

Capacidad de protección del mucílago de la semilla de Linaza en contra de la toxicidad del selenio

JOSE FÉLIX CHÁVEZ
Instituto Nacional de Nutrición
Caracas - Venezuela

RESUMEN

Se estudió en ratas la capacidad de protección de la harina de linaza en contra de la toxicidad del selenio orgánico presente en la torta de ajonjolí. Se utilizaron 2 tipos de harina, una preparada con semillas tratadas con agua para eliminar el mucílago y otra obtenida con semillas sin tratar. Las ratas alimentadas con la dieta selenífera que contenía la harina de linaza sin mucílago mostraron un aumento de peso menor y un marcado descenso en la hemoglobina y el hematocrito. La concentración de selenio en el hígado de estos animales era mayor que en los que consumían la dieta con la harina de linaza completa.

INTRODUCCION

Durante el curso de experiencias realizadas anteriormente, destinadas a comprobar la hipótesis sobre la presencia de selenio en un lote de harina de nuez de Brasil (1), se utilizó en una de las dietas experimentales la harina de semillas de linaza preparada en el laboratorio, en virtud del conocido efecto protector conferido por este material en contra de la toxicidad del selenio (2).

Los resultados de los ensayos biológicos en los cuales se incluyó la harina de semillas de linaza en la composición de las dietas revelaron cierta inconsistencia en su capacidad de

protección, lo cual se trató de explicar sobre la base de las manipulaciones efectuadas en la obtención de la harina, las cuales incluían un paso no contemplado en el proceso industrial (3).

En virtud, pues, de que el procedimiento seguido en la preparación de la harina aparentemente había modificado su capacidad de protección y como quiera que no existe una clara explicación sobre la manera de cómo la harina de linaza impide la intoxicación con selenio orgánico e inorgánico, hemos considerado de interés estudiar bajo condiciones controladas las manipulaciones seguidas en la preparación de la harina de semillas de linaza y sus efectos sobre la capacidad de protección en ratas en crecimiento, alimentadas con torta de ajonjolí selenífero.

MATERIALES Y METODOS

Las semillas de linaza (*Linum usitatissimum*) eran importadas de Holanda y fueron adquiridas en el comercio. Previa limpieza del material para eliminar partículas extrañas, las semillas se distribuyeron en 2 lotes, a partir de los cuales se prepararon 2 diferentes tipos de harina.

Tipo I.—Las semillas fueron trituradas en un molino de mano, sometiendo luego la masa pastosa resultante a extracción con hexano durante 12 horas en un extractor de Soxhlet. Al cabo de este tiempo se eliminó el solvente por exposición al sol y después por calentamiento en estufa a 75°C durante 2 horas. El polvo grueso obtenido, seco y de color claro, se trituró hasta textura fina (malla 90), utilizando un molino de trituración con tamiz "00"¹. Su contenido de proteínas era de 33,2% (N×6.25).

Tipo II.—Este lote fue utilizado con el fin de preparar una harina desprovista del mucílago. Con este fin, las semillas se dejaron durante 24 horas en remojo, empleando por cada kilogramo de semillas 4 litros de agua destilada. Al cabo de este tiempo y mediante una malla metálica suficientemente grande, pero que no permitía el paso de las semillas, se separaron

¹ Model D, Communiting Machine. The Fitzpatrick Company, Chicago, U.S.A. Se agradece al Depto. de Tecnología de Alimentos de la Facultad de Ciencias de la U.C.V. la colaboración prestada.

éstas del líquido viscoso formado, el cual fue recogido y guardado. Esta manipulación se efectuó por 4 veces consecutivas, pudiéndose comprobar mediante el tacto, al final del último lavado, completa ausencia de viscosidad entre las semillas. Este material se secó en la estufa utilizando bandejas de gran superficie, a una temperatura no mayor de 75°C, sometiéndose luego al mismo tratamiento ya descrito anteriormente, a partir de la trituración de las semillas. El contenido de proteínas era de 32.0% (N×6.25). La pérdida de peso experimentada por las semillas, motivada a la extracción del mucílago, fue de 11%.

Las aguas provenientes del lavado de las semillas y de consistencia viscosa se trataron con alcohol etílico comercial con objeto de precipitar el mucílago en la forma ya descrita por otros autores (4). La masa fibrosa, de color blanco grisáceo, se secó primero al aire y luego en estufa, obteniéndose finalmente pequeños trocitos de un material duro, el cual fue triturado y guardado para ser utilizado en las dietas experimentales.

Debe tenerse especialmente en cuenta que en la elaboración industrial de la harina de linaza, tanto de la obtenida por presión como por extracción con solvente, la semilla no se somete a lavado previo con objeto de eliminar el mucílago, ya que es éste, precisamente, el que se considera como responsable por el valor de la harina de linaza en la alimentación del ganado vacuno y lanar (3). Por consiguiente, independientemente de los detalles de procesamiento relativos a la tecnología de la harina de linaza extraída por solvente, el material final obtenido por nosotros mediante los pasos señalados para el tipo I puede compararse con el producto industrial. No es éste el caso, en cambio, con la harina que responde a la preparación según el tipo II, ya que las semillas habían sido inicialmente lavadas como se indicó.

Como fuente de selenio se recurrió a una torta de ajonjolí extraída por solvente, de procedencia nacional, y que ya había sido empleada en trabajos anteriores (5, 6)¹. La torta de ajonjolí de bajo contenido de selenio era importada de Nigeria¹, ya que nos fue prácticamente imposible obtener una

¹ Se agradece a Grasas de Valencia, C. A., y a C. A. Productora de Grasas el suministro de las tortas de ajonjolí.

torta de ajonjolí nacional con un tenor de selenio menor de 1 ppm (7).

A partir de estos materiales se prepararon dietas con un nivel proteico entre 15 - 16% ($N \times 5.30$), suplementadas con 0.4% de L-lisina. Todas las dietas seleníferas tenían 8 ppm de selenio orgánico aportado por la torta de ajonjolí. En aquellas en las cuales se incluyó la harina de linaza se empleó este material a un nivel de 10%. El resto de la composición de las dietas era como sigue: mezcla de sales minerales USP XIV, 4%; aceite de maíz comestible, 5%; aceite de hígado de bacalao, 1%; solución de vitaminas, 1% (8), y almidón de yuca en cantidad suficiente para hacer 100 gramos.

Los ensayos biológicos se realizaron con ratas machos y hembras de 3 - 4 semanas de edad y entre 45 - 59 gr de peso, descendientes de la cepa "Sprague Dawley" de la colonia animal de este Instituto. Los animales se mantuvieron en jaulas galvanizadas individuales, recibiendo agua y dieta *ad libitum* y fueron pesados 2 veces por semana, tomándose nota del alimento ingerido. Los ensayos se prolongaron durante 42 días, a excepción de aquellos cuyos resultados se exponen en las Tablas 7 y 8, los cuales tuvieron una duración de 21 y 30 días, respectivamente. El número de ratas por grupo se indica en la columna de Sobrevivencia de las Tablas 2, 4, 6 y 7 y en la Tabla 8.

La sangre requerida para los análisis de hemoglobina y de hematocrito se obtuvo por corte del extremo de la cola de la rata, dejando que fluyera libremente y descartando las primeras gotas. Estas determinaciones se efectuaron, la primera, como ciano-hemoglobina, según el método de Hainline (9), y el hematocrito de acuerdo a la técnica ya descrita en publicaciones anteriores (10).

Al finalizar el período del experimento o luego del fallecimiento de uno de los animales, se procedió siempre a un examen macroscópico de los órganos. El bazo y el hígado se extrajeron en todos los casos, tomándose nota del peso del primero con objeto de hallar la relación entre el peso de bazo fresco $\times 100$ sobre el peso total del animal, ya descrita por otros autores (11). Los hígados se secaron en la estufa a 75-80°C y se pulverizaron en un molino pequeño de martillos, guardándose para el análisis de selenio. Esta determinación se efectuó utilizando el método de Dye y colaboradores (12),

modificado por nosotros (7). A todos los animales, luego de su fallecimiento o al cabo del tiempo del ensayo, se les determinó el contenido de agua en el carcas por calentamiento de los cuerpos abiertos e intactos en la estufa a 90°C por 48 horas.

RESULTADOS

En las Tablas 1 y 2 puede apreciarse el comportamiento general de las ratas alimentadas con las dietas controles preparadas con las tortas de ajonjolí. Se observa en el Control I un aumento progresivo de peso muy superior al anotado para el Control II. Los valores de hemoglobina y de hematocrito difieren también marcadamente entre ambos controles, pudiéndose observar con claridad el efecto que tiene sobre estos parámetros el selenio orgánico presente en la torta de ajonjolí, ya reportado por nosotros (6, 10).

Es de subrayar igualmente el contraste que se aprecia en la información presentada en la Tabla 2, correspondiente a

TABLA 1

AUMENTO DE PESO, HEMOGLOBINA Y HEMATOCRITO DE RATAS ALIMENTADAS CON DIETAS CONTROLES DE TORTA DE AJONJOLI

CONTROL I: Torta de ajonjolí de bajo contenido de selenio			
Días	Aumento de peso Gr	Hemoglobina Gr %	Hematocrito %
21	116.3 ± 11.5 ¹	12.7 ± 0.5	43.9 ± 2.5
28	157.7 ± 12.5	13.5 ± 0.2	46.8 ± 1.2
35	189.3 ± 16.8	14.0 ± 0.4	45.5 ± 1.1
42	214.5 ± 19.6	16.7 ± 0.7	46.7 ± 1.8
CONTROL II: Torta de ajonjolí selenífero (8 ppm Se en dieta)			
21	63.2 ± 8.2	11.2 ± 0.8	36.3 ± 2.4
28	84.6 ± 7.3	10.7 ± 1.5	37.4 ± 4.0
35	108.4 ± 5.7	11.3 ± 1.1	38.9 ± 3.0
42	144.6 ± 5.7	10.7 ± 3.3	37.5 ± 9.5

¹ Desviación standard

Ver número de animales por grupo en Tabla 2.

TABLA 2

**DATOS VARIOS DE RATAS ALIMENTADAS CON DIETAS
CONTROLES DE TORTA DE AJONJOLI**

(Información complementaria de la Tabla 1)

	Agua en carcas %	Selenio en hígado ppm ¹	Bazo x 100 ----- Peso rata	Alimento consumido rata/día Gr	Sobrevi- vencia
Control I Torta de ajonjolí de bajo conte- nido de selenio.	65.2±0.8 ²	< 1	0.22±0.01	17.3±1.8	6/6
Control II Torta de ajonjolí selenífero (8 ppm Se en dieta).	72.6±3.5	6.7±1.4	0.83±0.3	9.1±2.6	7/12

¹ Base húmeda. Humedad promedio en hígado: 73.8%.

² Desviación standard.

los Controles I y II. Se observa que en las ratas alimentadas con la dieta que contenía ajonjolí de bajo contenido de selenio (Control I) se encontraron valores normales de agua en el carcas y cantidades mínimas de selenio en el hígado. Asimismo, la relación entre el peso del bazo sobre el peso corporal del animal indica una diferencia significativa comparada con la anotada para el Control II.

Con objeto de descartar la acción de posibles efectos indeseables en las harinas de linaza utilizadas (tipos I y II), se efectuaron ensayos biológicos empleando ratas machos alimentadas con dietas preparadas con estas harinas y con la torta de ajonjolí de bajo contenido de selenio. Los resultados de estos experimentos se exponen en las Tablas 3 y 4. Los valores hematológicos presentados en la Tabla 3 correspondientes a los 2 ensayos son prácticamente iguales. Se observa, en cambio, que el aumento promedio de peso es mejor en las ratas que consumían la dieta que contenía la harina de linaza del tipo II. Los datos presentados en la Tabla 4 no difieren

TABLA 3

AUMENTO DE PESO, HEMOGLOBINA Y HEMATOCRITO DE RATAS ALIMENTADAS CON TORTA DE AJONJOLI DE BAJO CONTENIDO DE SELENIO CON EL AGREGADO DE 10% DE HARINA DE LINAZA DE LOS TIPOS I y II

HARINA DE LINAZA DEL TIPO I ¹			
Días	Aumento de peso Gr	Hemoglobina Gr %	Hematocrito %
21	96.1 ± 9.3 ²	12.9 ± 0.7	42.0 ± 2.1
28	121.6 ± 17.6	13.6 ± 0.5	43.1 ± 1.2
35	153.6 ± 22.2	14.5 ± 1.1	46.9 ± 2.9
42	187.1 ± 17.0	15.5 ± 0.5	46.8 ± 2.3
HARINA DE LINAZA DEL TIPO II ³			
21	104.2 ± 20.6	12.7 ± 0.3	43.3 ± 0.9
28	149.0 ± 14.1	13.3 ± 0.8	43.4 ± 1.8
35	179.2 ± 23.9	15.1 ± 0.7	47.2 ± 2.3
42	218.5 ± 23.2	14.8 ± 0.6	48.1 ± 1.7

¹ Índice de utilización del alimento: 0.079

² Desviación standard.

³ Índice de utilización del alimento: 0.063

TABLA 4

DATOS VARIOS DE RATAS ALIMENTADAS CON DIETAS DE TORTA DE AJONJOLI DE BAJO CONTENIDO DE SELENIO CON EL AGREGADO DE 10% DE HARINA DE LINAZA DE LOS TIPOS I y II

(Información complementaria de la Tabla 3)

	Agua en carcas %	Selenio en hígado ppm ¹	Bazo x 100 Peso rata	Alimento consumido rata/día Gr	Sobrevi- vencia
Harina de linaza del tipo I	64.8 ± 2.1 ²	< 1	0.29 ± 0.04	14.9 ± 0.5	6/6
Harina de linaza del tipo II	63.2 ± 4.5	< 1	0.20 ± 0.01	13.9 ± 1.5	6/6

¹ Base húmeda. Humedad promedio en hígado: 72.8%.

² Desviación standard.

entre sí. Ninguno de los animales falleció durante el curso del ensayo.

En las Tablas 5 y 6 se ofrece la información relativa a las ratas alimentadas con la torta de ajonjolí selenífero, pero con el agregado de las diferentes harinas de linaza. Es de destacar que la eliminación del mucílago de las semillas de linaza (ver Materiales y Métodos) es responsable por los resultados indicados, ya que la única diferencia entre ambas dietas es precisamente el tipo de harina de linaza empleada en su elaboración. Entre los resultados de los animales alimentados con la dieta que contenía la harina de linaza del tipo II (Tabla 5), pudimos encontrar valores de hemoglobina y de hematocrito por debajo de 10 y de 20%, respectivamente, al lado de otros que todavía podían considerarse como normales. Ello confirma que la disminución de estos valores, experimentada por ratas que consumían dietas preparadas con torta de ajonjolí selenífero, no se manifiesta con igual intensidad al mismo tiempo en todos los animales (6).

TABLA 5

AUMENTO DE PESO, HEMOGLOBINA Y HEMATOCRITO DE RATAS ALIMENTADAS CON TORTA DE AJONJOLI SELENIFERO (8 ppm Se en dietas), CON EL AGREGADO DE 10% DE HARINA DE LINAZA DE LOS TIPOS I y II

HARINA DE LINAZA DEL TIPO I			
Días	Aumento de peso Gr	Hemoglobina Gr %	Hematocrito %
21	94.5 ± 18.9 ¹	12.4 ± 1.1	41.6 ± 4.1
28	114.4 ± 25.5	12.9 ± 1.0	42.1 ± 4.3
35	146.9 ± 23.2	13.0 ± 1.0	43.7 ± 1.4
42	187.2 ± 25.3	13.0 ± 0.7	44.4 ± 2.1
HARINA DE LINAZA DEL TIPO II			
21	75.5 ± 23.9	10.4 ± 2.5	36.5 ± 7.5
28	103.1 ± 29.0	11.0 ± 2.2	37.7 ± 7.1
35	130.7 ± 30.2	10.8 ± 3.0	36.8 ± 9.1
42	142.7 ± 41.3	9.5 ± 4.0	34.3 ± 12.4

¹ Desviación standard

Ver número de animales por grupo en Tabla 6.

Debe destacarse que en casi todas las ratas que se alimentaban con la dieta que contenía harina de linaza del tipo II (Tabla 5), se observó un prolongado tiempo de sangría a partir de la toma correspondiente a 28 días. De este hecho no se tomó nota cuantitativa, limitándonos a comprobar que aun horas después era posible obtener sangre por una leve presión de la cola. En cambio, no se pudo registrar nada parecido en los animales bajo la dieta con harina de linaza del tipo I (Tabla 5).

La información que se ofrece en la Tabla 6 respalda los hallazgos anteriores. El contenido promedio de agua en el carcas y de selenio en el hígado es mayor en los animales del grupo alimentado con la dieta que contenía la harina de linaza del tipo II. Debe tenerse en cuenta que, de acuerdo con Heinrich y Kelsey (13), puede haber pérdida de compuestos volátiles de selenio en el órgano fresco durante el proceso de desecación en la estufa. Por lo tanto, los valores de selenio en hígado aquí reportados se refieren a sus compuestos no volátiles. La diferencia entre la razón peso del bazo sobre peso corporal de la rata es significativa; a este respecto merece destacarse que el valor promedio de 0.93 (Tabla 6) es muy superior al reportado por Ganther y Baumann (11) en animales intoxicados con selenio inorgánico.

TABLA 6

DATOS VARIOS DE RATAS ALIMENTADAS CON TORTA DE AJONJOLI SELENIFERO (8 ppm Se en dieta), CON EL AGREGADO DE 10% DE HARINA DE LINAZA DE LOS TIPOS I y II

(Información complementaria de la Tabla 5)

	Agua en carcas %	Selenio en hígado ppm ¹	Bazo x 100 Peso rata	Alimento consumido rata/día Gr	Sobrevivencia
Harina de linaza del tipo I	64.2 ± 2.5 ²	3.9 ± 0.7	0.27 ± 0.07	16.2 ± 1.5	12/14
Harina de linaza del tipo II	71.3 ± 4.9	5.5 ± 0.1	0.93 ± 0.64	11.4 ± 2.1	14/18

¹ Base húmeda. Humedad promedio en hígado: 73.8%.

² Desviación standard.

La información contenida en la Tabla 7 corresponde a experiencias realizadas con diferentes niveles de las harinas de linaza de los tipos I y II en dietas que contenían torta de ajonjolí selenífero. Cada grupo estaba constituido por 3 ratas machos y 3 hembras. No se pudo hallar una relación directa entre el nivel de harina de linaza y el aumento promedio de peso, ni tampoco entre el primero y el alimento consumido. Por otra parte, comparando globalmente los grupos de la harina de linaza del tipo I con los del tipo II, se observa que los aumentos de peso de estos últimos (tipo II) son sistemáticamente menores que los correspondientes a los grupos alimentados con las dietas de harina de linaza del tipo I. No se registró ningún fallecimiento entre las ratas que consumían las dietas de harina de linaza del tipo I, en tanto que un 16% de los animales alimentados con las dietas que contenían la del tipo II murió en el curso de los experimentos.

Debe destacarse que en ambas series el índice de utilización del alimento (alimento consumido/aumento de peso) favorece al nivel de 4% de harina de linaza en la dieta (Tabla 7).

En la Tabla 8 se ofrecen los resultados de las experiencias que se efectuaron con objeto de devolver a la harina de linaza del tipo II su capacidad de protección mediante la incorporación de una cantidad proporcional del mucílago en polvo (ver Materiales y Métodos). Debido a nuestra escasa existencia de mucílago, cada grupo constaba de 4 ratas machos y el experimento tuvo una duración de 30 días, al cabo de los cuales se extrajo la sangre en la forma descrita. El aumento de peso y el alimento consumido no indican un efecto concluyente del mucílago sobre la capacidad de protección de la harina de linaza del tipo II. Tampoco el agregado de mucílago a la dieta selenífera ocasionó mejoras en el crecimiento comparado con los animales sometidos a la dieta que tenía sólo la harina de linaza del tipo II (Control, Tabla 8), debido, tal vez, al corto tiempo del experimento y al escaso número de ratas usadas. A pesar de que los datos hematológicos son algo mejores cuando a la harina de linaza del tipo II le es restituido el mucílago perdido en el lavado de las semillas, no es posible sacar conclusiones debido al escaso número de animales utilizados.

TABLA 7
COMPORTAMIENTO DE RATAS ALIMENTADAS CON DIETAS
SELENIFERAS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA
DE LINAZA DE LOS TIPOS I y II

HARINA DE LINAZA DEL TIPO I				
% linaza en dieta	Alimento consumido Gr	Aumento de peso Gr	Indice de utilización del alimento ¹	Sobrevi- vencia
0.5	173.7	53.4	3.25	6/6
1.0	169.3	62.9	2.69	6/6
2.0	209.7	65.3	3.21	6/6
4.0	232.7	92.6	2.51	6/6
6.0	218.5	76.5	2.85	6/6
8.0	246.4	81.8	3.01	6/6
10.0	250.4	85.0	2.94	6/6
HARINA DE LINAZA DEL TIPO II				
0.5	181.8	51.5	3.52	6/6
1.0	176.4	44.0	4.00	3/6
2.0	202.1	54.0	3.71	6/6
4.0	159.4	57.1	2.79	6/6
6.0	193.9	51.6	3.75	5/6
8.0	171.8	58.8	2.92	5/6
10.0	289.1	77.8	3.71	4/6

¹ $\frac{\text{Alimento consumido}}{\text{Aumento de peso}}$

TABLA 8
COMPORTAMIENTO DE RATAS ALIMENTADAS CON DIETAS
SELENIFERAS CONTENIENDO HARINA DE LINAZA DEL TIPO II
CON MUCILAGO, MUCILAGO SOLO Y HARINA DE LINAZA
DEL TIPO II

	Aumento de peso Gr	Alimento consumido Gr	Hemoglobina Gr %	Hematocrito %
Harina de linaza tipo II + Mucílago	72.6 ± 26.4	299.9 ± 22.0	11.8 ± 1.0	37.9 ± 3.4
Mucílago	88.1 ± 18.8	329.9 ± 18.5	10.4 ± 2.3	34.5 ± 5.9
Harina de linaza tipo II	74.8 ± 12.8	306.5 ± 13.2	10.3 ± 4.1	34.2 ± 9.4

¹ Desviación standard.
Cada grupo constaba de 4 ratas machos.

DISCUSION

Las experiencias de Moxon (14) y de otros investigadores (15, 16) han evidenciado que la harina de linaza comercial es capaz de prevenir la intoxicación en ratas blancas y en otros animales de mayor tamaño, alimentados con dietas seleníferas. En su demostración experimental sólo se había hecho hincapié en el hecho en sí de la capacidad de protección de la harina y en sus niveles más efectivos en la dieta, dejando a un lado el principio activo responsable y la forma en la cual se impedía la intoxicación.

Halverson y colaboradores (2), al comprobar el efecto protector de la harina de linaza comercial en ratas alimentadas con selenio orgánico e inorgánico, han reportado que la extracción de la harina con una solución alcohólica al 50% disminuía sensiblemente la capacidad de protección de la harina, pero no era capaz de extraer el mucílago. Este aserto fue comprobado por nosotros, ya que, a diferencia del agua, una solución al 50% de alcohol no provocaba en absoluto la salida del mucílago ni de las semillas ni de la harina del tipo I (ver Materiales y Métodos).

Los resultados de los presentes experimentos respaldan la conclusión de que la sustancia que confiere protección es soluble en agua (2) y confirma nuestra observación de que la extracción del mucílago mediante el tratamiento con agua de las semillas de linaza previo a la elaboración de la harina, es capaz de disminuir la capacidad de protección de ésta en contra de la toxicidad del selenio (1). El principio activo es, pues, extraíble tanto de la harina comercial mediante el tratamiento alcohólico (2) como de las semillas, conjuntamente con el mucílago, al ser éstas lavadas con agua. Los resultados obtenidos no permiten, sin embargo, eximir concluyentemente al mucílago de la responsabilidad de conferir protección en contra de la toxicidad del selenio.

En los trabajos realizados hasta la fecha (14, 16, 2) los parámetros considerados para evaluar la capacidad de protección de la harina de linaza han sido el aumento de peso de los animales, la sobrevivencia, el peso del hígado y los daños presentados por este órgano como sitio preferencial de deterioro causado por la seleniosis crónica en la rata (17). Por tal

motivo, la evolución del cuadro hematológico aquí presentado no puede ser comparado con resultados similares obtenidos en otras publicaciones sobre el tema. Debe destacarse, sin embargo, que nuestra inicial conjetura de que el tratamiento con agua de las semillas de linaza era probablemente responsable por un descenso no esperado de hemoglobina y de hematocrito en ratas alimentadas con harina de nuez de Brasil selenífera (1), se ve respaldada por los resultados que se presentan en la Tabla 5.

La disminución de los valores de hemoglobina y de hematocrito presentada por los animales controles alimentados con torta de ajonjolí selenífero (Tabla 1) ya había sido descrita en publicaciones anteriores (6, 10). De igual manera, en la Tabla 5 se aprecia un descenso más marcado de estos parámetros en los animales que consumían la harina de linaza del tipo II, lo cual puede tratar de explicarse en términos de una mayor ingesta de alimento y, por consiguiente, de selenio orgánico (Tablas 2 y 6).

En los animales sacrificados al final de los ensayos se observó que aquellos con valores más bajos de hemoglobina y de hematocrito presentaban el bazo muy aumentado, lo que se traducía en un valor elevado de la relación entre el peso fresco de este órgano y el peso corporal del animal. Igual situación pudo comprobarse en aquellos que consumían las dietas seleníferas y que fallecían durante el experimento. Este aumento de tamaño del bazo pudo haber sido provocado por una metaplasia mieloide del bazo como reacción a la anemia, hipótesis que aguarda posterior comprobación experimental. Dicha relación, utilizada por otros autores como una medida del grado de seleniosis en la rata (11), es mayor en los animales alimentados con el ajonjolí selenífero más la linaza tipo II (Tabla 6) que en los que consumían el ajonjolí selenífero solo (Control II, Tabla 2).

Es interesante destacar que de los dos grupos cuyos aumentos de peso se ofrecen en la Tabla 3, los correspondientes a los animales alimentados con la dieta que contenía la harina de linaza tipo II son sistemáticamente mayores que los del tipo I. Además, el índice de utilización del alimento (alimento consumido/aumento de peso) al final del experimento es mejor en el tipo II que en el tipo I. Estos resultados sugieren que

el mucílago de las semillas de linaza, en gran parte responsable por el valor nutritivo de la harina en la alimentación del ganado vacuno y lanar (3), puede desempeñar un papel desfavorable cuando la harina de linaza es suministrada a animales monogástricos. Constituido principalmente por azúcares no reductores y por ácidos aldobiónicos (18), el mucílago es casi indigerible por animales no rumiantes, siendo en cambio digerido parcialmente por la flora intestinal de los rumiantes.

Los diferentes índices de utilización del alimento que se presentan en la Tabla 7 no permiten una interpretación definitiva debido a la fluctuaciones observadas. Sin embargo, en las condiciones experimentales utilizadas, un nivel de 4% de harina de linaza, tanto de tipo I como del II, produjo un mejor índice de utilización del alimento. En las ratas que consumían la harina de tipo I se observó un mayor aumento de peso a ese nivel y a pesar de que en los animales alimentados con la dieta que contenía el tipo II el aumento de peso era mayor a los niveles de 8 y 10%, algunos animales fallecieron en el curso de estos ensayos. Otros autores han reportado "buena protección" solamente a niveles de harina de linaza comercial no menores de 20% en la dieta (16) y Halverson y colaboradores (2), con dietas que contenían 10 ppm de selenio orgánico, no pudieron obtener protección completa utilizando 21% de harina.

Según Olson y Halverson (16), la acumulación de selenio en el hígado no es disminuida por diferentes niveles de harina de linaza en la dieta y Halverson y colaboradores (2) consideran poco probable que el mucílago sea capaz de impedir la absorción de selenio. Sin embargo, los resultados obtenidos en los presentes experimentos revelan que la harina de linaza desprovista de su mucílago (tipo II) no posee el mismo efecto que la harina completa (tipo I) en prevenir la acumulación de selenio en el hígado. Esto se infiere del estudio de la Tabla 6, en la cual se aprecia que la cantidad de este elemento hallada en el hígado de las ratas que consumían la dieta con harina del tipo II es significativamente más elevada. Este valor, a pesar de ser menor que la cantidad de 6.7 ppm señalada para los animales de la dieta selenífera control (Control II, Tabla 2), era ya capaz de ocasionar serios trastornos

y aun la muerte de las ratas en los presentes ensayos. Asimismo, se observa en la Tabla 6 que 3.9 ppm de selenio en el hígado fresco, cantidad que se anota para los animales alimentados con la dieta selenífera más la harina completa (tipo I), no provocó alteraciones en ninguno de los parámetros estudiados.

Toda vez que en las dietas seleníferas el porcentaje de harina de linaza es el mismo (ver Materiales y Métodos), estos resultados sugieren que el mucílago disminuye o interfiere de alguna manera la absorción de selenio. Aunque no puede excluirse un incremento en su excreción y, por lo tanto, un proceso de detoxificación más efectivo gracias a la presencia del mucílago, sería aventurado atribuir a este factor la menor cantidad de selenio hepático encontrado (Tabla 6), por cuanto no se determinó la cantidad de selenio excretada.

La restitución de la cantidad correspondiente de mucílago a la harina de linaza tipo II o el añadido de éste a la dieta selenífera no se tradujo en un mejor aumento de peso (Tabla 8). Sin embargo, nuevamente se pudo comprobar en varias de las ratas pertenecientes a la dieta selenífera más el mucílago o a la que contenía la harina de linaza tipo II solamente (Control, Tabla 8), la existencia de valores de hemoglobina y de hematocrito menores de 8 y de 25%, respectivamente. En cambio, en los animales que se alimentaban con la dieta del tipo II más el añadido de mucílago el menor valor de hemoglobina fue de 11.1% y de 35% el de hematocrito. Estos resultados no pueden interpretarse de manera concluyente; sin embargo, no excluyen la posibilidad de que el mucílago de las semillas de linaza y/o las sustancias que lo acompañan desempeñen papel de importancia en prevenir la alteración del cuadro hematológico aquí presentado, en ratas selenizadas.

AGRADECIMIENTO

El autor agradece a la señora Lic. María Cristina de Mondragón la realización de los análisis de selenio en el material utilizado.

SUMMARY

Protective capacity of the linseed oil meal mucilage against the toxicity of organic selenium

Previous rats experiments carried out with seleniferous Brazil nut flour, revealed lack of uniformity in the protective capacity of home made linseed oil meal, when this material was used as an ingredient in one of the experimental diets. As the procedure followed in the preparation of the meal, was not identical with the one used by industry, it was decided to study the capacity of protection given by linseed oil meal prepared in two different ways, against seleniferous sesame cakes under controlled conditions. The meals were obtained by the crushing of the seeds followed by hexane extraction. The seeds corresponding to one of the batches, were first soaked in distilled water in order to remove the mucilage.

Weanling rats of the "Sprague Dawley" strain were used in the biological trials. The seleniferous diets contained 8 ppm organic selenium and linseed oil meal, when added, at a level of 10%. All the diets were isonitrogenous.

The animals fed diets containing seleniferous sesame cake alone, showed very low values of hemoglobin, hematocrit and poor weight gain, compared with the control group fed low-selenium sesame cake. Water carcass, liver selenium and spleen over body weight ratio, were higher. Addition of 10% of both linseed oil meals to low-selenium sesame cake diets, had no effect on hematological values. Rats fed the mucilage free meal, showed a slight increase in body weight gain. No differences could be observed neither in water carcass, liver selenium values nor in spleen over body weight ratio.

Extremely low hemoglobin and hematocrit values and poor weight gain, were observed when seleniferous sesame cake was fed together with the mucilage-free linseed oil meal. Water carcass, liver selenium and spleen over body weight ratio, increased markedly in these animals. Rats fed the seleniferous diet, but with the complete linseed oil meal added, showed no alteration of the same values, although liver selenium showed a slight increase.

Four per cent level of both linseed oil meal incorporated to seleniferous diets, produced the best index of food utilization. Powdered mucilage restored to seleniferous diets, showed no noticeable effect in preventing the toxicity of organic selenium, measured by hematological and weight gain values.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Chávez, J. F.—Estudio sobre la toxicidad de una muestra de nuez de Brasil con alto contenido de selenio. *Bol. Soc. Química del Perú*, 32: 195-203, 1966.
- (2) Halverson, A. W., C. M. Hendrick & O. E. Olson.—Observation on the protective effect of linseed oil meal and some extracts against chronic selenium poisoning in rats. *J. Nut.* 56: 51-60, 1955.

- (3) Altschul, A. M.—“Processed plant protein foods tufts”. Academic Press Inc., Publishers, New York, 1958.
- (4) Neville, A.—*J. Agr. Sci.* 5: 113, 1913. Citado por Altschul (2).
- (5) Chávez, J. F. & W. G. Jaffé.—Nivel tóxico de selenio en dietas para ratas. *Arch. Latinoamer. Nutr.* 17: 69-76, 1967.
- (6) Chávez, J. F.—Tolerancia al selenio desarrollada por ratas criadas con dietas seleníferas. *Arch. Latinoamer. Nutr.* 17: 77-83, 1967.
- (7) Jaffé, W. G., J. F. Chávez & M. C. Mondragón.—Contenido de selenio en alimentos venezolanos. *Arch. Latinoamer. Nutr.* 17: 59-68, 1967.
- (8) Jaffé, W. G.—Influencia de distintos suplementos dietéticos sobre la reproducción de ratas alimentadas con dietas bajas en vitamina B₁₂. *Arch. Venez. Nutr.* 3: 59-68, 1952.
- (9) Hainline, A.—*Standard Methods of Clinical Chemistry*. Vol. II: 49-60, New York, 1958.
- (10) Jaffé, W. G., J. F. Chávez & B. Koifman.—Estudios preliminares sobre la toxicidad de muestras de ajonjolí con alto contenido de selenio. *Arch. Venez. Nutr.* 14: 7-23, 1964.
- (11) Ganther, H. E. & C. A. Baumann.—Selenium metabolism: II. Modifying effects of sulfate. *J. Nut.* 77: 408-414, 1962.
- (12) Dye, W. G., E. Bretthauer, H. J. Seim & C. Blincoe.—Fluorometric determination of selenium in plants and animal with 3,3'-diaminobenzidine. *Anal. Chem.* 35: 1687: 93, 1963.
- (13) Heinrich Jr., M. & F. E. Kelsey.—Studies on selenium metabolism: the distribution of selenium in the tissues of the mouse. *J. Pharmacol. Exp. Therap.* 114: 28-34, 1955.
- (14) Moxon, A. L.—The influence of some proteins on the toxicity of selenium. Ph. D. Thesis. Univ. of Wis. Madison, 1941.
- (15) Rosenfeld, I. & O. A. Beath.—The influence of protein diets on selenium poisoning. *Am. J. Vet. Res.* 7: 52-58, 1946.
- (16) Olson, O. E. & A. W. Halverson.—Effect of linseed-oil meal and arsenicals on selenium poisoning in the rat. *Proc. S. Dakota Acad. Sci.* 33: 90-94, 1954.
- (17) Schwarz, K.—Nutritional significance of selenium. *Fed. Proc.* 20: 665-702, 1961.
- (18) Easterby, D. G. & J. K. N. Jones.—Composition of linseed mucilage. *Nature* 165: 614, 1950.