba plant: Elemental analysis of the seed meal. **J. Agric. Food Chem., 30**: 392-394, 1982.
20. Arlin, M. **The Science of Nutrition.** 2nd. ed. New York, N. Y., Mac Millan Publishing Company, 1977.
21. The National Research Council. **Nutrition Requirements of Swine.** Eighth revised ed. Washington, D. C., National Academy of Sciences, 1979.
22. National Research Council. **Nutrient Requirements of Poultry.** Seventh revised ed. Washington, D. C., National Academy of Sciences, 1977.
23. Ngou, Ngoupayou, J. D., P. M. Maiorino & B. L. Reid. Jojoba meal in poultry diets. **Poultry Sci., 61**: 1692-1696, 1982.

24. Manos, C. D., P. J. Schrynemeeckers, D. E. Houge, J. N. Telford, G. S. Stoesanc D. H. Beerman, J. C. Babish, J. Y. Blue, B. S. Shane & D. J. Lisk. Toxicologi studies with lambs fed jojoba meal supplemented rations. **J. Agric. Food Chem** **34**(5): 801-805, 1986.