

**EVALUACION DE ALGUNAS CARACTERISTICAS
QUIMICO-NUTRICIONALES DE LA SEMILLA DEL ARBOL
DE HULE (*Hevea brasiliensis*)^{1,2}**

*Celia Margarita Selle*³, *Elvira González de Mejía*⁴,
*Luiz G. Elías*⁵ y *Ricardo Bressani*⁶

Universidad del Valle de Guatemala e Instituto de Nutrición
de Centro América y Panamá (INCAP), Guatemala,
Guatemala, C. A.

Manuscrito modificado recibido: 1-2-83.

- 1 Este trabajo constituye parte de la tesis de graduación presentada por la Srta. Margarita Selle previo a optar al título de Licenciada en Química, bajo la asesoría de la Ing. Elvira González de Mejía.
- 2 La realización de este trabajo contó con fondos que para ese propósito tuvo a bien otorgar la Universidad de las Naciones Unidas.
- 3 Estudiante de tesis de la Universidad del Valle de Guatemala.
- 4 Autor responsable de la correspondencia y solicitud de separatas, las cuales deben dirigirse a: Ing. Elvira González de Mejía, Profesora Investigadora, Departamento de Química, Universidad del Valle de Guatemala, Apartado No. 82, Guatemala, Guatemala, C. A.
- 5 Jefe del Programa de Alimentos Básicos de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), Apartado No. 1188, Guatemala, Guatemala, C. A.
- 6 Jefe de la citada División.

Publicación INCAP C-126.

RESUMEN

Se sometieron a estudio algunas características químicas y nutricionales de la semilla del árbol de hule *Hevea brasiliensis*. Se determinó en la semilla decorticada su contenido de proteína, su composición de aminoácidos, así como la concentración de hierro, calcio, fósforo y cianuro (libre y enlazado). Luego se evaluaron los efectos del remojo, cocción, remojo-cocción y cocción-extracción de aceite de la semilla sobre el contenido de cianuro, así como la utilización proteínica *in vivo*. La calidad de la proteína fue evaluada biológicamente utilizando el índice de eficiencia proteínica (PER). El contenido de proteína de la semilla fue de 180/o en base seca, siendo el aminoácido más limitante la treonina con un punteo de 71.6, y el contenido de hierro, calcio y fósforo, de 6.2, 109 y 429 mg/100 g, respectivamente. Se determinó un contenido de aceite de 480/o, con un valor calórico total de 702 Kcal/100 g (2,948 Kj/100 g). El contenido de cianuro total en la semilla fresca fue de 130-230 mg/100 g, 60/o del cual se encontró en la forma libre, y 940/o en la forma ligada. El tratamiento más efectivo para reducir el contenido de cianuro fue el de 20 horas de remojo en agua, combinado con una hora de cocción. La semilla cruda acusó un valor nutritivo bajo y produjo pérdida de peso y muerte al administrarse como alimento a ratas. Por otra parte, el valor proteínico mejoró al procesar la semilla, alcanzando valores de PER cercanos a los encontrados en cereales de consumo tradicional como el maíz.

Se concluye que la semilla del árbol de hule *Hevea brasiliensis* es una buena fuente de energía, calcio, valina, isoleucina, fenilalanina y tirosina. En cambio, es una fuente pobre de treonina, leucina y lisina. Su contenido de cianuro es alto, pero cuando éste se elimina por tratamientos como remojo, cocción y extracción de su aceite, la utilización de la proteína puede mejorar.

INTRODUCCION

Uno de los cultivos importantes en Guatemala y en general en todas las regiones tropicales húmedas del mundo, es el de *Hevea brasiliensis*, árbol de la familia Euphorbiaceae, comúnmente conocido como hule o hule del Pará. Esta planta es cultivada para obtener, por incisiones en su corteza, el látex que es la materia prima para la producción de caucho o hule natural.

Hevea brasiliensis produce un fruto trilobado de cerca de 6 cm de diámetro, el cual contiene tres semillas de 2 ó 3 cm de longitud cada una. Esas semillas tienen una cáscara resistente color café manchado, y caen al suelo cuando el fruto madura y se abre. La almendra de estas semillas es blanda y de color blanco

crema. En ciertas regiones, principalmente de América del Sur y Asia, las personas que habitan en las plantaciones de *Hevea brasiliensis* aprovechan la almendra de la semilla de este árbol únicamente para propósitos de alimentación animal y en algunas ocasiones, humana. Esta semilla contiene además aceite de propiedades secantes, y la torta residual resultante de la extracción de aceite, también puede utilizarse como alimento (1-3).

En Guatemala, la semilla de *Hevea brasiliensis* es casi exclusivamente utilizada como medio de propagación de la planta, lo cual significa que de toda la semilla que se produce, sólo se aprovecha una pequeña fracción. Se ha estimado que la producción de almendra de semilla de hule fresca en Guatemala, en 1980, fue de cerca de 10,800 toneladas métricas. El dato anterior ha sido calculado en base a que en ese año había 2.7 millones de árboles en explotación de látex (4) que, se sabe, pueden producir alrededor de 2,000 semillas por año (5) y cuyas almendras respectivas pesan alrededor de 2 g. El cultivo de *Hevea brasiliensis* en Guatemala ha aumentado considerablemente con los años y se espera que ese incremento continúe.

Varios investigadores en diversas regiones del mundo se han interesado por estudiar las propiedades físicas, químicas y nutritivas de la almendra (3, 5, 6-12). Ha quedado establecido que el contenido de aceite en la almendra es relativamente alto y que, en efecto, posee propiedades secantes (10); la almendra contiene además un nivel adecuado de proteína y minerales para poderse utilizar como suplemento alimentario, aunque es deficiente en algunos aminoácidos (11). Se sabe también que es una buena fuente de energía y que contiene linamarina, compuesto que libera ácido cianhídrico, que es un factor tóxico (13). Aunque se han hecho algunas evaluaciones biológicas de la calidad alimenticia de la almendra de semilla de hule, no se ha determinado claramente cuál es su toxicidad, ni se han establecido métodos de preparación adecuados para su posible detoxificación y consumo.

El objetivo del presente estudio ha sido, pues, determinar la composición química y el valor nutricional de la semilla de hule (*Hevea brasiliensis*), así como evaluar química y biológicamente los factores tóxicos que contiene y los posibles métodos de detoxificación. Al realizar el estudio se ha tenido en mente el uso futuro de este producto vegetal en alimentación animal y, posiblemente, aun de los seres humanos.

MATERIAL Y METODOS

La semilla de hule (*Hevea brasiliensis*), utilizada en este estudio, se obtuvo de diversas fincas guatemaltecas localizadas en los departamentos de Retalhuleu, Suchitepéquez y Quezaltenango. Parte de la semilla (aproximadamente el 10^o/o) fue recolectada durante el período de agosto a septiembre de 1980, y previo a su uso, se almacenó a una temperatura de 6-12°C por el término de 10 meses. El resto se recolectó entre septiembre y noviembre de 1981, almacenándose entera a una temperatura de 6 a 12°C durante uno o dos meses.

Preparación de las Harinas

La semilla fue primero decorticada utilizando un molino de martillos, y se fraccionó para luego someterla a los siguientes tratamientos: a) cocción por 30 minutos, b) remojo por 20 horas seguido de cocción por 30 minutos, y c) cocción por 30 minutos seguidos de extracción continua con hexano. Luego se prepararon harinas de almendra tratada según los procesos anteriores. El remojo de la almendra fraccionada se hizo en agua, en recipientes destapados; la cocción se realizó en agua en ebullición en recipientes también destapados y la extracción de aceite, en un aparato Soxhlet.

En la preparación de las harinas de la almendra remojada y las harinas de la almendra cocida, la proporción de almendra a agua fue alrededor de 250 g por litro de agua. La extracción de aceite de la harina de almendra cocida se hizo reduciendo el contenido de extracto etéreo en la harina de 48^o/o, a cerca de 7^o/o. Al mismo tiempo, esta extracción del aceite permitió que el contenido de proteína cruda en la harina ascendiera de 18 a 33^o/o, y descendiera el contenido de cianuro enlazado, de 66 a 44 mg/100 g de harina seca. En los casos en que se consideró necesario secar la almendra o harina de ésta, se utilizó un horno con corriente de aire a una temperatura de 60 a 70°C.

Evaluación Química

La determinación de humedad y extracto etéreo en almendras y harinas de almendra se llevó a cabo según métodos oficiales de la AOAC (14), mientras que en la determinación de cenizas, proteína cruda y fibra cruda, se aplicaron los métodos de la AOCS

(15). El análisis de hierro y calcio se hizo por espectrofotometría de absorción atómica, también según el método establecido por la AOAC (14), y el análisis de fósforo total, por espectrofotometría visible del molibdovanadofosfato, de acuerdo al método de la AOAC (14).

La determinación del contenido de cianuro libre y cianuro total (enlazado y libre) se efectuó según Cooke (16). Este método, propuesto originalmente para el análisis de cianuro en yuca y derivados, fue adaptado para el presente estudio. Ello consistió en la extracción del cianuro libre y del cianuro enlazado, por homogenización del material en medio ácido, lográndose al mismo tiempo la desactivación de la glicosidasa endógena. La cuantificación del cianuro libre y del cianuro total se estableció por espectrofotometría visible de la reacción modificada con cloramina-T, piridina y pirazolona. Para la cuantificación del cianuro total fue necesario hidrolizar primero el cianuro enlazado o glicosídico. Para lograrlo se utilizó linamarasa purificada, extraída de cáscara de raíz de yuca, en la que previamente se determinó su actividad enzimática, empleando para el caso, linamarina grado analítico. La linamarina fue obtenida de la casa Calbiochem (California, EUA) y la cloramina-T y pirazolona (3 metil-1-fenil-5 pirazolona), de la casa Merck (Alemania). Las pruebas se realizaron con almendra de un mismo lote de semilla, utilizando cerca de 15 g de almendra recién decorticada, por prueba. La almendra se fraccionó aproximadamente en cuatro partes antes de las pruebas. En las pruebas en remojo, la proporción de almendra a agua fue de 15 g de almendra por 250 ml de agua, y en las de cocción, al inicio se utilizaron 15 g de almendra por 500 ml de agua.

El análisis de aminoácidos se llevó a cabo citándose al proceso cromatográfico-espectrofotométrico y usando para el caso el Technicon Sequential Multisample Amino Acid Analyzer.

El contenido calórico de las dietas se determinó utilizando el calorímetro de bomba.

Evaluación Biológica

La evaluación biológica de la calidad nutricional de las distintas harinas preparadas, se hizo utilizando la metodología del índice de eficiencia proteínica (PER). En el presente caso los valores de PER obtenidos reflejan, además de la calidad de la proteína, la toxicidad del material, por no haber sido eliminada totalmente esta otra variable. Dicha evaluación biológica se realizó utilizando

ratas Wistar, divididas en grupos de ocho animales cada uno.

Se prepararon dietas que contenían 100/o de proteína cruda, 40/o de mezcla de minerales Hegsted (17), 240/o de aceite de almendra de hule y/o algodón, 10/o de aceite de hígado de bacalao y 610/o de almidón de maíz, agregando por cada 100 g de dieta, 5 ml de una solución completa de vitaminas hidrosolubles (18). Las dietas así preparadas acusaron un valor calórico promedio de 506 Kcal/100 g (2,125 kg/100 g).

La cantidad de harina de almendra necesaria para la preparación de la dieta fue de 50 g/100 g de dieta en el caso de harinas sin desengrasar, y de 33.3 g/100 g de dieta cuando la harina fue previamente desengrasada.

Los animales recibieron alimentación *ad libitum*. Las determinaciones de PER se hicieron según Pellet y Young (19) a un nivel de 100/o de proteína, con la modificación de que algunas dietas contenían 240/o de aceite en vez del 100/o recomendado. La razón de utilizar dietas con un alto porcentaje de aceite fue que la almendra completa, o sea aquella a la que no se le había extraído el aceite, acusaba un alto contenido de extracto etéreo, y se quiso determinar la calidad alimenticia, tanto de harina de almendra completa, como de harina de almendra desengrasada. El estudio incluyó grupos control en dietas de caseína, y grupos control en dietas libres de proteína, con los porcentajes de contenido de aceite ya mencionados.

RESULTADOS Y DISCUSION

Composición Química de la Almendra y su Valor Calórico

En la Tabla 1 se presenta la composición química proximal, el contenido de fósforo, calcio y hierro, y el valor calórico de la almendra de semilla de hule. Para propósitos de comparación se exponen en la misma Tabla 1, datos de la literatura concernientes a otras almendras de oleaginosas. Los valores obtenidos para los diversos parámetros en el presente trabajo están comprendidos dentro de los intervalos informados por otros investigadores. Estos intervalos son en base seca (g/100 g) para extracto etéreo, entre 40.5 y 49.5; para proteína cruda, entre 16.2 y 27.0; para fibra cruda, entre 3.8 y 5.7, y para cenizas, entre 3.4 y 3.9 (3, 5, 8, 11). Los contenidos de fósforo, calcio y hierro encontrados en nuestra investigación son menores a los publicados por Fetuga *et al.*

TABLA 1

COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL, CONTENIDO DE MINERALES
Y VALOR CALORICO DE ALMENDRA DE HULE Y ALMENDRAS
DE OTRAS OLEAGINOSAS (VALORES EN BASE SECA)

		Hule ^a	Otros estudios		
			Maní ^b	Soya ^b	Algodón ^c
Extracto etéreo	g/100 g	48.0 ± 0.5	50.2	18.1	31.8
Proteína cruda	g/100 g	18.5 ± 1.0	28.3	36.8	32.5
Fibra cruda	g/100 g	5.4 ± 0.4	1.8	6.3	5.2
Cenizas	g/100 g	3.4 ± 0.1	2.9	6.1	7.4
Fósforo	mg/100 g	429 ± 23	494	795	811
Calcio	mg/100 g	109 ± 3	49	242	122
Hierro	mg/100 g	6.2 ± 0.1	3.4	12.5	23
Valor calórico	Kcal/100 g	702 ± 15	594	454	—
	Kj/100 g	2,948 ± 63	2,495	1,907	—

^a Valores determinados en el presente estudio. Incertidumbres estimadas por propagación de error.

^b Referencia 27.

^c Referencia 28.

(5) quienes señalan contenidos de 640, 480, y 9.3 mg por 100 g de material seco, respectivamente. La ingesta diaria de fósforo, calcio y hierro recomendada para humanos adultos es 800-1,200 mg, 800-1,200 mg, y 10-18 mg, respectivamente, y el requerimiento diario de energía, de 1,200-3,900 Kcal (5,040-16,380 Kj) (20). En base a lo expuesto, la almendra de semilla de hule podría ser una buena fuente de fósforo, calcio y energía. Su contenido de hierro también es considerable, aunque su disponibilidad biológica podría estar limitada por inhibidores de su absorción que se encuentran típicamente en productos vegetales. En cuanto a comparar los valores obtenidos en este trabajo, con los señalados para almendras de maní, soya y algodón, se observa que la almendra de semilla de hule presenta un alto contenido de extracto etéreo, un mayor valor calórico y un menor contenido de proteína cruda; además su contenido de fósforo, calcio y hierro es menor que el de la soya, y el de calcio, mayor que el del maní.

El contenido de aminoácidos esenciales en la proteína de almendra de semilla de hule cocida-extraída, se expone en la Tabla 2, según determinación hecha en este trabajo, a la vez que el puntaje respectivo de los aminoácidos presentados, calculado en base al Patrón Provisional FAO/OMS. Según lo anterior, la almendra de semilla de hule es una buena fuente de valina, isoleucina y aminoácidos aromáticos y una fuente pobre de treonina, leucina y lisina. Al comparar nuestros resultados con los informados en distintos estudios, encontramos marcadas diferencias, las que, en parte, pueden deberse a que se usaron métodos analíticos diversos y los materiales fueron preparados en distintas formas. La mayoría de los valores obtenidos en el presente trabajo quedan incluidos dentro de los intervalos determinados por otros investigadores. Estos intervalos también se presentan en la misma Tabla 2.

TABLA 2
CONTENIDO Y COMPUTO DE AMINOACIDOS ESENCIALES EN LA
PROTEINA DE LA ALMENDRA COCIDA – EXTRAIDA

Aminoácido	Almendra ^a mg/gN	Patrón FAO ^b mg/gN	Cómputo	Almendra ^c mg/gN (otros autores)
Isoleucina	271	250	108	159 – 238
Leucina	329	440	75	190 – 444
Lisina	260	340	77	209 – 338
Azufrados totales (Metionina + cistina)	—	220	—	119 – 269
Aromáticos totales (Fenilalanina + tirosina)	438	380	115	401 – 463
Treonina	179	250	72	151 – 238
Triptofano	—	60	—	41 – 86
Valina	356	310	115	246 – 500

^a Determinación hecha en el presente estudio.

^b Referencia 29.

^c Referencias 3, 5, 8, 11.

El contenido de cianuro de almendra fresca de semilla de distintos clones de hule, de distinta procedencia, se aprecia en la Tabla 3. Expresando los contenidos promedio en base húmeda, o sea tal y como se encuentran en la almendra fresca, el contenido de cianuro total es de 156 mg/100 g, del cual 9 mg, o sea el 6^o%, es de cianuro libre y, por diferencia, 147 mg, o sea 94^o%, son de cianuro enlazado. El valor de cianuro enlazado indicado, equivale a un contenido de linamarina de 1.4 g/100 g de material fresco. Es muy probable que las diferencias encontradas en los distintos clones analizados se deban en gran medida a diferencias en el grado de hidrólisis causadas por la linamarasa endógena y en el grado de eliminación del cianuro libre como ácido cianhídrico. Estos aspectos dependen del tiempo que la semilla lleve de haber caído del árbol, y de las condiciones de humedad y temperatura a las que ha estado sometida antes de su recolección y análisis, como en general se indica para materiales vegetales que contienen glicósidos cianogénéticos (21).

Otros autores informan un contenido de cianuro en la almendra fresca que oscila entre 9 y 220 mg/100 g (3, 6-8), sin especificar si se trata de cianuro total o sólo libre, o sólo enlazado. Si se compara el contenido de cianuro en la almendra de hule fresca, determinado en el trabajo tema de este artículo con la dosis letal media de cianuro (LD50) ingerido por vía oral —que es de 0.5 mg/kg de peso corporal (22)— se encuentra que el cianuro en la almendra fresca presenta un alto riesgo de toxicidad. Según lo determinado para el contenido de cianuro total, 16 mg de almendra fresca contendrían la dosis letal media para ratas de 50 g de peso corporal, y 19 g de almendra fresca, la dosis letal media para seres humanos con un peso corporal de 60 kg. Comparando el contenido de cianuro total en la almendra de hule fresca, determinado en este trabajo, con el indicado en la literatura para otros productos vegetales, se observa que sin duda alguna, el primero es alto. Por ejemplo, para frijol lima (*Phaseolus lunatus*) fresco, se informan contenidos de cianuro de 10 a 300 mg/100 g, y para raíz de yuca (*Manihot esculenta*), contenidos de cianuro de 7 a 110 mg/100 g (21, 23, 24).

Efecto de los Tratamientos de Remojo, Cocción, Remojo-Cocción y Cocción-Extracción de Aceite, en el Contenido de Cianuro de la Almendra

El efecto observado en el contenido de cianuro de la almendra

TABLA 3
 CONTENIDO DE CIANURO EN ALMENDRA FRESCA DE SEMILLA
 DE DISTINTOS CLONES
 (VALORES EN BASE SECA^a)

Clon/ procedencia ^c	Cianuro (CN ⁻) mg/100 g ^b			Humedad ori- ginal de la almendra g/100 g
	Total	Enlazado	Libre	
RRIM 513/L	212.2 ± 28.0 i, ii	200.5 ± 28.0	11.7 ± 1.0 i, ü	42.8 ± 0.2
RRIM 600/L	208.4 ± 30.3 i, ü	199.1 ± 30.3	9.3 ± 1.7 i	34.7 ± 0.1
RRIM 614/L	253.6 ± 34.3 i, ü	236.4 ± 34.3	17.2 ± 2.0 iv	33.8 ± 0.1
PB-86/L	187.8 ± 23.3 i	169.9 ± 23.5	17.9 ± 2.4 iv	33.5 ± 0.1
PB-86/ML	182.1 ± 17.9 i	167.5 ± 18.2	14.6 ± 2.8 ü, iii, iv	24.7 ± 0.1
TJR-1/L	353.5 ± 40.3 iii	336.9 ± 40.3	16.6 ± 1.9 iii, iv	35.7 ± 0.1
AV-308/L	299.2 ± 72.1 ü	288.3 ± 72.1	10.9 ± 0.8 i, ü	39.4 ± 0.1
AV-308/ML	199.4 ± 15.9 i	186.5 ± 16.1	12.9 ± 1.5 i, ü, iii	27.8 ± 0.1
GX-26/ML	239.0 ± 18.8 i, ü	227.7 ± 18.9	11.3 ± 1.3 i, ü	32.8 ± 0.1
Promedio (Desviación estándar)	237.2 (57.0)	223.6 (56.7)	13.6 (3.1)	33.9 (5.4)

^a Almendra de semilla, recolectada un mes antes de la determinación, guardada en refrigeración.

^b Incertidumbres estimadas por propagación de error.

^c La Finca Luisiana, Patulul, Suchitepéquez, Guatemala. ML = Finca María de Lourdes, Génova, Quezaltenango, Guatemala.

i, ü... Diferencia no significativa ($P > 0.05$) entre los valores con el mismo subíndice.

de hule, después de sometida a diferentes tratamientos, se indica en las Figuras 1 y 2.

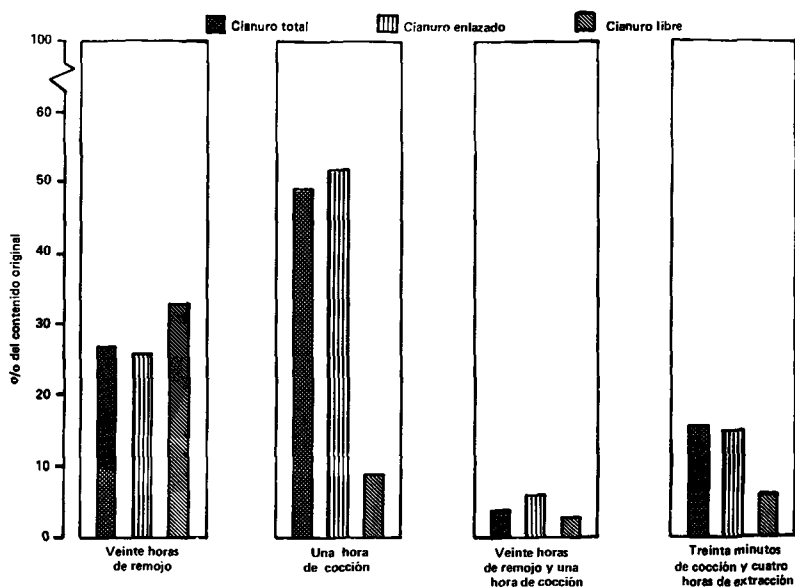


FIGURA 1

Contenido de cianuro total, enlazado y libre en la almendra de semilla de hule después de someterla a distintos tratamientos (Expresado como porcentaje del contenido original correspondiente)

Entre los tratamientos experimentados, el tratamiento combinado de 20 horas de remojo y una hora de cocción, fue el más efectivo para eliminar cianuro, tanto enlazado como libre. Se observa que todos los tratamientos que incluyen cocción son muy efectivos para reducir el contenido de cianuro libre. Es importante señalar aquí que estos tratamientos también son ventajosos por el hecho de que, teóricamente, desactivan la linamarasa endógena, con lo cual no se produce más cianuro libre a partir de cianuro enlazado, por acción endógena.

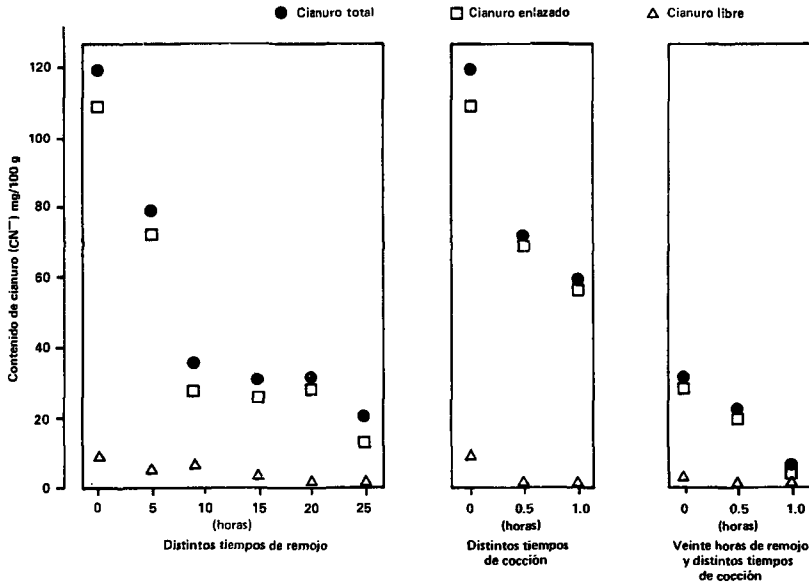


FIGURA 2

Contenido de cianuro total, enlazado y libre en almendra de semilla de hule después de someterla a distintos tratamientos de remojo, cocción y remojo-cocción

Al comparar el valor de la dosis letal media de cianuro ingerido por vía oral, con el contenido de cianuro total remanente en la almendra tratada por 20 horas de remojo y una hora de cocción, se aprecia que en 0.5 g de almendra tratada estaría contenida la dosis letal media para ratas de 50 g de peso corporal, y en 566 g de almendra, la dosis letal media para seres humanos con 60 kg de peso corporal.

No se encontró información alguna en la literatura acerca del efecto de los tratamientos de remojo, cocción, remojo-cocción y cocción-extracción de aceite con hexano, en el contenido de cianuro libre y enlazado de la almendra de hule. En cuanto al efecto de los tratamientos de remojo y cocción en el contenido de

cianuro libre y enlazado en raíz de yuca, sí se informan tendencias a una disminución, en general semejantes a las observadas en el presente estudio con el tratamiento de remojo y cocción por pocas horas. En el caso de remojo por 18 horas, los mismos investigadores señalan una reducción insignificante del contenido de cianuro libre, y una disminución de 50% en el contenido de cianuro enlazado. Este hecho lo explican como resultado del inicio del proceso de fermentación del material tratado, lo cual contribuye a la hidrólisis de cianuro enlazado (23). En nuestro estudio con almendra de hule no se observó desarrollo de fermentación en el material sujeto a remojo. Es importante señalar que para lograr la máxima efectividad, es esencial fraccionar la almendra de hule antes de someterla a cualquier tratamiento con el que se pretenda disminuir su contenido de cianuro enlazado y libre.

Evaluación Biológica de la Calidad Alimenticia de la Almendra

Los resultados que figuran en la Tabla 4 indican que la almendra de hule cruda es de mala calidad nutricional, causa deterioro, y muerte de ratas alimentadas con dietas que la contienen como fuente única de proteína y aceite. Sin embargo, según se observa, la calidad alimenticia de la almendra mejora al someterla a tratamientos de 30 min de cocción, 20 horas de remojo o a combinación de 30 min de cocción, y extracción de aceite con hexano por 10 horas. La almendra sometida a alguno de estos tratamientos no causa muerte y sí permite cierto grado de crecimiento en ratas alimentadas con dietas que la contienen como fuente total de proteína y fuente total o parcial de aceite. Por otro lado, como los datos lo revelan, la calidad alimenticia de la almendra no mejora al someterla al tratamiento combinado de 20 horas de remojo y 30 min de cocción, a pesar de que este tratamiento es efectivo en lo que a reducir el contenido de cianuro total y libre de la almendra se refiere. Es importante hacer notar, sin embargo, que durante la preparación de esta muestra la almendra no fue adecuadamente fraccionada, lo que pone de manifiesto la falta de acción de la linamarasa endógena (25). Además, no puede descartarse la presencia de otros factores tóxicos en la almendra.

En los tejidos vegetales en que hay glicósidos cianogenéticos, normalmente también hay una glicosidasa correspondiente y es por ello que estos tejidos además de contener cianuro glicosídico o enlazado, contienen cianuro libre resultante de la mencionada hidrólisis. Esta última es favorecida por procesos que contribuyen a

TABLA 4

EVALUACION BIOLOGICA DE LA CALIDAD ALIMENTICIA DE LA ALMENDRA DE *Hevea brasiliensis*, CRUDA Y TRATADA EN RELACION AL CONTENIDO DE CIANURO EN LAS DIETAS^a

Fuente de proteína en la dieta	Dieta ingerida g	Cambio de peso g	PER	Cianuro (CN-1) mg/100 g de dieta		Mortalidad y No. de ratas de un grupo de ocho
				Total	Libre	
Caseína	291 (38) ^b	83 (17)	2.87 (0.39) ⁱⁱⁱ	0	0	0
Almendra cruda	100 (11) ^{ic}	-6 (5) ⁱ	d	33.3	2.5	2
Almendra remojada por 20 horas	153 (22) ^{ii, iii}	13 (6) ^{iii, iv}	0.96 (0.34) ⁱⁱ	23.4	4.7	0
Almendra cocida por 30 min	145 (17) ^{ii, iii}	12 (6) ^{iii, iv}	0.99 (0.32) ⁱⁱ	33.5	0.6	0
Almendra remojada ^e por 20 horas y cocida por 30 min	122 (11) ^{i, ü}	4 (7) ^ü	0.33 (0.56) ⁱ	26.4	0.6	5
Almendra cocida por 30 min y extraída con hexano por 10 horas	157 (32) ⁱⁱⁱ	13 (5) ^{ii, iv}	0.73 (0.18) ^{i, ü}	13.3	0.5	0

^a Dieta ingerida, cambio de peso y PER determinados a las cuatro semanas de experimentación con datos de ocho ratas, excepto en el caso de la almendra remojada-cocida cuando se determinaron sólo con siete ratas, por haber muerto la 8a. durante la 4a. semana. Mortalidad observada al cabo de ocho semanas de experimentación.

^b () Desviaciones estándar correspondientes.

^c i, ü.. Los valores con el mismo subíndice no presentan diferencias significativas ($P > 0.05$).

^d Debido a la pérdida de peso de los animales, el valor de PER no pudo ser determinado.

aumentar el contacto glicósido cianogénico-glicosidasa; tales procesos son, por ejemplo, molienda o simple fraccionamiento y remojo o mayor humedad (13). Los glicósidos cianogénicos son termoestables, pero las glicosidasas son termolábiles (24); la linamarasa se desactiva a temperaturas mayores de 72°C (26).

Ajeno a las evaluaciones señaladas en la Tabla 4, se evaluó la almendra cocida-extraída como fuente total de proteína en una dieta que contenía 100/o de proteína cruda, y sólo 100/o de aceite. Esta dieta acusó un valor calórico de 406 Kcal/100 g (1,705 Kj/100 g), y aunque en su caso el alimento ingerido por los animales fue mayor que en el de la dieta preparada con la misma harina pero con 240/o de aceite, los valores respectivos de PER no difirieron significativamente.

Después de siete semanas de experimentación con ratas que consumieron las dietas de distintas harinas de almendra de hule, las que contenían 240/o de aceite y que aparecen en la Tabla 4, se observó que los animales sobrevivientes aumentaron el 140/o de peso del incremento que presentaron los animales alimentados con la dieta control de caseína, y que consumieron 450/o del alimento ingerido por los animales en la dieta control. Ello puede ser la respuesta de los animales a la calidad relativamente baja de la proteína de las harinas de almendra evaluadas, además de su toxicidad. Las muertes registradas ocurrieron de la cuarta semana de experimentación en adelante.

Los resultados del presente estudio indican, pues, que debido a su alto contenido de grasa, la semilla de *Hevea brasiliensis* es una buena fuente energética. Posee además cantidades importantes de calcio, hierro y fósforo, pero su calidad proteínica es pobre, siendo —de los aminoácidos analizados— la treonina el aminoácido más limitante. La calidad proteínica es también afectada por su alto contenido de sustancias cianogénicas. Si la cantidad de estas sustancias se reduce por tratamientos de remojo, cocción y extracción del aceite, la utilización proteínica mejora alcanzando niveles cercanos a la calidad proteínica de cereales de consumo tradicional, por ejemplo el maíz. Se requiere la realización de estudios adicionales para lograr el mejor aprovechamiento del potencial nutricional de este recurso vegetal. Por ejemplo, evaluando el efecto de la eliminación total de las sustancias tóxicas y suplementándola con los aminoácidos limitantes, o bien complementándola con otras fuentes proteínicas. Una vez los factores tóxicos existentes en la semilla sean claramente identificados y eliminados, su uso podría ser destinado como un suplemento dietario de energía, nitrógeno, algunos aminoácidos esenciales y minerales.

SUMMARY

EVALUATION OF SOME CHEMICAL AND NUTRITIONAL CHARACTERISTICS OF THE RUBBER SEED *Hevea brasiliensis*

Some chemical and nutritional characteristics of the rubber seed *Hevea brasiliensis* were studied. The protein content, its amino acid composition as well as the iron, calcium, phosphorus and cyanide (free and bound) concentrations, were determined in the dehulled seed. The effect of soaking, cooking, soaking-cooking and cooking-fat extraction procedure of the seed on the cyanide content and its *in vivo* protein utilization, was also evaluated. The protein quality was biologically assessed using the protein efficiency ratio (PER). The protein content of the seed was 18%, and the most limiting amino acid was threonine, with a chemical score of 71.6. The iron, calcium and phosphorus contents were 6.2, 109 and 429 mg/100 g, respectively.

Its fat content was 48% with a total energy value of 702 kcal/100 g (2,948 Kj/100 g). The total cyanide content in the fresh seed was 130-230 mg/100 g; 6% was in the free form and 94% as bound cyanide. The most effective treatment for reducing the cyanide content was found to be 20 hours of soaking in water, combined with one hour of cooking.

The raw seed had a low nutritive value and produced weight loss and death when fed to rats. The protein value, however, improved upon the seed treatment, reaching PER values close to those found in traditional cereals such as corn. It is therefore concluded that the seed of *Hevea brasiliensis* is a good source of energy, calcium, valine, isoleucine, phenylalanine and tyrosine. In contrast, it is a poor source of threonine, leucine and lysine. Its cyanide content is high, but when removed by treatment, such as soaking in water, cooking or fat extraction, the protein utilization can be improved.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. Roberto Gómez Brenes su valiosa colaboración, ya que se encargó del análisis de aminoácidos.

BIBLIOGRAFIA

1. Hill, A. F. *Economic Botany*. 1st. ed. (Chapter VI). New York, McGraw-Hill Book Co. Inc., 1937, p. 143-157.
2. Polhamus, Loren G. *Rubber: Botany, Production, Utilization*. N. Polunin (Ed.). Great Britain, Leonard Hill-Interscience, 1962, 449 p. (World Crop Series).

3. Lauw Tjin Giok, Samsudin, Husaini & Ignatius Tarworjo. Nutritional value of rubber seed protein. *Am. J. Clin. Nutr.*, 20: 1300-1303, 1967.
4. Bourdet, A. E. **Memoria de Labores de la Gremial de Huleros de Guatemala, correspondiente al año 1980.** Guatemala, La Gremial, 1981.
5. Fetuga, B. L., T. C. Ayeni, A. Olaniyan, M. A. Balogun, G. M. Babatunde & V. A. Oyenuga. Biological evaluation of Para rubber seeds (*Hevea brasiliensis*). *Nutr. Repts. Internat.*, 15: 497-510, 1977.
6. Auld, S. J. M. Digestibility experiments with sheep. Para rubber seed cake. *J. Agr. Sci.*, 5: 429-433, 1912 - 3.
7. Butler, G. W. The distribution of the cyanoglucosides linamarin and lotaustralin in higher plants. *Phytochemistry*, 4: 127-131, 1965.
8. Rosal, O. R. **Determinación del Valor Nutritivo de la Torta de Semilla de Hule.** Tesis de Graduación. Guatemala, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1970, 31 p.
9. Elías, L. Evaluación nutricional de la torta y del aceite de la semilla de hule. En: **Segunda Reunión Centroamericana en Tecnología de Aceites, Grasas y Proteínas.** Guatemala, Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial, 1971, p. 34-42 (Presentación IV-1).
10. Lottman, J. G. **Extracción y Caracterización del Aceite de la Semilla de Hule *Hevea brasiliensis*.** Tesis de Graduación. Guatemala. Departamento de Química, Facultad de Ciencias y Humanidades, Universidad del Valle de Guatemala, 1981, 124 p.
11. Orok, E. J. & J. P. Bowland. Nigerian Para rubber seed meal as an energy and protein source for rats fed soybean meal- or peanut meal-supplemented diets. *Can. J. Animal Sci.*, 54: 239-246, 1974.
12. Viswanathan, T. V., G. R. Ananthasubramanian & Maggie Manachery. Evaluation of rubber (*Hevea brasiliensis*) seed cake for promoting growth in calves. *Indian J. Nutr. Dietet.*, 16: 383-389, 1979.
13. Bourdoux, P., M. Mafuta, A. Hanson & A. M. Ermans. Cassava toxicity: the role of linamarin. (Chapter 1). En: **Role of Cassava in the Aetiology of Endemic Goitre and Cretinism.** A. M. Ermans, N. M. Mbulamoko, F. Delange and R. Ahluwalia (Eds.). Canada, Canada, International Development Research Centre, 1980, p. 15-27.
14. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of the AOAC.** 13th ed. Washington, D. C., The Association, 1980.
15. American Oil Chemists Society. **Official and Tentative Methods of the AOCS.** 3rd. ed. Illinois, The Society, 1973.
16. Cooke, R. D. An enzymatic assay for the total cyanide content of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *J. Sci. Food Agr.*, 29: 345-352, 1978.

17. Hegsted, D. M., R. C. Mills, C. A. Elvehjem & E. B. Hart. Choline in the nutrition of chicks. *J. Biol. Chem.*, **138**: 459-466, 1941.
18. Manna, L. & S. M. Hauge. A possible relationship of vitamin B₁₃ to orotic acid. *J. Biol. Chem.*, **202**: 91-96, 1953.
19. Pellet, P. L. & V. R. Young (Eds.). **Nutritional Evaluation of Protein Foods**. The United Nations University World Hunger Programme, Food and Nutrition Bulletin Supplement 4. Tokyo, Japan, UNU, 1980, p. 104-105.
20. National Academy of Sciences. **Recommended Dietary Allowances**. Washington, D. C., Food and Nutrition Board, National Research Council, National Academy of Sciences, 1980, 128 p.
21. Montgomery, R. D. The medical significance of cyanogen in plant foodstuffs. Perspectives in nutrition. *Am. J. Clin. Nutr.*, **17**: 103-113, 1965.
22. Dreisbach, R. H. **Handbook of Poisoning: Prevention, Diagnosis and Treatment**. 10th. ed. Lange Medical Publications, 1980, p. 246-248.
23. Cooke, R. D. & E. N. Maduagwu. The effects of simple processing on the cyanide content of cassava chips. *J. Food Technol.*, **13**: 299-306, 1978.
24. Ammerman, G. R. (Ed.). **Food Safety**. US IFT Short Course Committee, 1975, p. 25.
25. Conn, E. E. & G. M. Butler. The biosynthesis of cyanogenic glycosides and other simple nitrogen compounds. En: **Perspectives in Phytochemistry**. (Chapter 2). J. B. Harborne and T. Swain (Eds.). London, Great Britain, Academic Press, 1969, p. 47-74.
26. Joachim, A. W. R. & D. G. Pandittsekere. *Trop. Agriculturist*, **100**: 150, 1944. (Original no consultado: referencia en Cooke, R. D. & E. N. Maduagwu. The effects of simple processing on the cyanide content of cassava chips. *J. Food Technol.*, **13**: 299-306, 1978).
27. Wu Leung, Woot-Tsuen, con la colaboración de Marina Flores. **Tabla de Composición de Alimentos para Uso en América Latina**. Preparada bajo los auspicios del Comité Interdepartamental de Nutrición para la Defensa Nacional, Instituto Nacional para Artritis y Enfermedades Metabólicas, Institutos Nacionales de la Salud, Bethesda, Maryland, EE. UU., y del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, ciudad de Guatemala, C. A. Washington, D. C., U. S. Government Printing Office, junio, 1961, p. 60-61.
28. Bailey, A. E. (Ed.). **Cottonseed and Cottonseed Products**. New York, N. Y. Interscience Publishers, Inc., 1948, p. 128. (Fats and Oils Series).
29. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. **Necesidades de Energía y de Proteínas**. Informe de un Comité Especial Mixto FAO/OMS de Expertos. Roma, FAO, 1973, p. 70.