

Cambios en la composición química y en el valor nutritivo de la proteína de la harina de semilla de algodón durante su elaboración¹

RICARDO BRESSANI² Y LUIZ GONZAGA ELÍAS³

Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP),
Guatemala, C. A.

RESUMEN

Se da cuenta de un estudio efectuado con el fin de observar cambios en cuanto a composición química, contenido de gósipol libre y total, de lisina disponible y valor proteínico de la semilla de algodón, durante las diferentes etapas de su elaboración para obtener el aceite y la harina de semilla de algodón. Las muestras utilizadas en estos ensayos fueron obtenidas durante las diferentes etapas del proceso de extracción de aceite por los métodos de prensa y de pre-prensa solvente.

Los resultados indican que los cambios más importantes ocurren durante la fase de prensa de la semilla, cuando se observa en la torta un descenso significativo en el contenido de grasa, gósipol libre y lisina disponible. Durante esta misma operación ocurren incrementos en fibra cruda, proteína total y ceniza, pero el gósipol total permanece relativamente constante.

La harina obtenida con el proceso de pre prensa solvente presenta un contenido de 10 a 12% de grasa, cifra que con la extracción con hexano desciende a niveles de 2 a 4%. Sin embargo, este último tipo de harina acusa cierta tendencia a un mayor contenido de gósipol libre, aunque la lisina disponible es definitivamente más alta.

Los estudios biológicos realizados sólo con el material producido por el procedimiento de pre prensa solvente demuestran que, antes de pasar por

1 El trabajo aquí descrito se llevó a cabo con fondos provenientes de la Fundación W. K. Kellogg, con sede en Battle Creek, Michigan, EE. UU.

2 Jefe de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP).

3 Científico de la citada División.

Publicación INCAP E-394.

Recibido: 18-3-1968

la prensa, la harina es sumamente tóxica, toxicidad que disminuye conforme el material pasa de crudo a cocido, aun antes de haber sido sometido a prensa. Una vez el material atraviesa por esta fase de prensado, ya no ocurre mortalidad en los animales y, en general, su proteína mejora levemente en calidad cuando este mismo material pasa por el aparato que elimina las trazas del solvente.

Los estudios encaminados a determinar las relaciones entre las diferentes fases del proceso industrial y los componentes químicos de la harina de semilla de algodón sugieren que cuando la cantidad de agua en el material de la prensa oscila entre 8 y 9%, y en presencia de fibra cruda, la lisina disponible acusa valores más altos que los obtenidos con niveles menores de agua, si bien las concentraciones de gossypol libre, así como las de grasa, tienden a aumentar. Sin embargo, a partir de estas relaciones se estima que —previos estudios adicionales— con el método de prensa es posible producir harinas de semilla de algodón con niveles adecuados de gossypol libre, lisina disponible y grasa.

INTRODUCCION

En el curso de los últimos años ha surgido gran interés por utilizar la harina de la semilla de algodón en la elaboración de alimentos ricos en proteína para ser usados como suplementos de las dietas de consumo habitual de grandes sectores de la población de países en vías de desarrollo tecnológico, las cuales son inadecuadas en su contenido proteínico, tanto en cantidad como en calidad.

Dicha harina ha sido utilizada con éxito como fuente de proteína por diversos investigadores (1-5) cuando la calidad de ésta se ajusta a ciertos requisitos mínimos (6), y en estos casos la cantidad de ese ingrediente en las fórmulas ha variado entre 38% (7-10) y 19% (11). Asimismo, los informes en la literatura señalan que el uso de niveles hasta de 12% de harina de algodón mejora la calidad proteínica de preparados a base de arroz, de maíz y de trigo (24-26). A pesar de que ya se ha logrado elaborar varias fórmulas con harina de algodón, su uso todavía es bastante limitado. Ello se debe, sobre todo, a que no existen procesos económicos de elaboración que permitan producir, con el control requerido, harinas con niveles de no menos de 50% de proteína, gossypol libre en porcentajes que no excedan de 0.060% y cuyo contenido de lisina disponible sea de 3.6 g/16 gN. Además deben satisfacer otras especificaciones en cuanto a calidad (6).

El presente estudio se inició con el propósito de determinar los cambios que la semilla de algodón sufre en su composición

química y valor nutritivo durante el proceso a que se somete para extracción del aceite. Para esas finalidades se estudiaron los métodos industriales existentes en varias fábricas de tres países del Istmo Centroamericano, animados del deseo de que los resultados puedan servir de base para modificar la tecnología actual, a modo de que en el futuro puedan prepararse harinas de algodón de calidad superior.

MATERIAL Y METODOS

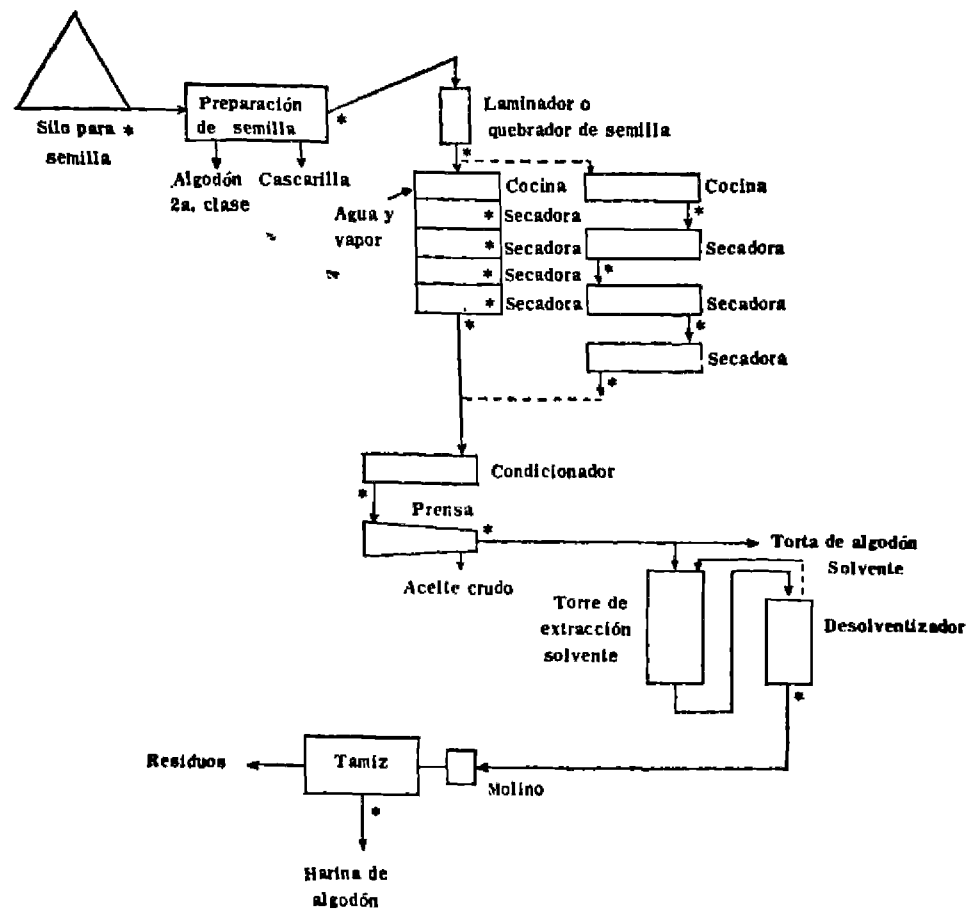
Durante un período de tres años se efectuaron visitas relativamente continuas a tres fábricas de Guatemala, una de El Salvador y una de Nicaragua, las cuales utilizan el método de prensa para extraer el aceite de la semilla del algodón, y otra en El Salvador que emplea el método de pre prensa solvente. Un esquema descriptivo del proceso, que esencialmente es el mismo para todas las fábricas, se presenta en la Figura 1, en cuya parte inferior se detalla parcialmente el proceso de pre prensa solvente.

En todos los casos se recolectaron muestras de 2 a 3 kg después de cada una de las operaciones identificadas con un asterisco en la Figura 1, principiando con la semilla y terminando con el producto final. Cuando la planta contaba con más de una prensa, se tomaron muestras de cada una de ellas.

Se estudiaron también algunas variaciones del proceso empleado comúnmente con el objeto de averiguar si estos cambios alteraban o no la composición química y el valor nutritivo del producto final. Estas variaciones consistieron en reducir la carga de las prensas, de lo normal, o sea 100%, hasta un 60%, y en el uso de la semilla con y sin cáscara, ya que usualmente se acostumbra procesarla con una cantidad de cáscara equivalente al 20%.

Para los estudios biológicos hechos en ratas se recogieron muestras de 10 kg, siguiendo el mismo procedimiento que para la recolección de aquellas destinadas a análisis químico. En todos los casos se usaron bolsas de polietileno que luego fueron selladas. Las muestras se llevaron al laboratorio, donde se almacenaron a una temperatura de 4°C hasta el momento de ser analizadas.

Para los ensayos biológicos se utilizaron ratas blancas de la raza Wistar de la colonia animal del INCAP. Se formaron



* Lugares donde se recolectaron muestras.

Incap 68-197

Fig. 1.—Esquema general del proceso de elaboración de la semilla de algodón.

grupos de 6 animales (3 machos y 3 hembras) para cada dieta experimental, alojándose en jaulas individuales con fondos levantados de tela metálica. Durante los 28 días del período experimental, los animales recibieron agua y alimento *ad libitum*, período en el que se llevó un registro semanal de su crecimiento e ingesta de alimento. Al término de los 28 días se evaluó la calidad nutricional de la proteína aplicando el método de la razón de eficiencia proteica del alimento ("Protein Efficiency Ratio" = PER).

Las dietas utilizadas eran todas isoproteicas e isocalóricas y, en términos de porcentaje, contenían además de la proteína de la semilla de algodón, en una cantidad equivalente al 10% de proteína, los siguientes ingredientes: aceite de hígado de bacalao, 1.4; sales minerales Hegsted (15), 4.0, y una solución de vitaminas (16), 5 ml. Para ajustar el contenido de calorías

de la dieta se usó aceite refinado de semilla de algodón, y almidón de maíz hasta completar 100 gramos.

Previo a iniciar los análisis químicos y biológicos, se molieron las muestras de torta obtenidas en la fábrica, a un grueso de 40 mallas, guardándose submuestras representativas en frascos de vidrio. Luego se procedió al análisis químico valiéndose de los métodos de la AOAC (12) para determinación de humedad, grasa, proteína, ceniza y fibra cruda. El contenido de gossipol libre y total se estableció según las técnicas de la AOCS (13) y la lisina disponible o grupos epsilon amino libres de la lisina de acuerdo al procedimiento de Conkerton y Frampton (14).

RESULTADOS

1. Composición química - Gossipol y lisina

Los resultados de los análisis químicos de las muestras recogidas en las cuatro fábricas que emplean el proceso de prensa se detallan en los Cuadros Nos. 1 a 4. Según se observa y es fácilmente comprensible, en todos los casos el contenido de aceite permaneció relativamente constante en las operaciones previas a someterlas a la prensa, fase esta última en la que se produce la expulsión del aceite del resto de los materiales de la semilla. Puede notarse que, en general, conforme la cantidad de grasa disminuye, la concentración de fibra cruda aumenta, casi siempre con un incremento brusco en el producto final. Tanto la concentración de proteína como la de ceniza tiende también a elevarse durante el proceso.

En cuanto a los cambios en el contenido de gossipol, se observa que éste permanece relativamente constante durante todo el proceso, pero no así en el caso del gossipol libre, que muestra una clara tendencia a disminuir. El cambio más notorio ocurre en las propias prensas, aun cuando ya desde la cocción de la semilla el nivel de gossipol libre ha descendido.

Por último, los grupos epsilon amino libres de la lisina permanecen relativamente constantes durante el proceso y es en la fase de prensado donde ocurren las pérdidas más significativas.

El Cuadro Nº 5 muestra los resultados correspondientes a las muestras de la fábrica salvadoreña que emplea el proceso de pre prensa solvente.

**CAMBIOS EN LA COMPOSICION QUIMICA DE LA SEMILLA DE ALGODON DURANTE EL PROCESO DE EXTRACCION
DEL ACEITE POR MEDIO DE PRENSA**
(Muestra A, colectada en Guatemala)

Muestra	Humedad %	Grasa %	Fibra cruda %	Ceniza %	Nitrógeno %	GOSI POL		Grupos epsilon amino libres de la lisina g/16 gN	Tempe- ratura °F
						Libre %	Total %		
Semilla entera	7.3	30.2	9.8	4.6	5.03	0.13	1.11	3.22	—
Semilla laminada	6.9	31.7	9.0	4.6	4.57	0.10	1.08	3.43	—
Después de: cocina* Nº 1	13.4	23.1	9.1	5.0	4.29	0.12	1.08	—	185
Nº 2	8.1	27.9	8.9	4.9	4.46	0.12	1.06	3.19	200
Nº 3	6.0	28.2	8.9	4.9	4.53	0.11	1.11	3.14	220
Nº 4	4.5	28.4	9.0	4.8	4.66	0.094	1.06	2.77	230
Después de: secadora	2.2	28.2	9.1	4.8	4.79	0.052	1.02	2.73	240
prensas** Nº 1	6.6	5.9	12.0	6.4	6.36	0.056	1.18	—	—
Nº 2	4.6	5.4	12.0	6.4	6.85	0.054	1.21	2.67	—
Producto final	5.6	5.7	12.0	6.4	6.61	0.055	1.20	3.10	—

* La cocina es parte del aparato donde se procesa la semilla por el método de prensa y consta de 4 secciones; la Nº 1 es la cocina propiamente dicha, y las 3 inferiores tienen la función de deshidratar el producto.

** Muestras correspondientes a dos prensas (Nº 1 y Nº 2).

CUADRO Nº 2

**CAMBIOS EN LA COMPOSICION QUIMICA DE LA SEMILLA DE ALGODON DURANTE EL PROCESO DE EXTRACCION
DEL ACEITE POR MEDIO DE PRENSA**
(Muestra B, colectada en Guatemala)

Muestra	Humedad %	Grasa %	Fibra cruda %	Ceniza %	Nitrógeno %	GOSI POL		Grupos epsilon amino libres de la lisina g/16 gN	Tempe- ratura °F
						Libre %	Total %		
Semilla laminada	7.2	33.6	5.2	5.1	5.31	0.13	1.25	—	—
Después de: cocina	8.7	30.2	9.8	4.7	3.74	0.14	1.07	3.78	190
Después de: secadora* Nº 1	6.8	29.0	10.3	4.6	4.16	0.14	1.06	3.56	210
secadora Nº 2	5.4	29.3	10.2	4.7	3.97	0.14	1.04	3.41	210
secadora Nº 3	4.9	28.4	11.9	4.6	3.95	0.14	1.02	3.46	245
Antes del condicionador	4.3	31.9	10.4	4.6	3.89	0.14	0.99	3.63	250
Después del condicionador	4.6	31.5	10.5	4.5	3.95	0.14	1.02	3.51	260
Después de la prensa	6.1	4.7	16.9	6.2	5.45	0.041	1.10	3.00	—
Producto final	5.0	4.7	16.5	6.2	5.33	0.044	1.08	2.47	—

* Este proceso, también de prensa, incluye una cocina; después de esta fase el producto pasa por tres secadoras (1, 2 y 3).

**CAMBIOS EN LA COMPOSICION QUIMICA DE LA SEMILLA DE ALGODON DURANTE EL PROCESO DE EXTRACCION
DEL ACEITE POR MEDIO DE PRENSA**
(Muestra C, obtenida en El Salvador)

Muestra	Humedad %	Grasa %	Fibra cruda %	Ceniza %	Nitrógeno %	GOSI POL		Grupos epsilon amino libres de la lisina g/16 gN	Tempe- ratura °F
						Libre %	Total %		
Semilla laminada	8.7	31.8	8.5	4.7	4.60	1.12	1.36	3.29	—
Serie I*									
Después de:									
cocina	10.3	30.9	7.4	4.8	4.78	1.02	1.32	3.41	200
secadora Nº 1	8.9	32.2	7.0	4.9	4.90	0.45	1.24	2.92	200
secadora Nº 2	6.7	32.7	7.6	5.0	4.76	0.39	1.15	3.04	230
secadora Nº 3	5.9	34.9	7.0	5.0	4.99	0.37	1.18	2.87	260
Serie II**									
Después de:									
cocina	9.4	31.4	8.4	4.7	4.49	1.08	1.32	2.99	200
secadora Nº 1	10.9	29.9	7.3	4.8	5.00	0.23	1.20	2.88	230
secadora Nº 2	9.0	31.7	7.5	4.8	5.04	0.18	1.28	2.72	210
secadora Nº 3	3.4	40.4	6.4	4.6	4.63	0.096	1.30	2.72	200
Serie I									
Después de:									
condicionador	4.1	33.5	6.9	5.1	4.70	0.36	1.17	3.04	240
Serie II									
Después de:									
condicionador	2.9	40.7	6.6	4.7	4.68	0.088	1.16	2.61	270-280
Serie I									
Después de:									
prensa	4.8	7.7	10.6	6.9	6.08	0.050	1.37	2.60	—
Serie II									
Después de:									
prensa	4.2	5.1	10.8	7.2	6.64	0.044	1.56	2.16	—
Producto final***	4.6	6.4	10.7	7.0	6.36	0.047	1.47	2.38	—

* Cocida con 80 lbs de agua por hora.

** Cocida con 150 lbs de agua por hora.

*** Representa una mezcla del material de la Serie I y de la Serie II.

CUADRO Nº 4

**CAMBIOS EN LA COMPOSICION QUIMICA DE LA SEMILLA DE ALGODON DURANTE EL PROCESO DE EXTRACCION
DEL ACEITE POR MEDIO DE PRENSA**
(Muestra recogida en Nicaragua)

Muestra	Humedad %	Grasa %	Fibra cruda %	Ceniza %	Nitrógeno %	GOSI POL		Grupos epsilon amino libres de la lisina g/16 gN	Tempe- ratura °F
						Libre %	Total %		
Semilla entera	7.0	29.8	10.0	4.4	4.84	0.91	1.02	—	—
Semilla laminada	6.5	36.4	3.3	4.9	5.13	1.01	1.01	3.58	—
Después de:									
cocina	10.0	31.3	7.6	4.4	4.23	0.89	1.07	3.61	190
secadora	7.6	32.3	8.2	4.5	4.63	0.87	1.02	3.07	165-250
condicionador*									
Nº 1	5.9	34.6	7.7	4.6	4.32	0.91	1.09	3.27	240
Nº 2	5.4	34.7	8.1	4.5	4.59	0.68	0.96	3.16	240
prensa Nº 1	7.0	7.8	12.3	6.2	5.81	0.053	0.78	2.82	—
prensa Nº 2	5.9	6.5	12.7	6.3	6.08	0.040	0.79	2.90	—
Producto final	6.2	8.0	12.0	6.3	6.08	0.056	0.82	3.06	—

* Parte superior de las prensas.

CAMBIOS EN LA COMPOSICION QUIMICA DE LA SEMILLA DE ALGODON DURANTE EL PROCESO DE EXTRACCION DEL ACEITE POR EL METODO DE PRE Prensa SOLVENTE
(Muestra procedente de El Salvador)

Muestra	Humedad %	Grasa %	Fibra cruda %	Nitrógeno %	GOSIPOL		Grupos epsilon amino libres de la lisina g/16 gN	Tempe- ratura °F
					Libre %	Total %		
Semilla entera	8.4	32.9	6.9	4.77	1.19	1.36	3.64	—
Después de: cocina	10.1	32.7	7.1	4.31	1.16	1.33	3.60	90
secadora	8.5	33.5	7.1	4.58	1.03	1.34	3.92	—
condicionador Nº 1	8.0	34.7	6.5	4.54	0.97	1.37	3.84	—
Nº 2	8.0	34.1	8.6	4.81	1.01	1.36	3.65	—
prensa Nº 1	10.4	13.1	9.0	5.28	0.14	1.13	3.65	—
prensa Nº 2	9.6	10.4	9.7	5.37	0.12	1.16	3.97	—
Antes de la torre	9.3	12.7	10.2	5.39	0.15	1.17	3.88	—
Después de la torre	9.4	3.2	11.4	6.71	0.12	1.14	3.58	—
Producto final	6.3	4.6	4.8	7.68	0.091	1.08	3.84	—

Los cambios en cuanto al contenido de grasa, fibra cruda, proteína y ceniza son parecidos a los notificados anteriormente (Cuadros Nos. 1 a 4), salvo que en este caso la concentración de grasa en el producto final es inferior, y la cantidad de proteína, superior. El gosipol total permanece también relativamente constante, y el gosipol libre disminuye, pero siempre menos que en las harinas producidas por prensa. Según pudo determinarse, la lisina disponible tampoco disminuye tanto con este proceso como con el de prensa. Sin embargo, sí se estableció una pequeña pérdida del aminoácido lisina durante la fase de desolventización de la harina, cuando la temperatura llega hasta 110°C.

Los resultados de algunas pruebas efectuadas con ciertos cambios en las condiciones de elaboración por pre prensa solvente se describen en el Cuadro Nº 6. Los datos revelan que, en efecto, ciertas condiciones son favorables y conducen a la producción de harinas de mejor calidad. Por ejemplo, la presencia de la cáscara aparentemente disminuye las cantidades residuales de gosipol libre y aumenta la lisina disponible. Asimismo, la reducción de la carga en el expulsor también tiene como resultado la producción de harinas con un menor contenido de gosipol libre y una mayor concentración de lisina.

2. Resultados biológicos

Los cambios observados en el valor nutritivo de la semilla durante las distintas fases de elaboración usando el método de pre prensa solvente se resumen en el Cuadro Nº 7. Como puede observarse, con las dietas preparadas con material obtenido de las cuatro primeras fases del proceso hubo una alta tasa de mortalidad en los animales, la cual decreció a partir de las raciones a base del producto recogido después de la etapa de cocción hasta la de los condicionadores. Los datos revelan también la ausencia de mortalidad en los animales que fueron alimentados con el material obtenido de las prensas, hasta el producto final.

La ganancia en peso que acusaron los animales cuya ración se preparó con el material de las prensas fue de 82, 85, 82, 81 y 79 g para las identificadas con los números 1, 2, 3, 4 y 5, respectivamente (Cuadro Nº 7). La eficiencia proteínica, en ese mismo orden, fue de 1.99, 2.03, 2.02, 1.99 y 1.95. La ca-

EFFECTO DE DIFERENTES CONDICIONES DE CARGA EN LAS PRESAS, SOBRE EL CONTENIDO DE GOSIPOL LIBRE Y DE LISINA DISPONIBLE DE LA HARINA DE ALGODON
(Proceso de pre prensa solvente)

Muestras	CARGA *			ALMENDRA ***	
	100%	75%	60%	Sin cáscara	Con cáscara
GOSIPOL LIBRE, mg/100 g					
Antes de la cocción	960	999	999	1250	900
Después de la cocción	960	985	985	1170	940
Después de:					
secadora	940	970	970	1190	940
condicionador	943	927	952	1047	923
prensa	123	106	82	142	121
Producto final**	91	58	47	92	68
Grupo epsilon amino libre de la lisina**	1.56	1.74	1.79	1.71	1.84

* Carga de semilla pasada por la prensa.

** Material molido a 80 mallas y con 50 % de proteína.

*** 100 %.

CUADRO Nº 7

EFFECTO DE LA ELABORACION POR EL METODO DE PRE PRESAS SOLVENTE SOBRE LA COMPOSICION QUIMICA Y EL VALOR NUTRITIVO DE LA SEMILLA DE ALGODON

Fase del proceso	Grasa %	Proteína %	GOSIPOL		Grupos epsilon amino libres de la lisina g/16 gN	Ganancia de peso g	Indice de eficiencia proteica	Mortalidad
			Libre %	Total %				
Almendra	31.8	31.9	1.10	1.110	3.14	—	—	36/36
Después de:								
cocina Nos. 1, 2 y 3	33.9	33.3	1.10	1.190	3.19	—12	—	30/36
secadora	33.9	32.1	1.02	1.140	3.19	—13	—	30/36
condicionador	35.6	33.0	0.975	1.110	3.07	—13	—	17/36
prensa Nº 1	8.07	42.3	0.050	0.672	3.37	82	1.99	0/36
prensa Nº 2	9.42	41.2	0.068	0.696	3.22	85	2.03	0/36
prensa Nº 3	7.83	42.1	0.055	0.723	3.43	82	2.02	0/36
prensa Nº 4	9.42	41.7	0.063	0.787	3.36	81	1.99	0/36
prensa Nº 5	7.53	42.5	0.047	0.753	3.25	79	1.95	0/36
Antes del molido	9.56	42.5	0.067	0.732	3.22	85	1.98	0/36
Después de torre de solvente	2.05	46.0	0.057	0.738	3.12	81	1.91	0/36
Producto final	2.43	49.3	0.066	0.849	3.33	89	1.93	0/36

Nº 1: La temperatura en la cocina varió de 190 a 200°F. — Nº 2: La humedad en la cocina varió de 10 a 11%. — Nº 3: La cantidad de cáscara de la semilla fluctuó entre 10 y 18%.

lidad del producto se mantuvo igual hasta el producto final, o sea hasta obtenerse la harina de algodón.

Los datos resultantes de la comparación del efecto de la carga de la prensa sobre el valor nutritivo de la semilla de algodón durante su elaboración se consignan en el Cuadro Nº 8. Según se aprecia, cuando la semilla se procesó bajo las condiciones de mayor carga en las máquinas, el aumento ponderal de las ratas fue menor y la lisina disponible también acusó los valores más bajos. Sin embargo, no se notó un mejor índice de eficiencia proteica debido al mayor consumo de los animales alimentados con la harina de más alto contenido de lisina. En lo referente a los parámetros restantes considerados en el estudio puede afirmarse que casi no se observó ninguna diferencia.

DISCUSION

Los resultados expuestos indican que, evidentemente, los mayores cambios en cuanto a la composición química de la semilla de algodón durante el proceso a que ésta se somete para extracción del aceite, ocurren durante la fase de su prensa. Con respecto al gosisol, los datos señalan que esta substancia principia a reaccionar y a ligarse a otros compuestos en la fase de secamiento de la semilla, después de la cocción, y que los mayores cambios tienen lugar también durante el prensado. Aun cuando en la semilla todo el gosisol está en forma libre y, por lo tanto, este valor debe ser igual al de gosisol total, algunas de las muestras de semilla laminada (hojuela) presentaron valores de gosisol libre significativamente inferiores a los de gosisol total. Es posible que ello se debiera a que las hojuelas fueron preparadas por lo menos 24 horas antes de ser sometidas a cocción y que las altas temperaturas ambientales, la actividad enzimática y la oxidación de las grasas fueran los factores responsables de estos cambios. Se observó que las hojuelas almacenadas, en vez de tener un color amarillo pálido, habían adquirido ya un tinte café oscuro, hecho sugerente de cierto grado de oxidación.

Los cambios observados en concentración de grasa, proteína y ceniza se debieron no sólo al proceso de extracción del aceite, sino también al hecho de que para reducir la proteína a las cantidades requeridas por el mercado los productores acostumbran agregarle cascarilla.

CUADRO Nº 8

EFFECTO DE LA CARGA EN LAS PRENSAS SOBRE EL VALOR NUTRITIVO DE LA SEMILLA DE ALGODON
DURANTE SU ELABORACION
(Proceso de pre prensa solvente)

Fase del proceso	Grasa %	Proteína %	GOSIPOL		Grupos epsilon amino libres de la lisina g/16 gN	Ganancia de peso g	Indice de eficiencia proteica	Mortalidad
			Libre %	Total %				
Producto final*	2.43	49.3	0.066	0.849	3.331	89	1.93	0/36
Producto final**	1.85	51.5	0.058	0.794	3.050	75	1.93	0/12

* Carga reducida en un 40% de lo normal.

** Carga normal.

La reducción en los niveles de lisina disponible que ocurrió durante el prensado se debe a la reacción de este aminoácido con el gopiol, tal como lo describen varios informes (19, 20), y a su reacción con los carbohidratos de la semilla (21). Desde luego, el proceso ideal sería aquel que ocasionase las menores reducciones de este aminoácido, el cual es deficiente en la proteína del algodón (22, 23) y que al mismo tiempo redujera los niveles de gopiol libre a niveles no tóxicos.

El proceso de pre prensa solvente parece ser superior al de sólo prensado en el sentido de que produce una menor destrucción de la lisina; sin embargo, no reduce en mucho los niveles de gopiol libre, ya que esta substancia no es soluble en el solvente empleado, el hexano. En aquellos casos en que el gopiol libre se reduce por este proceso, bien puede ser que alguna condición favorable haga que el gopiol libre sea expulsado con el aceite.

Los datos preliminares dados a conocer en este estudio sugieren que el contenido de cáscara y la menor capacidad de la prensa o de la carga en ésta producen menores pérdidas en el contenido de lisina. Es posible que la presencia de la cascarilla actúe como elemento refractario del calor que se produce durante el prensado, y de esta manera protege a la proteína de la semilla. Además, la consistencia fibrosa de la cascarilla permite que el aceite (grasa) fluya a través de ella arrastrando así el gopiol. Por otro lado, la menor carga de la prensa tiene como resultado harinas más favorables debido a que las temperaturas no son tan elevadas y también porque el material pasa más despacio, permitiendo así que el aceite sea expulsado a una velocidad menor. Estas explicaciones las corroboran los resultados de los experimentos cuyo propósito fue estudiar la importancia de estas variables. La presencia de la cascarilla en el producto final no es un inconveniente si la experimentación adicional demuestra que ésta protege la calidad de la harina durante el prensado. Posteriormente, esta cascarilla puede eliminarse por medio de tamización (27) o usando una corriente de aire.

Aun cuando es necesario realizar investigaciones debidamente controladas, los resultados obtenidos en este estudio con las muestras de todas las fábricas investigadas sugieren la existencia de cierta relación entre la humedad del material y cantidad de cascarilla o fibra presente, y la cantidad de grasa,

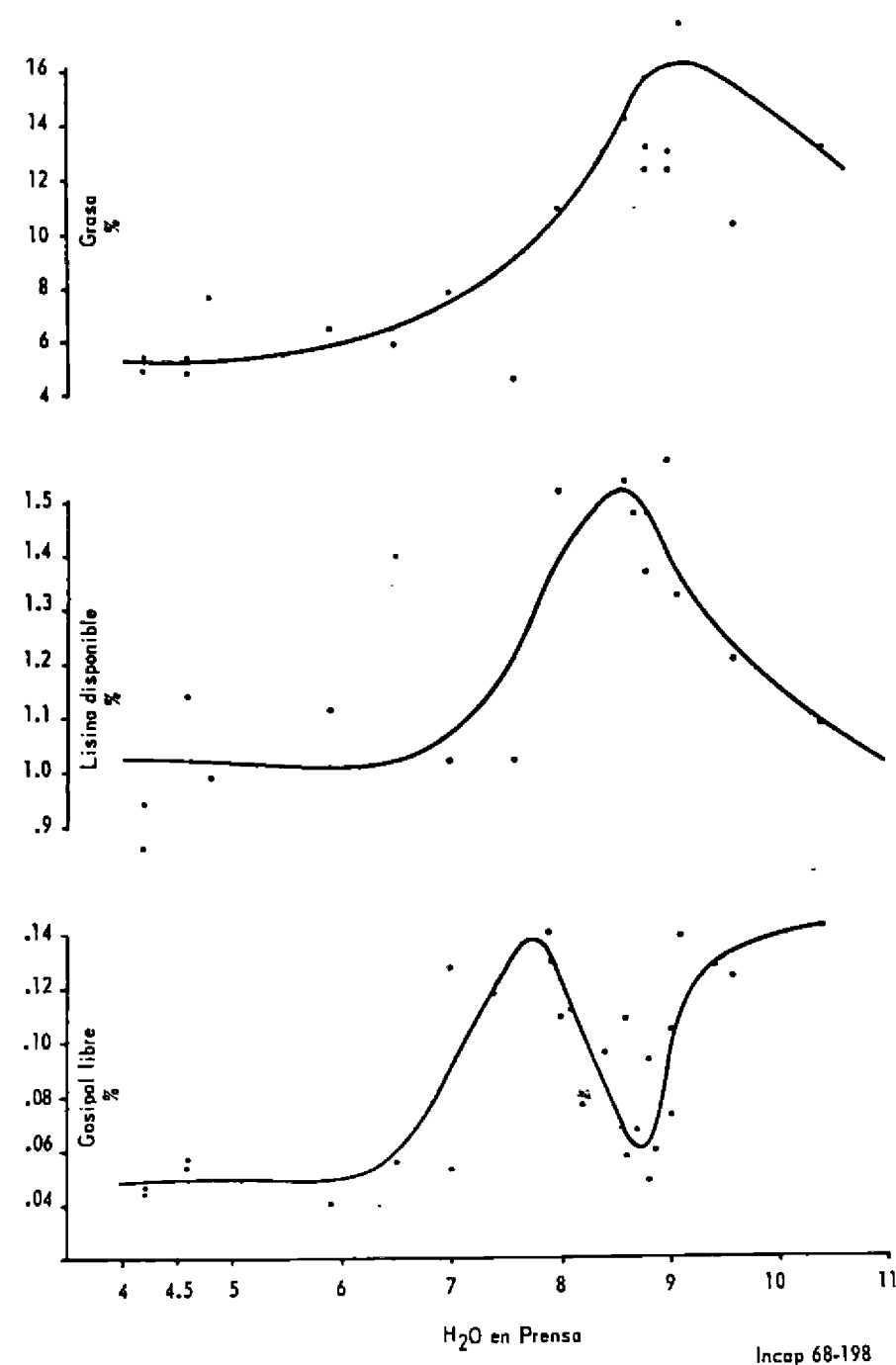


Fig. 2.—Relación entre el contenido de agua en el material de las prensas, y grasa, lisina y gopiol libre.

gospol libre y lisina disponible, como se indica en la Fig. 2. Por ejemplo, cuando el material en la prensa tiene más de 10% de fibra y de 8 a 9% de humedad, se obtienen valores que fluctúan entre 0.06 y 0.10% de gospol libre, niveles de 1.38 a 1.54% de lisina y aproximadamente de 12 a 16% de grasa. Sería, pues, de interés averiguar si en realidad existen estas relaciones para mejorar la calidad de la harina de algodón producida por el método de prensa.

Es probable que la gran mortalidad observada en los animales alimentados con las dietas preparadas a base del material obtenido en las primeras cuatro fases del proceso de elaboración de la semilla se haya debido en parte a la alta concentración de gospol libre de estas muestras. Sin embargo, es de interés señalar que esa mortalidad presentó una curva descendente a partir de la almendra hasta la fase del condicionador. Esta disminución gradual en mortalidad parece, pues, indicar que no es solamente el gospol el factor responsable de la muerte de los animales, ya que la cantidad de gospol libre era prácticamente igual en las cuatro primeras muestras del procesamiento. Es, pues, posible que existan otros factores tóxicos presentes en la semilla de algodón que son termolábiles, ya que la muestra correspondiente a la salida de los condicionadores es la que produjo la menor tasa de mortalidad. Es muy posible que estos otros factores tóxicos también sean pigmentos que —aun cuando presentes en menor cantidad— tienen una acción tóxica más concentrada. Otros investigadores (17) han informado sobre la presencia de otro pigmento tóxico en la semilla de algodón, denominado gosiverdurina. Según los resultados obtenidos por ellos, la gosiverdurina es el pigmento más tóxico que hasta la fecha ha podido encontrarse en la semilla de algodón. El valor de la dosis letal media (LD-50) encontrado fue de 0.66 g/kg de peso corporal, usando ratas como animales de experimentación.

Es también de interés observar que el valor nutritivo de las muestras obtenidas de las prensas en el proceso de pre prensa solvente es relativamente bueno y, por lo general, superior al del producto final. Bien puede ser que la pequeña pérdida en cuanto a valor proteico se deba al proceso de eliminación del solvente, en vista de que esto requiere el uso de altas temperaturas. En concreto, sin embargo, el estudio aquí descrito reveló que el proceso de pre prensa solvente es su-

perior al método de prensa solamente. Estos resultados corroboran los datos obtenidos por otros investigadores a este respecto (18, 28).

SUMMARY

Changes in chemical composition and protein quality of cottonseed during its processing to cottonseed flour

Studies were carried out to determine the changes occurring in the chemical composition, free and total gossypol, available lysine, and nutritive value of cottonseed during its processing.

The samples used in these studies were obtained at different stages of oil extraction from the seeds, by the screw press and pre-press solvent extraction methods.

The results obtained indicated that the most important changes in chemical components occurred at the expeller level, since a significant decrease in the fat, free gossypol and available lysine was observed. In this same operation there is an increase in the crude fiber, total protein and ash; however, total gossypol remains constant.

Cottonseed flour obtained by the pre-press solvent extraction method has an oil content between 10 to 12%, at the expeller level which decreases further to levels of 2 - 4% after hexane extraction.

This type of cottonseed flour has a tendency to have a higher free gossypol content than material prepared by pressing only, although available lysine is definitely higher.

The biological trials carried out with the material obtained from the pre-press solvent method, show that toxicity decreases as the material passes from the raw to the cooking stage. The material is no longer toxic after the expeller level.

The material from the expeller in the pre-press solvent process in general has a higher nutritive value than the material obtained after the desolventizing step, suggesting the need to lower the temperatures for solvent removal.

The chemical data from all samples for all processes studied show that when the water content at the expeller level varies between 8 and 9%, the available lysine content of the cake is higher than when moisture is lower although the free gossypol and fat content seems to increase. Taking into consideration these relationships, it is considered possible to obtain, by the screw press method, a cottonseed flour with an acceptable free gossypol, available lysine and fat content.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Cravioto, J., Y. Solano, M. Morales, R. Ramos Galván & J. L. Pérez Navarrete.—Estudios sobre nuevas fuentes de proteínas. Absorción y retención del nitrógeno de una dieta de harina de semillas de algodón. Bol. Ofic. Sanit. Panamer., 52: 122-129, 1962.
- (2) Frenk, S.—Biological value of some new sources of protein in Mexican malnourished children. In: National Research Council. Progress

- in meeting protein needs of infants and preschool children; proceedings of an International Conference held in Washington, D. C., August 21-24, 1960. National Academy of Sciences - National Research Council, 1961, p. 21-33. Publication 843.
- (3) DeMaeyer, E. M. & H. Vanderborgh. —A study of the nutritive value of proteins from different sources in the feeding of African children. *J. Nutrition*, 65: 335-352, 1958.
 - (4) Kaye, R., L. A. Barness, A. Valyasevi & J. Knapp. —Nitrogen balance studies of plant proteins in infants. In: National Research Council. Progress in meeting proteins needs of infants and preschool children; proceedings of an International Conference held in Washington, D. C., August 21-24, 1960. National Academy of Sciences - National Research Council, 1961, p. 297-312. Publication 843.
 - (5) Bressani, R., L. G. Elías, Silvia de Zaghi, L. Mosovich & F. Viteri. —The protein quality of cottonseed protein concentrate prepared by two different industrial processes. *J. Agr. Food Chem.*, 14: 493-496, 1966.
 - (6) Protein Advisory Group, WHO/FAO/UNICEF. —Tentative quality and processing guide. Cottonseed protein concentrate for human consumption. July, 1965.
 - (7) Bressani, R., A. Aguirre, L. G. Elías, R. Arroyave, R. Jarquín & N. S. Scrimshaw. —All-vegetable protein mixtures for human feeding. IV. Biological testing of INCAP vegetable mixture nine in chicks. *J. Nutrition*, 74: 209-216, 1961.
 - (8) Bressani, R., L. G. Elías, A. Aguirre & N. S. Scrimshaw. —All-vegetable protein mixtures for human feeding. III. The development of INCAP Vegetable Mixture Nine. *J. Nutrition*, 74: 201-208, 1961.
 - (9) Bressani, R., L. G. Elías & N. S. Scrimshaw. —All-vegetable protein mixtures for human feeding. VIII. Biological testing of INCAP Vegetable Mixture Nine in rats. *J. Food Sci.*, 27: 203-209, 1962.
 - (10) Bradfield, R. B. —The development of a low-cost high nutritive value food supplement for Peruvian children. In: Cottonseed protein for animal and man. Proceedings of a Conference. November 14-16, 1960. New Orleans, La., p. 22-29.
 - (11) Bressani, R., L. G. Elías, J. E. Braham & M. Eroles. —Vegetable protein mixtures for human consumption. The development and nutritive value of INCAP Mixture 15, based on soybean and cottonseed protein concentrates. *Arch. Latinoamer. Nutrición*, 27: 177-195, 1967.
 - (12) Association of Official Agricultural Chemists: Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists. 7th ed., Washington, D. C., 1950.
 - (13) American Oil Chemists' Society. Official and Tentative Methods of the American Oil Chemists' Society. 2nd. ed., Chicago, Ill., 1945-1950.
 - (14) Conkerton, E. J. & V. L. Frampton. —Reaction of gossypol with free ϵ -amino groups of lysine in proteins. *Arch. Biochem. Biophys.*, 81: 130-134, 1959.
 - (15) 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.
 - (16) Manna, L. & S. M. Hauge. —A possible relationship of vitamin B₁₂ to orotic acid. *J. Biol. Chem.*, 202: 91-96, 1953.
 - (17) Lyman, C. M., A. S. El-Nockrashy & J. W. Dollahite. —Gossyverdurin: a newly isolated pigment from cottonseed pigment glands. *J. Am. Oil Chemists' Soc.*, 40: 571-575, 1963.
 - (18) Mann, G. E., F. L. Carter, V. L. Frampton, A. B. Watts & C. Johnson. —Evaluation of cottonseed meals prepared by extraction with acetone-hexane-water mixtures. *J. Am. Oil Chemists' Soc.*, 39: 86-90, 1962.
 - (19) Baliga, B. P. & C. M. Lyman. —Preliminary report on the nutritional significance of bound gossypol in cottonseed meal. *J. Am. Oil Chemists' Soc.*, 34: 21-24, 1957.
 - (20) Smith, F. H., C. T. Young & F. W. Sherwood. —Effect of bound gossypol on the growth-promoting properties of cottonseed, soybean and peanut meals. *J. Nutrition*, 66: 393-409, 1958.
 - (21) Martínez, W. H., V. L. Frampton & C. A. Cabell. —Effects of gossypol and raffinose on lysine content and nutritive quality of proteins in meal from glandless cottonseed. *J. Agr. Food Chem.*, 9: 64-66, 1961.
 - (22) Braham, J. E., L. G. Elías & R. Bressani. —Factors affecting the nutritional quality of cottonseed oil meals. *J. Food Sci.*, 30: 531-537, 1965.
 - (23) Adriaens, E. L. & E. J. Bigwood. —Contribution à l'étude de la composition en acides aminés de la matière protéique de la graine de coton. *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 36: 579-583, 1954.
 - (24) Elías, L. G., R. Jarquín, C. Albertazzi & R. Bressani. —Suplementación del arroz con concentrados proteicos. *Arch. Latinoamer. Nutrición* (en prensa).
 - (25) Jarquín, R., P. Noriega & R. Bressani. —Enriquecimiento de harinas de trigo, blanca e integral, con suplementos de origen animal y vegetal. *Arch. Latinoamer. Nutrición*, 16: 89-103, 1966.
 - (26) Bressani, R. & E. Marengo. —The enrichment of lime-treated corn flour with proteins, lysine and tryptophan, and vitamins. *J. Agr. Food Chem.*, 11: 517-522, 1963.
 - (27) Bressani, R., R. Jarquín & L. G. Elías. —Free and total gossypol, epsilon-amino lysine, and biological evaluation of cottonseed meals and flours in Central America. *J. Agr. Food Chem.*, 12: 278-282, 1964.
 - (28) Bacigalupo, A., J. Zamora, M. Lara, T. Scarpati, J. Valle-Riestra & C. Widmar. —La producción en escala piloto de semillas de algodón de alto valor biológico. *An. Cient. Univ. Agraria (Lima)*, 3: 164-189, 1965.