

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

METODOS DE EVALUACION DEL VALOR NUTRICIONAL DE HARINAS DE ALGODON

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

SALVADOR SANCHEZ LOARCA

en el acto de su Investidura de:

INGENIERO AGRONOMO

Guatemala, febrero de 1968

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
BIBLIOTECA
DEPARTAMENTO DE TESIS-REFERENCIA

P. de Q. Guate, Marzo 19.68

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

DECANO	Ing. René Castañeda Paz
VOCAL 1o.	Ing. Mario Martínez
VOCAL 2o.	Ing. Antonio Sandoval S.
VOCAL 3o.	Ing. Otto Slowing
VOCAL 4o.	Br. Francisco Vallejo
VOCAL 5o.	Br. Hugo Font
SECRETARIO	Ing. Fernando Luna

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Eduardo D. Goyzueta
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Pacheco
EXAMINADOR	Ing. Mario Martínez
EXAMINADOR	Ing. Mario Braeuner
SECRETARIO	Ing. Leopoldo Sandoval

DEDICATORIA

DEDICO ESTE ACTO:

A mis padres:

Rafael Sánchez B. (Q.E.P.D.)

Josefe Loarca v. de Sánchez

A mi esposa:

Irma Isabel Cruz de Sánchez

A mis hijos:

Edgar Augusto y

Martín Salvador

A mis hermanos y

familiares en general

A mis compañeros de promoción

A mis amigos y compañeros de trabajo

A la Facultad de Agronomía y

A mis catedráticos.

INDICE

	Página
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	2
III. MATERIALES Y METODOS	8
A. Muestras	8
B. Análisis Químico	8
C. Ensayos Biológicos	8
D. Extracción de las Proteínas	8
IV. RESULTADOS	9
A. Químicos	9
B. Biológicos	10
C. Análisis Estadísticos	10
V. DISCUSION	12
VI. CONCLUSIONES	17
VII. SUMARIO	18
VIII. RECONOCIMIENTOS	27
IX. BIBLIOGRAFIAS	28

I. INTRODUCCION

La creciente demanda de proteínas de origen vegetal ha traído como consecuencia un desarrollo tecnológico considerable en su aplicación para la alimentación humana y animal. Entre estas posibles fuentes de proteínas, las semillas oleaginosas han ocupado siempre un lugar de preponderancia, principalmente por razones económicas, ya que en estos casos, el aceite representa el principal producto, siendo la proteína un subproducto.

Entre estos productos la harina de semilla de algodón se ha situado en un lugar de preferencia, debido a la calidad de su proteína y a los múltiples usos que a través de la investigación se le ha dado (1,2). Sin embargo, para que sea factible esta utilización en los animales monogástricos, principalmente al hombre, la proteína de la harina debe llenar ciertos requisitos (1), los cuales actualmente se controlan por métodos químicos y biológicos. Desde el punto de vista práctico la necesidad de una metodología más rápida y más económica, que pueda ser usada en los laboratorios particulares o de plantas industriales es evidente. La importancia de este hecho se basa en la facilidad que se pueda disponer para predecir con bastante seguridad desde el punto de vista químico el valor nutritivo del producto antes de realizar pruebas biológicas, las cuales en general son más costosas.

Por otro lado la utilización más eficiente de un subproducto como lo es en este caso la harina de semilla de algodón, contribuye en parte para solucionar la escasez de proteínas de origen vegetal tan necesaria en los países todavía en vía de desarrollo. Desde otro ángulo, el papel que pueda jugar la utilización de este material en la elaboración de concentrados para animales, resultará en una producción más económica de proteínas de origen animal, contribuyendo así a una mejor nutrición de nuestras poblaciones.

El presente trabajo tuvo por objeto estudiar las relaciones que pueden existir entre los diferentes métodos disponibles para el control de calidad de la harina de semilla de algodón y recomendar su aplicación práctica y destacar la importancia que se debe dar a los métodos de procesamiento sobre el valor nutritivo de las proteínas del algodón.

II. REVISION DE LA LITERATURA

Composición Química

La composición química de la harina de semilla de algodón varía de acuerdo con el proceso a que es sometida la semilla para la extracción del aceite y a la variedad de la semilla usada. Los requisitos que debe llenar la harina de semilla de algodón para consumo humano son los siguientes: no menos de 50 g. % de proteína, no más de 1.2 g. % de gósipol total; no más de 0.06 g. % de gósipol libre; no menos de 3.6 g. % de lisina disponible por 16 g. de nitrógeno (3) y una solubilidad de nitrógeno en NaOH 0.02 N no menor de 70%.

Desde el punto de vista práctico la determinación de nitrógeno soluble en NaOH 0.02N y de lisina disponible reviste especial importancia, ya que son métodos químicos relativamente rápidos al comparar con las pruebas biológicas, y con los cuales es posible precisar dentro de ciertos límites el valor nutritivo del producto analizado.

Solubilidad de las proteínas de algodón

Es un hecho bien conocido que la disminución en la solubilidad de las proteínas es una medida físico-química que demuestra la denaturación de las mismas debido al efecto del calor. De una manera general se puede decir que la solubilidad de las proteínas es un reflejo de la intensidad del calor que sufren durante el procesamiento. (4) La utilización de esta constante física es importante no solo desde el punto de vista nutricional, sino que también porque el grado de solubilidad de las proteínas vegetales en determinados solventes permite su utilización en los procesos industriales (5).

Estudios (6) llevados a cabo usando la semilla de algodón desengrasada con un solvente apropiado, sin la aplicación de calor al material que se extrae han indicado que la solubilidad de las proteínas es de alrededor de 80% en una solución diluida de cloruro de sodio, cerca de 90% en álcali diluido y de 10-12% es soluble en agua; se considera que de 4 - 10% en nitrógeno no proteico.

Por otro lado, el pH del solvente tiene un efecto marcado en la capacidad de extracción. En líneas generales, cuanto más alcalino es el pH, mayor es la solubilidad de las proteínas; a un pH de 12 caso 100% de las proteínas es extraída. En el lado ácido también hay un máximo de solubilidad que ocurre a un pH de 1; sin embargo, en este máximo de extracción solamente es soluble 50% del nitrógeno total. La proteína así extraída puede en gran parte ser precipitada ajustándose el pH al punto mínimo de solubilidad, por el agregado de sales, ácidos o por diálisis.

De acuerdo con las propiedades de solubilidad de sus proteínas de algodón son globulina (solubles en soluciones salinas), glutelinas (solubles en álcalis) y en

menor proporción albúminas (solubles en agua). Sin embargo esta clasificación, basada en la nomenclatura actual, y en la proteína intacta, es relativa cuando las proteínas del algodón hayan sufrido el efecto del calor durante el procesamiento. En este caso, los cambios incluyen una disminución en solubilidad de estas proteínas en solución salina, y en un aumento en la cantidad de álcali necesario para la solución.

Trabajos reportados por Arthur y Many (7) en el cual utilizaron la proteína del algodón para la producción de fibras artificiales indicarán que de 30-50% por peso de proteína fue obtenido, lo que correspondía de 50-60% de la proteína contenida en la harina extraída por solvente. En este trabajo los autores usaron para la extracción una solución diluida de álcali a un pH de 10 y precipitaron la proteína ajustando el pH a su punto mínimo de solubilidad.

Varios investigadores han estudiado la relación entre la cantidad de las proteínas y la solubilidad de nitrógeno en harinas de algodón.

Olcott y Fontaine (8) observaron que la solubilidad de la proteína de algodón en NaCl al 3% fue reducida al autoclavarlas y así mismo variaba entre diferentes tortas de algodón comerciales. Esta solubilidad variaba entre 9.6 a 46.7%, comparadas con 75-80% a las harinas que fueron extraídas con éter. Estudios reportados, por otros investigadores (9) han indicado que las tortas de algodón preparadas por el método de prensa de tornillo sufren una mayor reducción en la solubilidad de sus proteínas que las preparadas por prensa hidráulica o por prensa solvente. Por otro lado Lyman et al (10) no encontraron esta relación. Estos autores sugirieron un índice químico, que además de la solubilidad de N, toma en cuenta la cantidad de gosipol total; este índice químico se define como el por ciento del nitrógeno total soluble en NaOH 0.02N, dividido por el por ciento de gosipol total en la muestra. Se encontró que esta medida correlacionaba con la cantidad de lisina disponible de las muestras, y en pruebas de alimentación llevadas a cabo en pollos.

Eagle (11) también han desafiado los valores de análisis del nitrógeno soluble y gosipol libre en predecir el valor nutritivo de harinas de algodón.

Sin embargo, estudios llevados a cabo por otros investigadores (14) han demostrado el valor de la solubilidad de nitrógeno como un índice de la calidad proteica de las tortas de harina de algodón. Utilizando pollos como animal de experimentación, estos autores encontraron que la calidad de la proteína estaba en relación directa con la solubilidad de nitrógeno; en este experimento los autores usaron harinas de torta de algodón autoclaveada por diferentes tiempos. Otros estudios (12, 13) realizados en ratas han corroborado los hallazgos encontrados con los pollos.

Altschul (6) ha criticado este método de evaluación en base de que no hay ninguna razón académica por la cual esta solubilidad por sí tenga alguna relación con el valor nutritivo, ya que las condiciones que afectan esta medida, puede no afectar de la misma manera el valor nutritivo. Chang W.Y. y colaboradores, (15) usando la solubilidad de nitrógeno en NaOH 0.02N como criterio para evaluar ha-

rinas de algodón preparadas por pre-prensa solvente, indicaron que esta prueba puede identificar harinas de alto o de bajo valor nutritivo. En el nivel intermedio, se puede identificar harinas con valor nutritivo similar pero no igual, principalmente cuando proviene de diferentes procesos de preparación.

En base a los resultados reportados hasta la fecha, parece ser que la solubilidad de nitrógeno usando en 0.02N NaOH (16) es el de más valor para la evaluación de harinas de algodón, en lo que se refiere a los efectos que sufre la proteína durante el procesamiento. (10). Se considera que una solubilidad de 75% (6) es lo que se puede considerar como ideal; sin embargo, un valor de 70% ha sido aceptado últimamente.

VALOR NUTRITIVO

Lisina disponible

Cuando se aplica calor a los alimentos, además de los cambios en la solubilidad de los compuestos nitrogenados, también produce otros cambios que afectan a la proteína, y que pueden ser detectados por métodos químicos.

El efecto del calor durante el procesamiento, sobre el amino ácido lisina, es una de las reacciones más conocidas (17). El grupo E-amino libre de la lisina de las proteínas, a causa de la acción del calor y de la humedad reacciona con los azúcares reductores y otros compuestos, afectando así la disponibilidad fisiológica de este amino ácido, ya que el grupo amino se encuentra formando péptidos (18). En el caso de la proteína de algodón, la presencia de gopiol, es otro factor desafortunado ya que este pigmento, debido a sus características químicas puede reaccionar con la lisina, disminuyendo aún más su disponibilidad (19,20).

De esta manera, los métodos químicos diseñados para determinar los grupos amino libres de las proteínas encuentran una aplicación práctica en la evaluación de la calidad de las mismas.

Observaciones hechas por Harris y Mattil (21) indicaron que el tratamiento de las proteínas por el calor disminuye el número de los grupos básicos reactivos de las proteínas intactos, usando el método para la determinación del amino nitrógeno de Van Slyke.

El método químico para la determinación de la lisina disponible se basa en el hecho de que el fluor 2-4-dinitro benzeno reacciona con el grupo libre de E-amino lisina de las proteínas para formar una derivativa la cual es estable en una solución ácida fuerte, y posteriormente determinada su cantidad en los hidrolizados proteicos por métodos fotométricos (22,23).

Estudios llevados a cabo por Lyman et al (24) demostraron que la reacción de la lisina de la proteína de semilla de algodón con el gopiol se efectúa a través de

los grupos de E-amino que están libres. En ciertas condiciones, la razón es de 2 grupos de E-amino libres para 2 de gosipol, indicando que ambos grupos carbonyl de gosipol son ligados a la lisina. Asimismo se encontró que cuando el gosipol reacciona con la proteína del algodón, ya sea en presencia o en ausencia de calor, la digestión péptica o triptica se reduce marcadamente. Por otro lado, si la proteína del algodón purificada es autoclaveada, no se observa ninguna reducción en digestibilidad "in vitro" con pepsina o tripsina.

Estudios llevados a cabo por Bressani et al (25) en el cual analizaron las diferentes fracciones granulométricas de distintas harinas de algodón procesadas en Centro América, encontraron una correlación positiva entre la ENH₂-amino lisina y la eficiencia proteica, y una correlación negativa entre gosipol total y la lisina disponible.

Braham et al (26) reportaron los resultados obtenidos al estudiar 18 harinas de algodón de Centro América, preparadas por diferentes procesos encontrando también una correlación positiva entre E-amino lisina y eficiencia proteica, una correlación negativa entre ganancia en peso y gosipol total así como entre peso ganado y aceite residual.

Los métodos industriales usados en la actualidad para el procesamiento de la harina de semilla de algodón, están gobernados por su eficiencia en la extracción del aceite, ya que hasta la fecha, la torta es considerada como un subproducto, siendo el aceite el producto más importante desde el punto de vista económico.

Los métodos de extracción del aceite son los siguientes: 1) por prensa hidráulica, 2) por prensa de tornillo, 3) pre-prensa y solvente, 4) solvente.

Los dos primeros métodos se han caracterizado por producir harinas de bajo contenido de gosipol, pero con la desventaja de tener una baja calidad nutritiva; la razón de esto es debido a las altas temperaturas y presión a la que es sometida la semilla durante el procesamiento dañando así las proteínas. Estudios realizados por Milligard y Bird (13) usando pollos y por Horn et al (27) con ratas, demostraron el efecto de diversas condiciones del procesamiento sobre el valor nutritivo de varias harinas estudiadas.

El método de pre-prensa solvente es el más corrientemente conveniente en la actualidad. (6) Las harinas de algodón preparadas por este proceso, tienen la ventaja de poseer un buen valor nutritivo comparadas con las obtenidas por los dos procesos anteriores (28).

Esto se debe a que en este proceso, la temperatura y la presión no son tan altas como en el de prensa hidráulica y de prensa de tornillo, ya que la cantidad restante de aceite en la torta es extraída por solvente, que puede ser hexano, acetona, o una mezcla azeotrópica de acetona, agua y hexano.

El proceso de solamente solvente ha sido usado últimamente con buenos resultados. La característica de las harinas procesadas directamente por solvente, depende del tipo de solvente usado, en lo que al contenido de gósipol libre se refiere. Si se usa acetona, casi la totalidad del gósipol es extraído, mientras que con hexano el contenido de gósipol se mantiene relativamente alto, debido a su insolubilidad en este solvente. En ambos casos el valor nutritivo de la proteína es superior a la obtenida por el proceso de prensa hidráulica y de prensa de tornillo.

Desde el punto de vista químico y nutricional la torta producida por estos diferentes procesos tiene características distintas.

En el proceso de prensa (1) los cambios químicos más marcados se realizan al nivel de las prensas, notándose una disminución en la cantidad de grasa, de lisina disponible y de gósipol libre y gósipol total; por otro lado, debido a que en esta fase del proceso se extrae el aceite, se observa un aumento en la cantidad de proteína, la cual puede ser aumentada posteriormente por el proceso mecánico de separación de la fibra. En el método de pre-prensa solvente se obtiene de una manera general los mismos cambios químicos; aunque en diferente magnitud. Debido a la incorporación de la torre de extracción por solvente en proceso, la cantidad de aceite en el producto final es menor, y la cantidad de lisina disponible y de gósipol libre más altos.

En la extracción del aceite por solvente, o una mezcla azeotrópica de solventes, la composición química es bastante similar al material obtenido por el proceso de pre-prensa solvente excepto en el contenido de gósipol libre que depende del solvente usado.

En el caso de los animales monogástricos, los factores más importantes a controlar son la cantidad de gósipol libre y el contenido de lisina disponible, que deben estar presentes en los límites anteriormente descritos (3).

Indudablemente uno de los factores más importantes a controlar en las harinas de semilla de algodón es un pigmento denominado gósipol. Esta sustancia así denominada por Marchewski es un polifenol que ha sido encontrado ser tóxico para animales monogástricos. Su estructura ha sido delucidada por Adams y colaboradores, y según su fórmula estructural, puede reaccionar como un aldeído y un polifenol, teniendo además una reacción fuertemente ácida (6).

Por otro lado desde el punto de vista nutricional el contenido de lisina es de vital importancia ya que es el amino ácido limitante en primer lugar en la proteína del algodón (26, 29, 30) deficiencia ésta que puede acentuarse durante el procesamiento, debido a la reacción de este amino ácido con el gósipol o con otras sustancias (18,19). De los demás amino ácidos esenciales, su composición es bastante favorable, destacándose el alto contenido de leucina.

En lo que se refiere a los carbohidratos, la harina de algodón contiene 5.3% de azúcares totales, 13.2% de pentosas y 9.6% de celulosa (6).

Además de su efecto tóxico, el gossipol es el responsable por la coloración de huevo de gallinas que hayan sido alimentadas con harina de algodón. La clara y la yema de los huevos son afectadas y además se ha reportado que la membrana que separa la clara de la yema se vuelve más permeable. Además del gossipol, otras sustancias como los ácidos malválico y estercúlico presentes en la semilla son también responsables por este fenómeno (31,32).

Trabajos realizados por varios investigadores, usando pollos, cerdos, pavos y ratas como animales de experimentación han demostrado que la lisina es el aminoácido limitante en primer lugar, seguido de la metionina y posiblemente la treonina (29, 30, 33, 34, 35). Otros investigadores (36) han estudiado el valor nutritivo de la harina de semilla de algodón para niños desnutridos, y los resultados obtenidos indicaron una absorción igual para la proteína del algodón y la proteína de la leche.

Kaye y colaboradores (37) usando la técnica de balance de nitrógeno para la evaluación del valor nutritivo, llegaron a la conclusión que la harina de semilla de algodón era una buena fuente de proteínas para las mismas.

Según otros investigadores el valor biológico de la harina de algodón es de 62, con una utilización neta de proteínas (NPU) de 52%.

III. MATERIALES Y METODOS

A. Muestras

Las harinas de algodón usadas fueron obtenidas de diversas plantas de procesamiento de semilla de algodón de Centro América. Se trató de utilizar en el presente estudio muestras de harinas preparadas por diferentes procesos de preparación, como son el de prensa, pre-prensa solvente, y directamente por solvente. Las muestras obtenidas fueron almacenadas en un cuarto refrigerado a una temperatura de 4° C., hasta el momento de su respectivo análisis químico y de las pruebas biológicas.

B. Análisis Químico

Para las determinaciones de proteína, grasa, humedad, fibra cruda, calcio se usaron los métodos de la A.O.A.C. (38) el contenido de fósforo fue determinado por el método de Fiske y Subarrow (39). La cantidad de hierro fue estimada por el método de Moss y Mellon. (40).

Para los análisis de gopiol libre y total se usaron los métodos de la A.O.C.S. (41) y la lisina disponible por el método de Conkerton y Frampton (42). La solubilidad de nitrógeno según el método de Lyman (10). El valor nutritivo de las diferentes harinas fue evaluado, usando el método de eficiencia proteica (43).

C. Ensayos Biológicos

Para estos ensayos biológicos, se usaron ratas blancas de la raza Wistar, provenientes de la colonia del INCAP. Los animales fueron alojados en jaulas individuales, con fondos levantados de tela metálica. Los animales en los diferentes estudios fueron alimentados con la dieta basal descrita en el cuadro No. 1. Las harinas de algodón y los otros productos a estudiar, fueron incorporados en la dieta, en una cantidad equivalente a 10% de proteína. El alimento y el agua fueron ofrecidos "ad Libitum", llevándose semanalmente un record de consumo de alimento y aumento en peso con el objeto de calcular la eficiencia proteica. Se usaron 4 ratas hembras y 4 ratas machos por cada dieta experimental, y la duración de cada experimento fue de 28 días. Todas las dietas fueron analizadas por su contenido de nitrógeno, usando el método de la A.O.A.C. (38).

D. Extracción de las Proteínas

Con el objeto de estudiar el valor nutritivo de las proteínas solubles en hidróxido de sodio, se escogieron 3 harinas de algodón obtenidas por 3 diferentes procesos, como son el de prensa, y prensa solvente y de solvente; de cada una de estas muestras se pesaron $\frac{1}{2}$ kilo de la harina, se agregó 3.000 ml. de NaOH 0.05N, y se extrajo por 2 horas en un agitador mecánico. Al final de la extracción se centrifugó y se liofilizó el extracto y el residuo; el material así obtenido se analizó por su contenido de nitrógeno, gopiol libre y lisina disponible.

IV. RESULTADOS

A.. Químicos

En el cuadro No. 2 se detallan los resultados obtenidos en lo que se refiere a la composición química proximal, hierro, calcio y fósforo de las diferentes muestras estudiadas. Los datos encontrados indican que las harinas obtenidas por el proceso de prensa contienen más grasa que el material obtenido por solvente o prensa solvente. La cantidad de proteínas de las diferentes muestras es el reflejo de el contenido de fibra y de grasa que se queda en el producto final. El promedio de la cantidad de grasa en las harinas procesadas por prensa fue de 5.8, comparado con 3.1 y 2.7 para el material preparado por prensa solvente y solvente. El promedio de humedad fue de 7.6 para las muestras obtenidas por prensa y de 9.9 y 10.6 para los de solvente y prensa solvente respectivamente. Así mismo se puede apreciar que el promedio del contenido de hierro, calcio y fósforo es bastante similar en todas las muestras representativas de los procesos estudiados.

Las determinaciones de gosipol libre, gosipol total, índice de solubilidad de nitrógeno y E-NH₂-lisina están reportados en el cuadro No. 3. Los resultados encontrados nos enseñan que la cantidad en promedio de gosipol libre en las muestras obtenidas por el proceso de solvente es de 0.131 gr.%, que corresponde a más del doble al comparar con las muestras por el proceso de prensa o de prensa solvente. Las muestras correspondientes a estos dos últimos procesos tienen similar cantidad de gosipol libre, o sea de 0.051 g.%.

En lo que se refiere al contenido de gosipol total, no se encontró ninguna diferencia en los métodos de procesamiento.

El promedio del nitrógeno soluble en HaOH 0.02N, fue de 71 y 74 para las harinas obtenidas por el proceso de prensa-solvente y de solvente, respectivamente. El promedio de la solubilidad de N, para las muestras preparadas por el proceso de prensa-solvente y de solvente, respectivamente. El promedio de la solubilidad de N, para las muestras preparadas por el proceso de prensa fue de 39.4.

La cantidad de E-NH₂-lisina fue de 3.75 y 3.33 g. por 16 g. de N para las muestras de prensa solvente y de solvente, comparada con 2.78 para las harinas obtenidas por el proceso de prensa.

El cuadro No. 4 muestra la distribución de nitrógeno en tres harinas extraídas con solución alcalina. Los porcentajes de extracción fueron de 44.3 y de 30.0 para el material preparado por prensa-solvente y solvente respectivamente. En el caso de la harina obtenida por el proceso de prensa fue de 9.7%.

Los resultados de los análisis químico efectuados en las fracciones de las harinas de algodón estudiadas, están reportados en el cuadro No. 5. Como se puede

apreciar, la cantidad de gosipol libre y de gosipol total fue siempre más baja en el extracto y en el residuo que en la harina entera. Los valores obtenidos para la harina preparada por prensa fueron de 38, 17 y 28 mg % de gosipol libre para la harina entera, el extracto y el residuo respectivamente. En el mismo orden los valores para el material de prensa solvente fue de 77, 44 y 58 mg % y para el de solvente de 133, 92 y 38 mg %.

Los valores de E-amino-lisina fueron similares para la harina entera, el extracto y el residuo, en el caso del material obtenido por prensa o por solvente; en la harina preparada por prensa-solvente, el contenido de lisina en el extracto fue más alto al comparar con la harina entera. La cantidad de lisina disponible para el extracto fue de 3.68 g./16 g.N, comparado con 2.85 para la harina entera.

B. Biológicos

En el cuadro No. 6 se detallan los resultados obtenidos con las pruebas biológicas, cuando se usaron las distintas harinas, preparadas por los tres procesos estudiados. Como se puede apreciar el promedio de ganancia en peso para el material procesado el método de prensa fue de 62 g. con una eficiencia proteica de 1.47. Los animales alimentados con las harinas obtenidas por el proceso de prensa-solvente, y de solvente ganaron un promedio de 105 y 85 g. respectivamente durante el período experimental. En el mismo orden se obtuvieron 1.96 y 1.79 de eficiencia proteica.

Los valores obtenidos con la dieta control de caseína fueron de 114 g. para el aumento de peso y de 3.09 para la eficiencia proteica.

En el cuadro No. 7 están detallados los resultados obtenidos en las pruebas biológicas, llevadas a cabo para evaluar el valor nutritivo de las proteínas de las diferentes harinas extraídas con NaOH. Como se puede apreciar, el extracto proveniente de la harina de algodón procesada por el método de prensa, resultó con una eficiencia proteica de 0.44, y una ganancia en peso de 8 gramos; la harina entera y el residuo reportaron una eficiencia proteica de 1.69 y 1.51, y un aumento en peso de 94 y 71 gramos respectivamente. En cambio los animales alimentados con la fracción soluble en álcali, del material obtenido por el proceso de prensa-solvente y de solvente, reportaron índices de eficiencia proteica similares, al comparar con las dietas preparadas a base de la harina entera y del residuo. En el caso del material obtenido por prensa-solvente, la harina entera resultó en una eficiencia proteica de 2.28, y un aumento en peso de 88 g. comparado con 2.14 y 2.12 g. para el extracto. Con el residuo se obtuvo un incremento en peso de 120 g. y un índice de eficiencia proteica de 2.09. Los animales alimentados con la harina preparada por solvente, tuvieron una ganancia en peso de 98 g. comparada con 82 y 116 g. para el extracto y el residuo respectivamente.

Las correlaciones estadísticas realizadas entre los distintos parámetros medidos en el presente estudio están detalladas en el cuadro No. 8. Como se pue

de apreciar se encontró una correlación positiva entre eficiencia proteica y epsilon-amino-lisina en los tres materiales estudiados. Los valores encontrados fueron de 0.72, 0.78 y 0.84 para la harina completa, el extracto y el residuo, respectivamente. En el caso de la harina completa se encontró una correlación positiva de 0.73 entre epsilon-amino-lisina y el nitrógeno soluble en NaOH 0.02N, así mismo, y una correlación positiva de 0.70 entre eficiencia proteica y nitrógeno soluble. Es interesante también resaltar que los resultados encontrados también señalaron una buena correlación entre epsilon-amino-lisina y gossipol libre y entre eficiencia proteica y gossipol libre tanto en el extracto como en el residuo. En cambio una correlación positiva de 0.36 fue encontrada entre eficiencia proteica y gossipol libre en el caso de la harina completa.

Los análisis de variancia hechos para solubilidad de Nitrógeno, E-NH₂-lisina y gossipol libre demostraron que hay una diferencia estadística significativa entre los promedios de los diferentes procesos estudiados para cada una de estas variedades.

Estas diferencias fueron significativas al 1% para la solubilidad de nitrógeno y para el gossipol libre y al 5% para la epsilon-amino-lisina.

V. DISCUSION

Los datos que se informan en el presente trabajo, en lo que a la composición química de las diferentes harinas de algodón se refiere, confirman en general los resultados encontrados en la literatura a este respecto (1, 45). La cantidad de aceite residual en la torta o producto final tiende a ser más alta en el proceso de extracción por prensa hidráulica o prensa de tornillo que en el proceso de prensa solvente o de solvente. La razón de esta diferencia está explicada en la mayor capacidad de extracción del solvente o prensa solvente que solamente prensa. Desde el punto de vista económico-industrial el proceso de extracción por prensa solvente o solvente significa un mayor rendimiento del aceite de la semilla al comparar que el proceso de solo prensa. Es también interesante hacer notar que el contenido de humedad en el producto final obtenido por el método de prensa es menor que en el material obtenido por prensa solvente o solvente. Este hecho es importante ya que corrobora las observaciones informadas por Bressani et al (44) que al estudiar muestras de diversas fábricas de Centro América, encontraron que hay una relación directa entre la cantidad de humedad de las tortas y la mejor calidad proteica de las mismas.

De los tres minerales analizados parece que no hay un efecto de procesamiento y el contenido de los mismos ya que los resultados encontrados no indican mayores diferencias a este respecto.

Los valores que aquí se informan referentes al contenido de gósipol libre, gósipol total, lisina disponible y nitrógeno soluble en las diferentes muestras estudiadas confirman también los resultados de otros investigadores a este respecto (44).

El menor contenido de gósipol libre en el proceso de extracción por prensa al comparar con el método de solvente se debe a la reacción del gósipol con la lisina, a la acción mecánica y a las altas temperaturas que se desarrollan en las prensas, sobre las glándulas de gósipol de la semilla, eliminándolo así, parte en el aceite y parte que se destruye debido al calor. Esto está confirmado por los menores valores de lisina disponible de estas harinas en comparación con los obtenidos por solvente.

Desde el punto de vista nutricional el factor más importante es la reacción que se realiza entre el gósipol y los grupos aminos libres de la lisina a nivel de las prensas, ya que aunque se logre niveles aceptables de gósipol en la torta, esta disminución se realiza a expensas de la lisina que es el aminoácido limitante en primer lugar en las proteínas del algodón.

En el caso del proceso de prensa solvente aunque el contenido de gósipol libre es bajo, la calidad de la proteína es bastante protegida debido al tratamiento menos drástico que sufre la semilla al nivel de las prensas.

Este hecho lo confirman los resultados obtenidos en estudios anteriores en los cuales se encontró una menor cantidad de aceite residual de la torta en el proceso de prensa, al comparar con la torta obtenida por el método de prensa-solvente, en la etapa del proceso correspondiente al prensado (44). Este mayor contenido de aceite al nivel de las prensas, en el caso del método de prensa solvente, no representa ningún problema técnico, ya que la posterior extracción de la torta en la torre de solvente baja considerablemente la cantidad del mismo en el producto final.

En el caso del método de extracción por solvente el alto contenido de gósipol libre en el producto final, comparado con los dos procesos anteriormente mencionados, se debe a que el solvente utilizado industrialmente es el hexano, cuya capacidad para extraer este pigmento es casi nula. Por otro lado el tratamiento de la semilla previo a la extracción del aceite, es relativamente suave, dando como resultado un producto con alta cantidad de lisina disponible. El uso de otros solventes como la acetona, o la mezcla azeotrópica de acetona: agua, hexano que tiene la capacidad de extraer el gósipol, no han dado los resultados esperados en la escala industrial. Razones de orden técnico y económico, han impedido la utilización de los mismos en la práctica corriente. Sin embargo, es posible que en el futuro el proceso de extracción por solvente usando el hexano, dé los resultados deseados en lo que a la cantidad de gósipol libre se refiere. Para eso es necesario un estudio más detallado de todo el proceso, principalmente en la etapa previa a la extracción del aceite. Estudios preliminares llevados a cabo por el INCAP, en plantas que utilizan este proceso de extracción, han indicado la posibilidad de obtener un producto con las cualidades deseadas.

Los datos que se refieren al índice de solubilidad de nitrógeno, reflejan en los tres métodos de extracción estudiados, el tratamiento que sufrieron las proteínas de las semillas durante el procesamiento. Aunque ciertos autores (6,11) ponen en duda la validez de este índice, para evaluar el efecto del procesamiento sobre la calidad de la proteína de la semilla de algodón, los datos encontrados en el presente estudio indican que es una medida química de valor práctico en la evaluación del producto final.

Los resultados químicos encontrados con el material resultante de la extracción de las harinas de algodón con NaOH 0.02N del residuo son también interesantes. La menor cantidad de gósipol libre en el extracto y en el residuo al comparar con la harina completa se debe posiblemente a una destrucción de este pigmento debido al pH alcalino en que se llevó a cabo la extracción de las proteínas. Estudios llevados a cabo por Bressani y colaboradores (2,47) en el cual estudiaron el efecto del pH sobre el contenido de gósipol libre de diversas harinas de algodón, demostraron que del lado alcalino había una disminución gradual en el contenido de este pigmento, disminución ésta que alcanzaba su punto máximo a un pH de 12.

La cantidad de lisina disponible que se encontró en los extractos es una indicación de la calidad proteica de las harinas de las cuales se hizo la extracción.

Desde el punto de vista práctico y económico estos hallazgos tienen perspectivas muy promisorias, ya que la calidad nutritiva del extracto y del residuo son similares al comparar con la harina entera a excepción de la harina preparada por el proceso de prensa, el balance químico de la extracción de las proteínas indicó un resistimiento de 44.3% y de 30% a partir del material original para las harinas procesadas por solvente y por prensa-solvente. Estos hallazgos son interesantes ya que en este caso el contenido de gopiol en el extracto y en el residuo son más bajos al comparar con la harina entera, mientras que la cantidad de lisina disponible no se altera. Esto permitirá el uso más liberal de estos materiales en la alimentación humana y animal.

En lo que se refiere a los datos obtenidos en la experimentación biológica, los mismos confirman en parte a los resultados químicos encontrados. El menor incremento en peso de los animales y la baja eficiencia proteica encontrada en los grupos alimentados con el material procesado por el método de prensa, al comparar con los de prensa solvente y solvente es un reflejo del tratamiento que sufrió las proteínas durante el procesamiento.

La superioridad en ganancia o en peso y eficiencia proteica del grupo de animales que recibieron el material procesado por prensa-solvente, al comparar con el de solvente puede ser debido a la mayor cantidad de gopiol que posee este último.

De interés académico y práctico son los resultados biológicos obtenidos con la proteína soluble en NaOH y con los residuos. La similitud en valor nutritivo de estas dos fracciones al comparar con la harina entera, indican la posibilidad de utilización de los mismos como fuentes adicionales de proteínas, posibilitando así el aprovechamiento máximo de un subproducto adicional a partir de un material que ya es un sub-producto, como lo es la harina de algodón. Desde luego que para poner en práctica estos conocimientos se necesitaría un estudio más detallado de la parte química, principalmente en lo que se refiere a las condiciones óptimas de extracción de las proteínas, con el objeto de aumentar el rendimiento, y en consecuencia volverlo económicamente más factible.

Es también interesante hacer notar que en el caso de la harina obtenida por el método de prensa, el valor nutritivo del extracto es significativamente inferior al compararlo con la harina entera y el residuo.

Estos resultados pueden ser explicados en base al tratamiento drástico que recibieron las proteínas de la semilla durante la extracción del aceite, disminuyendo en parte la solubilidad de las proteínas y así mismo la cantidad de lisina disponible reflejada en la mala calidad nutricional como lo demuestran los resultados biológicos.

De gran importancia, en lo que se refiere a los objetivos del presente trabajo, son resultados obtenidos con los análisis estadísticos, de los diferentes parámetros medios.

Estos datos confirman la utilidad práctica de los diferentes métodos aquí usados en la evaluación del valor nutritivo de las distintas harinas de algodón estudiadas.

Aunque los resultados indican una buena relación entre la solubilidad de la proteína en medio alcalino y la cantidad de lisina o el índice de eficiencia proteica, lo cual está confirmado por el coeficiente de correlación de 0.73, es importante indicar que existe discrepancia en estas relaciones, sobre todo en el caso de las harinas de algodón obtenidas por solvente o pre-prensa solvente. La alta correlación puede ser debida a que en el grupo total de muestras estudiadas, la mayoría eran materiales de prensa y es posible que en este caso donde la solubilidad de la proteína más útil como índice de calidad nutritiva. El método de solubilidad es menos sensitivo para las harinas preparadas por solvente, indicado tanto por el análisis de lisina disponible y por el PER de los cuales no fueron diferentes entre la proteína de la harina entera, la extraída y la del residuo.

Esto amerita por consiguiente más investigación, pero se puede concluir que las harinas con alta solubilidad son mejores nutricionalmente que las de baja solubilidad.

La buena correlación encontrada entre la lisina disponible y el método biológico para determinar la eficiencia proteica, y así mismo entre la solubilidad de nitrógeno en Na OH y la eficiencia proteica, son de gran interés práctico ya que estos métodos químicos, son más económicos y más rápidos al comparar con las pruebas en animales. Así mismo la correlación positiva verificada entre la lisina disponible y el método para la solubilidad de nitrógeno demuestra la validez de este último en predecir el valor nutritivo de las harinas de semilla de algodón.

Por otro lado, la relación directa existente entre la cantidad de E-NH₂ lisina y el contenido de gósipol libre en la harina entera y en el residuo, puede ser interpretado como consecuencia de la menor reacción verificada entre este aminoácido y el gósipol durante el procesamiento en el caso de los métodos de solvente y de prensa solvente, y de una mayor reacción en el caso del proceso de prensa la ausencia de correlación para estos parámetros en el caso de los extractos es debido posiblemente a la destrucción del gósipol libre en el material debido al pH alcalino en que se llevó a cabo la extracción de las proteínas. De esta manera, la destrucción artificial de este pigmento como consecuencia en un desequilibrio en la relación, lisina-gósipol libre. Los datos obtenidos a este respecto, en la harina entera y en el residuo confirman este aseveramiento. Los análisis de variancia llevados a cabo en los diferentes parámetros utilizados en este trabajo, ratifican de una manera general las diferencias encontradas por otros investigadores (44), en lo que se refiere al efecto del procesamiento sobre el producto final. Estas diferencias permiten identificar con bastante seguridad el método industrial utilizado en la preparación del producto. A pesar de que el presente trabajo demuestra la utilidad práctica de los diferentes métodos utilizados en la evaluación nutricional de harina de algodón sería interesante, como ya se mencionó antes, que se llevaran

a cabo estudios más detallados en la fracción soluble en NaOH. La creciente demanda de proteínas de origen vegetal, justificaría plenamente el aprovechamiento de este material como se ha hecho con las proteínas de la soya (48), y así abrir más horizontes en la solución de este problema, de tan gran importancia económica y nutricional.

VI. CONCLUSIONES

1. Las harinas de semilla de algodón preparadas por los procesos de prensa-solvente y solvente, son superiores en valor nutritivo para animales monogástricos, que las harinas obtenidas por el método de prensa de tornillo.
2. La proteína soluble en NaOH, obtenida de las muestras preparadas por prensa-solvente y solvente tienen un valor nutritivo similar al material del cual fueron extraídas. Lo mismo sucede con la harina de semilla de algodón procesada por el método de prensa de tornillo.
3. Es posible el uso de esta proteína extraída, siempre y cuando se realizan estudios más detallados del método químico de extracción, con el objeto de volverla económicamente más factible.
4. En base de las correlaciones, estadísticas encontradas entre los métodos químicos y biológicos utilizados en el presente trabajo se recomienda el uso de los métodos químicos, principalmente al nivel industrial por su economía y rapidez.

VII. SUMARIO

Para el presente estudio se obtuvieron muestras industriales de harinas de semilla de algodón preparadas por los métodos de prensa de tornillo, prensa solvente y solvente.

Las muestras fueron analizadas por su composición química proximal, calcio, fósforo, hierro, gosipol libre, gosipol total, lisina disponible e índice de solubilidad nitrógeno en Na OH 0.02N.

Se llevaron a cabo ensayos biológicos con el objeto de estudiar el valor nutritivo de los diferentes materiales y correlacionarlos con los hallazgos químicos. El método biológico usado fue de eficiencia proteica. Una muestra de cada uno de los procesos estudiados fue extraída con NaOH 0.05N; el extracto y el residuo fueron liofilizados; y sometidas a los mismos estudios químicos y biológicos realizados en la harina entera.

Los resultados obtenidos indicaron que las muestras obtenidas por el proceso de prensa de tornillo, tienen más grasa, menos lisina disponible, un menor índice de solubilidad de nitrógeno y una eficiencia proteica más baja al comparar con las muestras preparadas por prensa y solvente, y solvente.

Los análisis estadísticos demuestran una correlación positiva entre eficiencia proteica y lisina disponible. Eficiencia proteica e índice de solubilidad de nitrógeno, así como entre lisina disponible y solubilidad de nitrógeno.

Los resultados obtenidos con los extractos y los residuos de las muestras obtenidas por el proceso de prensa-solvente y solvente indicaron que la lisina disponible y la eficiencia proteica siguen la misma tendencia encontrada en el material del cual fueron extraídos. Sin embargo en el caso del material preparado por el método de prensa de tornillo, el extracto resultó en una eficiencia proteica más baja al comparar con la harina entera y el residuo.

El contenido de gosipol libre fue más bajo en el extracto y en el residuo al comparar con la harina entera para todas las muestras estudiadas, lo que se explica por el pH alcalino en que fueron extraídas las proteínas.

Así mismo se recomienda un estudio más detallado del proceso de extracción de las proteínas de la harina de semilla de algodón, con el objeto de mejorar su rendimiento, y al mismo tiempo su posible uso como fuente adicional de proteínas.

En base a los resultados obtenidos se recomienda la utilización práctica de los métodos químicos usados para la evaluación de las harinas de algodón, principalmente el índice de solubilidad de nitrógeno en NaOH 0.02N por su rapidez y economía.

CUADRO No. 1

COMPOSICION DE LAS DIETAS PARA ENSAYOS BIOLOGICOS

Ingredientes	1-E	4-C	5-L	6-I	8-A	11-L	12-L	13-I	3-A	7-B	9-P	14-B	10-D	15-D
Harina de algodón en prueba	22.75	26.81	23.30	23.84	32.35	24.80	26.81	31.72	20.60	20.00	24.40	24.81	27.00	26.50
Minerales ¹	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Aceite de algodón	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Aceite de bacalao	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Almidón de maíz	67.25	63.19	66.70	66.16	57.65	65.20	63.19	58.28	69.40	70.00	65.60	61.59	63.00	63.40
Total	100.0													
Solución de vitamina (a) ml.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

1. Mezcla de minerales Hegsted (46).
2. Mead Johnson, Evansville, Indiana U.S.A.
3. Mannay Hange (45).

CUADRO No. 2

COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL Y CONTENIDO DE Ca, Fe y P

Muestra	Humedad grs. %	Grasa grs.%	Fibra cruda grs.%	Proteína grs. %	Calcio mgs. %	Hierro mgs. %	Fósforo mgs. %
<u>Proceso Prensa</u>							
1-E	7.8	13.3	5.7	44.1	355	12.3	472
2-p	8.4	5.4	9.5	41.0	262	10.0	464
4-C	4.0	5.4	17.4	37.3	302	12.7	483
5-L	6.3	4.6	12.2	42.9	236	7.8	478
6-I	8.4	4.0	13.4	41.8	265	7.7	508
8-A	9.8	4.7	13.2	30.5	264	8.6	483
11-L	4.2	4.2	16.4	40.4	263	9.2	513
12-L	9.4	6.2	15.7	37.3	230	9.4	482
13-L	10.2	4.4	12.5	31.5	263	8.5	480
Promedio	7.61	5.8	12.9	38.5	271	9.6	485
<u>Proceso Pre-prensa solvente</u>							
3-A	10.1	0.9	5.4	48.6	228	9.2	437
7-B	10.3	3.6	4.3	50.5	270	7.2	494
9-P	8.5	5.5	3.3	41.0	333	8.9	558
14-B	10.5	2.3	9.6	35.2	425	15.7	763
Promedio	9.9	3.1	5.7	43.8	314	10.2	563
<u>Proceso solvente</u>							
10-D	11.2	2.6	12.0	34.6	288	9.6	476
15-D	10.0	2.8	8.8	37.7	265	10.1	485
Promedio	10.6	2.7	10.4	36.2	276	9.8	480

CUADRO No. 3

CONTENIDO DE GOSIPOL LIBRE, GOSIPOL TOTAL, E-NH₂-LISINA
Y SOLUBILIDAD DE NITROGENO EN NaOH 0.02N

Muestra	Gosipol libre grs. %	Gosipol total grs. %	E-NH-lisina grs. 16 gN	N Solu- ble grs. %
		<u>Proceso</u>	<u>Proceso prensa</u>	
1-E	0.129	1.05	3.33	73
2-P	0.052	1.03	2.61	39
4-C	0.040	0.99	2.73	36
5-L	0.041	0.92	2.31	33
6-I	0.041	1.00	2.40	27
8-A	0.044	0.97	3.11	38
11-L	0.036	0.97	2.50	28
12-L	0.039	0.94	2.57	45
13-I	0.038	1.01	3.49	36
Promedio	0.051	0.99	2.78	39
		<u>Proceso Pre-prensa solvente</u>		
3-A	0.035	0.87	3.11	78
7-B	0.077	1.06	3.06	67
9-P	0.038	0.91	2.93	57
14-B	0.054	0.74	4.21	81
Promedio	0.051	0.90	3.33	71
		<u>Proceso solvente</u>		
10-D	0.129	0.95	3.93	69
15-D	0.133	1.01	3.57	79
Promedio	0.131	0.98	3.75	74

CUADRO No. 4

BALANCE DEL NITROGENO EXTRAIDO CON NaOH 0.05N
EN LAS DIFERENTES HARINAS DE ALGODON ESTUDIADAS

Proceso	Harina de Algodón Completa		
	7-B Prensa-solvente	13-1 Prensa	15-D Solvente
Peso Muestra g.	12.000	13.000	14.000
% Nitrógeno en Muestra	8.080	5.040	5.870
Peso Extracto g. ¹	5.985	1.875	3.755
% No. Extracto	7.180	3.410	6.500
% Extracción	44.300	9.700	30.000
Peso Residuo ¹	6.015	11.125	10.245
% No. Residuo	7.230	5.880	5.780
N. Total Extracto g.	430.000	64.000	244.000
N. Total Residuo	435.000	654.000	592.000
% N. recuperado	90.000	100.000	100.000

CUADRO No. 5

CONTENIDO DE GOSIPOL LIBRE, GOSIPOL TOTAL Y E-NH₂-LISINA
EN HARINAS DE ALGODON, EXTRACTOS Y RESIDUOS

Muestras	Gosipol libre grs. %	gosipol total grs. %	E-NH ₂ -lisina grs. %
<u>Proceso Prensa</u>			
13-I harina completa	0.038	1.01	1.10
13-I extracto	0.017	0.75	0.70
13-I residuo	0.028	0.957	1.17
<u>Proceso solvente</u>			
15-D harina completa	0.133	1.01	1.31
15-D extracto	0.092	0.784	1.37
15-D residuo	0.038	0.955	1.38
<u>Proceso pre-prensa solvente</u>			
7-B harina completa	0.077	1.06	1.55
7-B extracto	0.044	0.495	1.65
7-B residuo	0.058	0.907	1.71

CUADRO No. 6
CRECIMIENTO DE RATAS JOVENES
ALIMENTADAS CON HARINA DE ALGODON

Dietas	Proteína %	Peso Promedio Ganado		Proteína consumida g.	Eficiencia ¹ proteica
		Inicial g.	Aumentado g.		
<u>Proceso prensa</u>					
1-E	11.7	48	77	39.47	1.96
4-C	11.7	48	46	35.19	1.30
5-L	10.9	48	34	35.36	1.07
6-I	11.3	48	51	37.37	1.37
8-A	13.8	43	88	56.41	1.56
11-L	12.2	48	49	38.13	1.28
12-L	11.0	48	48	33.00	1.45
13-I	12.6	43	100	55.59	1.79
Promedio	---	--	62	---	1.47
<u>Proceso prensa solvente</u>					
3-A	12.3	48	76	42.65	1.78
7-B	12.2	48	88	47.56	1.86
9-P	13.2	43	115	58.63	1.97
14-B	13.2	43	139	62.90	2.21
Promedio	--	--	105	--	1.96
<u>Proceso solvente</u>					
10-D	13.4	48	76	43.50	1.75
15-D	13.1	43	93	51.21	1.82
Promedio	--	--	85	--	1.79
Caseína	10.6	48	112	39.32	2.86

(1) Eficiencia proteica = $\frac{\text{peso ganado}}{\text{proteína consumida}}$

CUADRO No. 7

CRECIMIENTO DE RATAS JOVENES ALIMENTADAS CON HARINA DE ALGO DON COMPLETA, PROTEINA SOLUBLE EN NaOH Y RESIDUOS

Dietas	Proteína %	Peso Promedio Ganado		Proteína consumida g.	Eficiencia proteica
		Inicial g.	Aumentado g.		
<u>Proceso Prensa</u>					
Harina completa	13.2	45	94	55.46	1.69
Extracto	13.2	45	8	20.58	0.44
Residuo	12.6	45	71	47.35	1.51
<u>Proceso prensa solvente</u>					
Harina completa	10.6	48	88	38.39	2.28
Extracto	13.0	48	117	55.11	2.14
Residuo	13.2	48	120	57.79	2.09
<u>Proceso solvente</u>					
Harina completa	11.5	48	98	47.57	2.06
Extracto	13.2	48	82	45.11	1.81
Residuo	12.9	48	117	57.34	2.03
Caseína	10.1	48	114	36.94	3.09

(1) Eficiencia proteica = $\frac{\text{peso ganado}}{\text{Proteína consumida}}$

CUADRO No. 8

CORRELACIONES ENTRE EFICIENCIA PROTEICA (PER) (1), E-NH₂-LISINA (2), GOSIPOL LIBRE (3) Y NITROGENO SOLUBLE EN NaOH (4) DE HARINAS DE ALGODON COMPLETA, DEL EXTRACTO Y RESIDUOS.

Harinas completas (15) ¹	Extractos (3) ²	Residuos (3) ²
$r_{1.2} = 0.72$		
$r_{1.3} = 0.36$	$r_{1.2} = 0.78$	$r_{1.2} = 0.84$
$r_{1.4} = 0.70$	$r_{1.3} = 0.64$	$r_{1.3} = 0.57$
$r_{2.3} = 0.55$	$r_{2.3} = 0.07$	$r_{2.3} = 0.71$
$r_{2.4} = 0.73$		
$r_{3.4} = 0.62$		

- (1) Número de harinas analizadas provenientes de los tres procesos estudiados, así distribuidas: proceso prensa: 9, proceso prensa solvente: 4; proceso solvente 2.
- (2) Número de extractos y residuos analizados así distribuidos: proceso prensa: 1; proceso prensa solvente: 1; proceso solvente: 1.

VIII. RECONOCIMIENTO

El presente trabajo se llevó a cabo en los laboratorios de la División de Química Agrícola y de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), y contó con el decidido apoyo del Dr. Ricardo Bressani, Jefe de la División.

Expreso mi sincero agradecimiento al personal de la División que de una u otra forma colaboraron en la culminación de este trabajo, y en especial al Lic. Luis Gonzaga Elías, quien me orientó debidamente e hizo realizable mi propósito.

BIBLIOGRAFIA

1. BRESSANI, RICARDO, RUIZ G., ELIAS y EDGAR BRAHAM. Coterised in Deuman Foods. Advances in chemistry series, No. 57. World protein resources 1966.
2. BRESSANI, R. LUIZ G. ELIAS, ROBERTO JARQUIN y J. EDGAR BRAHAM. All-Vegetable Protein mistures for Deuman Feeding. XIII Effect of Cooking Mustures Contaming. Cottonseed Flour on Free Gossypol Content. Food Technology, Vol: 18, No. 10, 95-99:1964.
3. PROTEIN ADVISORY GROUP, WHO/UNICEF/FAO. "Tentative analitay and processing guide, Cottonseed Protein Concentrate for Deuman Guide, Cottonseed Protein Concentrate for Deuman consmption" July 1965.
4. H. NEURATH, J.P. GREENSTEIN, F.W. PUTNAM, y J.O. ERICKSON, CHEM. Revs. 34, 157. 1944.
5. IRVIN E. LIENER. "Effect of Heat on Plant Proteins" in "Processed Plant Protein Foodstuffs", A.M. Altschul, ed., p 79-129. Headmic Press. New York, 1958.
6. ALTSCHUL, A.M., LYMAN, C.M. THURBER, F.H., "Cottonseed Meal" in "Processed Plant Protein Foodstuffs", A.M. Altschul, ed., p. 469-534, Academic Press, New York, 1968.
7. J.C. ARTHUR, Jr y H.G. MANY. Textile Research J. 19, 605 (1949).
8. H.S. OLCOTT y T.D. FONTAINE, Ind. Eng. Chem. 34, 714. 1942.
9. W.A. PONS, Jr., F.A. Thurber, y C.L. OFFPANMIR; J. Am-Oil Chemists. Soc. 32, 98. 1955.
10. C.M. HYMAN, W.Y. CHANG y J.R. COUCH, J. Nutrition 49, 679, 1953.
11. E.EAGLE, H.F. BIALEK, D.L. DAVIES y J.W. BRENNER, J. AM. Oil Chemists Soc. 33 115. 1956.
12. M.J. HORN, A.E. BLUK, y M.WOMACK, J. Nutrition, 52, 375, 1954.
13. J.L. MILIGEN y H.R. BIRD, PULTRY Sc. 30, 651. 1951.
14. C.A. CABELL y I.P. EARLE. J.Agr. Food Chem. 2, 787. 1954.

15. W.Y. CHEMG, J.R. COUCH, y C.M. LYMAN. J. Am. Oil Chemist' Soc. 32, 106. 1955.
16. C.M. LYMAN, W.Y. CHANG, y J.R. COUCH. J. Nutrition 49, 679. 1953.
17. C.R. GRAU y R.W. CARROL. "Evaluation of Protein Quality" in Processed Plant Protein Food Stribbs. "A.M. Altschull, ec., p. 153-189. Academi Press, New York, 1968.
18. MARTINEZ, W.H., FRAMPTON, V.L. CABELL, C.A. J. Agr. Food Chem. 9, 64-66-1961.
19. BALIGA, B.P., LYMAN, C.M., J. am. Oil Chemists'Soc. 34, 21-24. 1957.
20. LIMTH, F.H., YOUNG, C.T., SHERWOOD, F.W. J. NUTZ. 66, 393-409. 1958.
21. R.L. HARRIS y H.A. MATTIL, J. BIOL. Chem. 132, 477, 1940.
22. K.J. CARPENTER y G.M. ELLINGER. Biochem. J. 61, XI. 1955.
23. COUKERTON, E.J., FRAMPTON, V.L. Arch-Biochem. Biochys. 81, 130. 1959.
24. LYMAN, C.M., BALIGA, B.P.; SLAY, M.W. Arch. of Biochem. Biophys. 84, 486-497. 1959.
25. BRESSANI, R., JARQUIN R., y ELIAS, L.B. Cottonseed Flour-Tree anual total Gossypol, epritonanno lisine, and biological evaluation of cotton-seed meals and flours in Central America. Jour. Agr. and Food Chem. 12:278-282, 1964.
26. BRAHAM, J.E. ELIAS, L.G. y BRESSANI R. Factors affecting the nutritional quality of cottonseed meals. Jour. Food Sc., 30:531-537, 1965.
27. HORN, M.J., BLUM, A.E., WOMACK, M., GERSDORFF. CEF, J. Nutr. 48, 231-241. 1952.
28. MANN, G.E., CARTER, F.L., FRAMPTON, V.L., WATTS, A.B., JOHNSON, J.A.M. Oil Chemists Soc. 39, 86-90. 1962.
29. DYER, I.A., MORRISON, J.T., NICHOLSON, WIS, Jr., CRILLISON, A.E. J. Animal Science, 11, 465-473. 1952.
30. MILNER, J.J., CLOMER, W.B., NOLAND, P.R., STEPHENSON, E.L., J. Animal Sco. 14, 24-29. 1955.

31. TRAMPTON, V.H., CARTER, F.L., PICCOLO B., HEYWANG, B.W., J. Agr. Food Chem- 10 46-48. 1962.
32. LORENZ, F.W., POULTRY Sci. 18 295-300. 1939.
33. MILLIGAN, J.L., MACHLIN, L.J., BIRD, H.R. HEYWANG, B.W., Poultry Sci. 30, 578-586. 1951.
34. RICHARDSON, L.R., BLAYLOCK, L.G. Poultry Sci. 29, 651-655 (1950).
35. SHERWOOD, R.M., COUCH, J.R., Poultry Sci. 29, 501-507. 1950
36. CRAVIOTO, J., SOLOMO, Y., MORALES, M., WAMOS GALVAN, R., PEREZ NAVARRETI, J.L., Bol. Ofic. Sanit. Panam. 52, 122-129. 1962.
37. KAYE, R., BARNESS, L.A., VOLYA SEUI, A., KNAPP, J., Natl. Acad. Sci.- Natl. Res. Council, Publ. 843, 297-312. 1961.
38. A.O.A.C. "Official Methods of Analysis". Assoc. of official. Agr. Chemists, 7th. ed. Washington, D.C. 1950.
39. FISKE, C.H.; y SUBARROW, Y. The Colorimetric Determinations of Phosphorus. Biol. Chem. 66:375-400 (1925).
40. MOSS, M.L.; MELLON, M.G. Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 14, 862 (1942).
41. A.O.C.S. "Official and Tentative Methods" 2nd. ed. Am. Oil Chemists' Soc. Chicago. 1945-1950.
42. CONKERTON, E.J. y V.L. PRAMPTON. Reaction of gossypol with frees epsilon-amino groups of Lysine in proteins. Arch. Biochem. Biophys. 81: 130, 1959.
43. BIOLOGICAL EVALUATION OF PROTEIN QUALITY. 680-681. "Official Methods of Analysis". Assoc. of Official Agricultural Chemists. 9th. edition, Washington, D.C. 1960.
44. BRESSANI, R. ELIAS, L.G. Cambios en la composición química y valor nutritivo de la proteína de la harina de semilla de algodón durante su procesamiento. Manuscrito en preparación.
45. MANNA, L.; y S.M. HANGE. A Possible Relationship of Vit. B₁₃ to Orotic Acid. J. Biol. Chem. 202, 91. 1953.
46. HEGSTED, D.M.; R.C. MILLS; C.A. ELVEHJEM, y E.B. HART. Choline in the Nutrition of Chicks. J. Biol. Chem. 138, 459. 1941.

47. BRESSANI, R.; ELIAS, L.G. y BRAHAM, J.E. Effect of pH on the free gossypol level and nutritive value of cottonseed protein concentrates. Fed. Proc. 24: 626, 1965.
48. S.J. CIRCLE with D.W. JOHNSON. "Edible Isolated Soybean Protein" in "Processed Plant Protein Foodstuffs", A.M. Altschul, ed. p. 399-418. Academic Press. N.Y.

mo/