

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

HARINA DE SEMILLA DE ALGODON  
APTA PARA CONSUMO HUMANO OBTENIDA  
POR EL SISTEMA DE EXTRACCION V. D. ANDERSON

T E S I S

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA

DE LA

FACULTAD DE INGENIERIA

DE LA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

P O R :

JOSE LUIS MONZON LAGO

EN EL ACTO DE SU INVESTIDURA DE

INGENIERO QUIMICO

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC  
DEPOSITO LEGAL  
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 1968.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca

DL  
08  
T (34)  
C-5

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

DECANO	INGENIERO AMANDO VIDES T.
VOCAL PRIMERO	INGENIERO OTTO E. BECKER M.
VOCAL SEGUNDO	INGENIERO FRANCISCO UBIETO B.
VOCAL TERCERO	INGENIERO LEONEL PINOT L.
VOCAL CUARTO	BACHILLER ROLANDO LLOVERA L.
VOCAL QUINTO	BACHILLER VICTOR HUGO GONZALEZ W.
SECRETARIO	INGENIERO JORGE LAZO

TRIBUNAL QUE PRACTICO  
EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	LIC. RAFAEL LETONA
VOCAL PRIMERO	DR. PEDRO SOLE C.
EXAMINADOR	ING. MARCO A. KOPP
EXAMINADOR	ING. J. JOAQUIN BAYER
SECRETARIO	ING. RICARDO DIAZ D.

### RECONOCIMIENTO

Este trabajo se logro desarrollar gracias a la orientación del Ing. Carlos Farner, Dr. Ricardo Bressani y la desinteresada colaboración de Industria de Oleaginosas de Escuintla, S. A., quienes permitieron usar su equipo para fines experimentales.

## C O N T E N I D O

I	Objetivo	1
II	Sumario	2
III	Introducción	3
IV	Teoría	4
V	Experimento	15
VI	Diagrama del Proceso	17
VII	Tablas de Resultados	18
VIII	Discusión de Resultados	29
IX	Conclusiones	34
X	Apéndice	36
XI	Bibliografía	38

## I OBJETIVO

Obtener harina de semilla de algodón de 70% de Proteína soluble con semilla producida en Guatemala, procesada en una planta extractora de aceite que emplea el sistema: Laminado—Cocinado—Secado, y en que el aceite se expela con prensas de tornillo.

## II SUMARIO

Este trabajo es el resultado de una serie de ensayos que se hicieron en una fábrica equipada con maquinaria de extracción de aceite manufacturada por la V.D. Anderson. Se trató de encontrar hasta que punto se podrían reducir los efectos desnaturalizadores de la proteína de la harina de Semilla de Algodón en las distintas etapas del proceso, para obtener un porcentaje mínimo de 70% de proteína soluble.

Se sabía que la alta temperatura era la variable que más efecto desnaturalizante producía. Por lo tanto se hicieron varias corridas disminuyendo la temperatura en las diferentes etapas del proceso y aumentando la humedad. Los mejores resultados se obtuvieron cocinando con una humedad de 16% y secando hasta una humedad de 7% antes de entrar al expeller. Se logró aumentar la solubilidad de la proteína de un 25% en la harina procesada normalmente hasta un 63.2%.

Debido a las dificultades de controlar ciertas variables ya que el equipo donde se hicieron las pruebas es de capacidad industrial no se logró obtener la solubilidad de 70%; sin embargo, no es la última palabra y el camino está abierto para mayores y más exhaustivas investigaciones que probablemente conduzcan a resultados absolutamente positivos.

### III INTRODUCCION

La escasez de alimentos ha sido uno de los problemas más graves que ha afrontado la humanidad. Desafortunadamente no es mucho lo que se ha avanzado para solucionarlo, y las perspectivas de eliminarlo son definitivamente desalentadoras. Hoy día hay más de 300 millones de niños que, por falta de calorías y proteínas suficientes sufren un grave retardo en su crecimiento y desarrollo físico, y para muchos de ellos es posible que también se alteren su desarrollo mental, su capacidad de aprender y su conducta; asimismo, las deficiencias de proteínas y calorías afectan directamente la salud y productividad económica de las poblaciones adultas. Esas deficiencias de la nutrición, perjudiciales tanto para las generaciones presentes como para las futuras, son impedimentos inherentes que deben corregirse.

Ante esta situación, cualquier intento para aliviar la deficiencia nutricional que azota al hombre debe ser tomado en cuenta, y la investigación orientada en este sentido considerada como de vital importancia.

Guatemala es uno de los países que cuenta con una dieta alimenticia especialmente pobre y el índice de aumento de población es uno de los más altos.

Las proteínas son uno de los constituyentes básicos e indispensables de la alimentación humana, y sin embargo, son los nutrientes ricos en ellas los que se consumen en menor proporción. Ello no es de extrañar si tomamos en cuenta que son éstos

tos los de precio más elevado. De manera que no estaremos mal encaminados si dirigimos nuestros pasos hacia las fuentes locales de sustancias con al to contenido de proteínas.

La semilla de algodón que en Guatemala se produce en cantidades considerables contiene un porcentaje satisfactorio de proteína por lo que constituye una materia prima con excelentes posibilidades de contribuir a solucionar por lo menos parcialmente, el problema nutricional.

Los fabricantes de grasas comestibles consumen anualmente aproximadamente 100,000 toneladas de semilla de algodón, de donde se obtiene como subproducto principal, más o menos 45,000 toneladas de lo que se conoce como harina de algodón.

Las industrias procesadoras de semilla de algodón están interesadas primordialmente en el aceite que se obtiene de ella, considerándose la harina un subproducto de bajo precio que es utilizado principalmente como forraje para rumiantes.

Lamentablemente, y a pesar de que dentro de los aminoácidos componentes de las proteínas de este producto, se encuentran los esenciales, nuestra harina de semilla de algodón no es apta para consumo de animales monogástricos.

Todas las fábricas de aceite de algodón de Guatemala trabajan con el sistema de extracción mecánica, o sea, que se somete a la semilla previamente preparada a altas presiones con lo cual el aceite es expelido de la misma. Es particularmente



este sistema el que, debido a las condiciones en que opera, produce ciertos cambios estructurales en las moléculas de proteína los que la hacen inapropiada para consumo humano. La harina que se obtiene con el sistema termomecánico, a pesar de su alto contenido de proteína, no es apta para el consumo de animales monogástricos como el hombre, debido a que por efecto de las elevadas temperaturas a que se somete durante el procesamiento, la proteína se ha desnaturizado casi totalmente.

Dado que hay en Guatemala cuatro fábricas que emplean el sistema, mencionado, se pensó en las posibilidades de modificar las condiciones determinantes en la desnaturización de las proteínas de la semilla, de tal manera que se lograra obtener un producto que reuniera las características de solubilidad necesarias para poder usarse como complemento nutritivo de mezclas tales como la INCA-PARINA que contiene 38% de harina de algodón.

## IV TEORIA

### A- Generalidades.

#### 1. Proteína.

Las proteínas son sustancias complejas producidas por los seres vivos y asociados a su existencia. Su nombre deriva de la palabra griega "protos", que significa: "de la mayor importancia". Deben desempeñar un papel fundamental en la dieta humana junto con los carbohidratos y las grasas.

Químicamente hablando las proteínas son gigantescas moléculas formadas principalmente por combinación de muchas unidades de aminoácidos que pueden obtenerse como productos finales de la descomposición hidrolítica de las mismas. El proceso hidrolítico es biológicamente reversible pues los tejidos animales se reconstruyen partiendo de los aminoácidos.

Mientras los carbohidratos contienen en su composición elemental carbono, oxígeno e hidrógeno; las proteínas cuentan además con: nitrógeno, usualmente azufre y algunas veces fósforo.

El promedio de la composición de una proteína es: 51% carbono, 24% oxígeno, 16% nitrógeno, 7% Hidrógeno, 1% azufre y 0.4% fósforo.

Las proteínas son elementos vitales de las células, son esenciales para el crecimiento y la reparación de los tejidos corporales y desempeñan una función importante en los sistemas hormonales y enzimáticos. Existen centenares de variedades

distintas en el cuerpo y cada una desempeña una función definida. Las proteínas pueden utilizarse en parte como combustible, aunque no sean en principio elementos energéticos como los carbohidratos.

## 2. Aminoácidos.

Los aminoácidos como su nombre lo indica, son compuestos hidrocarbonados que tienen un grupo amino y un grupo ácido. El ácido puede ser de tipo carboxílico, sulfónico, etc, mientras que el grupo amino puede ocupar cualquier posición en la molécula: alfa, beta, epsilon etc., por lo que el campo de los aminoácidos es muy extenso; sin embargo, para lo que aquí interesa, se tratará únicamente de los aminoácidos esenciales.

Los resultados de los experimentos que sobre nutrición se han realizado muestran que, para alcanzar un desarrollo normal en los animales jóvenes y mantener el estado de salud en los adultos, deben hallarse presentes en la dieta ciertos aminoácidos. Estos son los llamados aminoácidos esenciales. Los otros pueden sintetizarse en el organismo animal partiendo de las proteínas.

La supresión de cualquiera de los aminoácidos esenciales en la dieta provoca la aparición de una o más manifestaciones de desnutrición. Los aminoácidos esenciales son: Treonina, Triptofano, Arginina, Histidina, Leucina, Isoleucina, Lisina, - Metionina, Fenilalanina y Valina.

Hay algunos como la Arginina, que se produce en el organismo animal, pero la velocidad con que se forma es insuficiente para permitir un desa-

rrollo normal; por eso, parte de ella debe ser suministrada con los alimentos.

B- La semilla de Algodón.

1. Estructura elemental.

No se intenta hacer aquí, una exposición detallada de la composición y características de la semilla de algodón porque para los fines que persigue este trabajo no es necesario.

Se hará pues, únicamente una descripción somera de las partes esenciales que la componen.

Borra o "Linters". Cuando es recibida en las plantas que la procesan, la semilla está cubierta de una densa capa de fibra corta que ha quedado remanente después de remover más o menos el 91% de la fibra que originalmente tenía. Esta fibra corta es conocida como borra y también se le da el nombre de "linters" (de su nombre en inglés).

Cáscara. Debajo de la capa de borra, está la cáscara: material de color oscuro que forma la cubierta externa que encierra y protege la almendra.

Químicamente la cáscara consiste de tres -componentes principales que son: Pentosano, celulosa y lignina. También contiene en pequeñas proporciones grasa, minerales, proteína y taninos.

Almendra o "carnes". La almendra, es con mucho, la parte más importante de la semilla y contiene principalmente: Proteína, aceite, pigmentos, carbohidratos, compuestos de fósforo, minerales, com

puestos de nitrógeno no proteícos, vitaminas y ácido láctico.

## 2. Proteínas de la semilla de algodón.

Originalmente, la semilla contiene un porcentaje de proteína que varía entre 19 y 21 según la región de procedencia, humedad, clase o tipo, cantidad de borra etc.

Actualmente se han aislado de ella: globulinas, proteínas de pentosa, glutelinas, fosfoproteínas y alérgenos.

De los 21 aminoácidos que componen las proteínas en la semilla de algodón se encuentran 16. Y dentro de estos 16 están los 10 llamados "esenciales". Es por ello que potencialmente la semilla de algodón representa un alimento de elevado poder nutricional.

En la harina de algodón obtenida exclusivamente por el sistema termomecánico, (usando solamente prensas para extraer el aceite) la proporción de proteína se ha elevado hasta 41% aproximadamente, sin embargo, ha sufrido cambios que disminuyen su valor nutritivo considerablemente.

Durante el procesamiento de la semilla, y específicamente de la almendra, la proteína ha sufrido alteraciones al combinarse con carbohidratos, pigmentos y otros componentes de la semilla, además se efectúan interacciones que la hacen inaccesible a la acción digestiva de los animales monogástricos.

Esas transformaciones que deterioran —des de el punto de vista nutricional— a la proteína, se conocen como desnaturalización, y pueden medirse por la pérdida de solubilidad de la proteína.

### 3. Aceite de semilla de algodón.

El aceite de la semilla de algodones un miembro del grupo de aceites vegetales cuyos ácidos grasos consisten sustancialmente de cadenas hidrocarbonadas de 16 a 18 átomos de carbono y que no contienen más de dos dobles uniones. Sus características lo hacen apropiado para la fabricación de grasas comestibles, aceite para cocinar y margarina.

El aceite de semilla de algodón contiene principalmente triglicéridos que son esterres del glicerol, ácidos grasos, alifáticos monobásicos, glicéridos, fosfátidos y esteroides.

El análisis del aceite revela una elevada proporción de ácido linoléico, palmítico y oleico, cuya variación es mínima.

La industria de aceite de semilla de algodón y sus derivados, ocupa un lugar muy importante en casi todas las regiones del mundo.

### 4. Pigmentos de semilla de Algodón.

El sistema de pigmentos de la semilla de algodón da lugar a problemas técnicos que no se encuentran en otras semillas oleaginosas. El contenido de ellos es muy alto y variado además la mayo

ría de estos pigmentos son polifenoles complejos que se encuentran dentro de los compuestos orgánicos más inestables y fácilmente se convierten en productos de degradación profundamente coloreados.

La mayoría de los pigmentos están contenidos en estructuras morfológicas conocidas como "glándulas de los pigmentos" que son peculiaridad de la semilla de algodón.

Las propiedades de dichas glándulas son un factor determinante de la pigmentación de los productos obtenidos por procesamiento de la semilla.

Los pigmentos de la semilla de algodón son: Gosipol que es el más importante. Llega a encontrarse en proporciones de hasta 2% en peso en la almendra. Este contenido varía según la especie, variedad, región de siembra, estado de desarrollo, y condiciones y tiempo de almacenamiento de la semilla. Hay además otros pigmentos como flavonas, antocianinas, carotenoideas, clorofila, pigmentos de resina, etc., pero se encuentran en mucho menor cantidad. Su variación está afectada por los mismos factores que el Gosipol.

La pigmentación de los productos de la semilla de algodón es tan variable, como la de ésta antes del procesamiento.

Dada la inestabilidad de estos pigmentos polifenólicos, es difícil concebir su existencia dentro de la semilla sin la protección de las paredes de las glándulas que los mantiene aislados y libres del contacto con los tejidos extraglandulares de la semilla. Estas paredes son tan fuertes y resistentes, que aún bajo las fuertes presiones y estiramiento a que son sometidas durante el procesamiento de la semilla, es muy reducido el número de glándulas que se rompen previamente a la acción del cocinamiento.

Dichas paredes son además resistentes a la acción de la mayoría de los líquidos, excepto el agua, y algunos solventes orgánicos de bajo peso molecular que son miscibles en agua.

El solo contacto de las glándulas de pigmentos con el agua produce ruptura inmediata de las paredes y es tal su sensibilidad a la humedad, que es afectada hasta por trazas de la misma. Los efectos de la humedad sobre las glándulas son mayores a elevadas temperaturas.

La alteración de los pigmentos y su distribución final entre afrecho y aceite, están determinadas por la pigmentación original y las condiciones de humedad y temperatura provistas durante el proceso.

Cuando la semilla se sujeta a calentamiento mínimo, como en el caso de extracción de aceite por solvente, de semilla no cocinada, los pigmentos de los productos son esencialmente los mismos que en la semilla original, y su distribución depende de las condiciones de la pared glandular y la so-



lubilidad relativa de los pigmentos en el aceite.

La pigmentación del aceite y el afrecho obtenidos por el sistema de prensado, lo mismo que por extracción con solvente de semilla cocinada está controlada por las condiciones de cocción. Cuando la semilla se trata con grandes cantidades de humedad antes de cocinarla, los pigmentos intraglandulares se someten a la acción del calor mientras están en solución en el aceite, y en contacto con los componentes activos del tejido extraglandular. Cuando la semilla que ha sido humedecida ligeramente, se calienta o cuando se humedece después de calentarla, los pigmentos intraglandulares se someten a la acción del calor mientras están dentro de un medio relativamente inerte. (La glándula)

Como puede apreciarse, la pigmentación del afrecho, depende principalmente del contenido de humedad durante el calentamiento, y varía ampliamente.

Debido a que la mayoría de las glándulas se rompen finalmente durante el período de cocinamiento que usualmente es prolongado, la distribución de los pigmentos en afrecho y aceite obtenidos por los métodos ya citados; está determinada por sus solubilidades en el aceite de semilla de algodón o en la mezcla aceite-solvente.

Durante el cocinamiento de la semilla de algodón ocurre una reacción muy importante según la teoría del gozipol combinado: el gozipol se une a la proteína, bajo la influencia del calor, con un radical libre carboxilo o amino. El compuesto asífor

mado, se dice que es estable y fisiológicamente ino  
cuo.

## V EXPERIMENTO

### I. Introducción.

Antes de entrar a describir lo que podemos llamar propiamente la parte experimental de este trabajo, conviene hacer algunas aclaraciones: La planta en que se hicieron las pruebas es una planta INDUSTRIAL QUE NO ES precisamente lo más indicado para experimentar, esto se comprende fácilmente viendolo desde el punto de vista económico y porque la producción y rendimientos son afectados adversamente. Debido a esto, el tiempo de los ensayos es limitado, lo mismo que su número.

Por otro lado, la planta donde se hizo el trabajo usa el sistema V.D. Anderson, el cual está diseñado de tal modo que es muy difícil no solo lograr, sino también mantener las condiciones de temperatura y humedad para los fines que se buscaban en este trabajo.

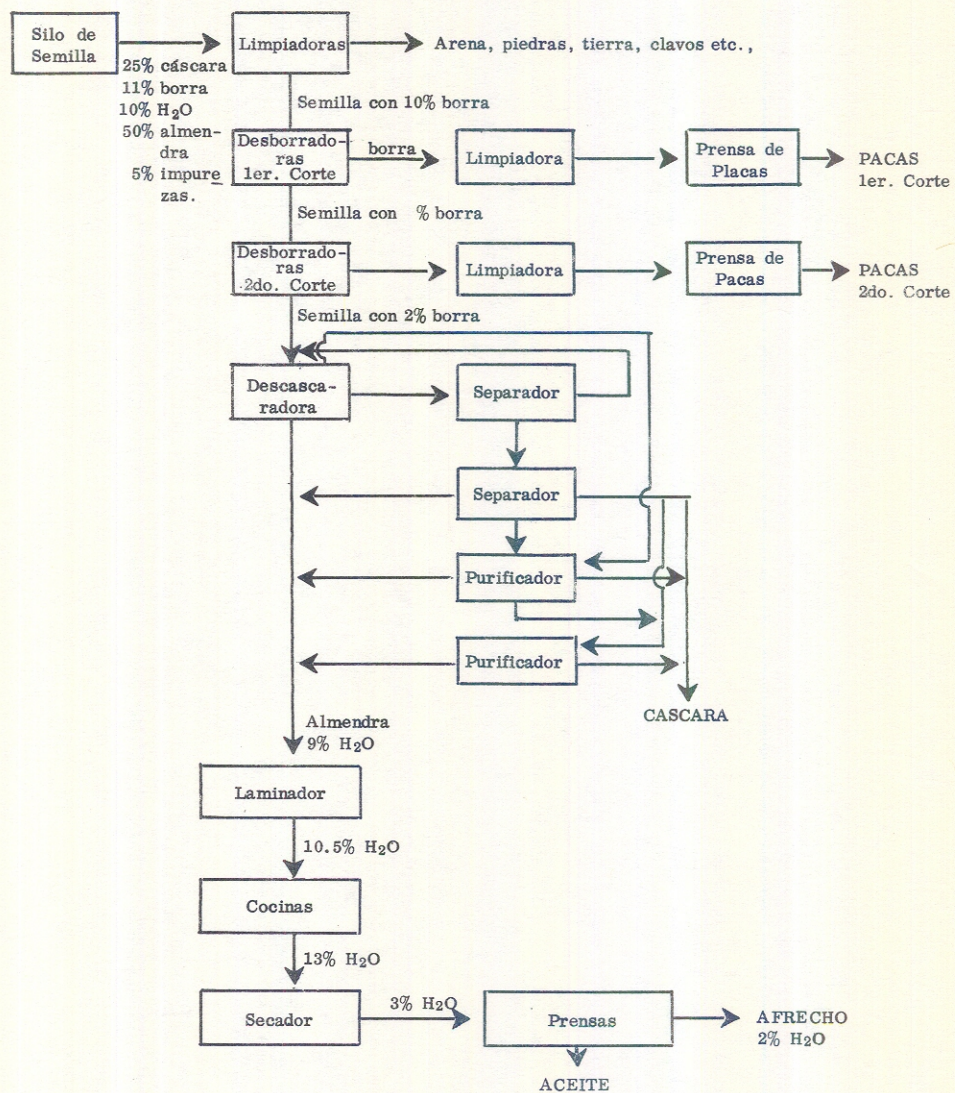
Durante las pruebas, se hace trabajar a todo el sistema en condiciones completamente opuestas para las cuales fué programado: extraer aceite de semilla de algodón eficientemente en todo el sentido de la palabra.

Los productos obtenidos mediante el proceso de extracción de aceite de semilla de algodón por el sistema V.D. Anderson, están afectados por un sinnúmero de variables, que es poco menos que imposible fijar, entre ellas, podemos citar: tipo de semilla, estado de madurez, humedad, tiempo de corte, región donde se produce, tamaño, etc. De esto podemos deducir que la obtención de un producto que reúna determinadas cualidades dentro de límites estrechos, es impracticable, y mucho más si

éstas cualidades requieren la imposición de condiciones para las que la planta no fué diseñada.

Esto se explica desde el punto de vista de que el laminador de las cocinas, y prensas trabajan de tal modo durante la prueba que se pierde aceite al aumentar el contenido de éste en la harina.

DIAGRAMA DEL PROCESO



T A B L A N o. 1

CONDICION VARIABLE	Semilla entrada a la planta	LAMINADORA		COCINA			SECADOR			PRENSA		
		SALIDA	Diferencia	ENTRADA	SALIDA	Diferencia	ENTRADA	SALIDA	Diferencia	ENTRADA	SALIDA	Diferencia
HUMEDAD %	9.6	10.0	0.4	10.0	12.7	2.7	12.7	2.6	10.1	1.8	1.0	0.8
PROTEINA TOTAL	20.7	32.2	11.5	32.2	30.7	1.5	30.7	35.6	4.9	35.6	46.0	10.4
PROTEINA SOLUBLE %	18.5	26.4	7.9	26.4	21.6	4.8	21.6	22.2	0.6	22.2	16.1	6.1
SOLUBILIDAD DE PROTEINA %	89.3	82.0	7.3	82.0	70.5	11.5	70.5	62.1	8.4	62.1	35.0	27.1
TEMPERATURA °f	90.0	108.0	18.0	108.0	195.0	87.0	195.0	235.0	40.0	245.0	302.0	57.0
CAPACIDAD %		100		100			100			100		
ESPESOR DE LAMINA plgs.		0.013									1/4	
DURACION DE PRUEBA Hrs.	2	2		2			2			2		

NOTA: Aceite residual en harina al salir de la prensa = 3.8%

T A B L A N o . 2

CONDICION VARIABLE	Semilla entrada a la planta	LAMINADORA		COCINA			SECADOR			PRENSA		
		SALIDA	Diferencia	ENTRADA	SALIDA	Diferencia	ENTRADA	SALIDA	Diferencia	ENTRADA	SALIDA	Diferencia
HUMEDAD %	9.0	11.0	2.0	11.0	13.6	2.6	13.6	3.2	10.4	2.6	1.2	1.4
PROTEINA TOTAL	21.6	32.8	11.2	32.8	31.8	1.0	31.8	35.5	3.8	35.0	47.5	12.5
PROTEINA SOLUBLE %	18.7	26.4	7.7	26.4	22.6	3.8	22.6	23.3	0.7	24.1	19.8	4.3
SOLUBILIDAD DE PROTEINA %	88.4	80.3	8.1	80.3	71.2	9.1	71.2	65.6	5.6	68.8	41.7	27.1
TEMPERATURA °f	92.0	110.0	18.0	112.0	195.0	83.0	195.0	210.0	15.0	220.0	300.0	80.0
CAPACIDAD %		100		100			100			100		
ESPESOR DE LAMINA plgs.		0.01									1/4	
DURACION DE PRUEBA Hrs.	1	1		1			1			1		

NOTA: Aceite residual en harina al salir de la prensa = 4.2%

T A B L A N o. 3

CONDICION VARIABLE	Semilla entrada a la planta	LAMINADORA		COCINA			SECADOR			PRENSA		
		SALIDA	Diferencia	ENTRADA	SALIDA	Diferencia	ENTRADA	SALIDA	Diferencia	ENTRADA	SALIDA	Diferencia
HUMEDAD %	11.0	12.1	1.1	12.0	16.0	4.0	16.0	3.6	12.4	3.7	2.2	1.5
PROTEINA TOTAL	21.0	33.0	12.0	33.0	31.8	1.2	31.8	36.6	4.8	36.6	46.5	9.9
PROTEINA SOLUBLE %	19.7	27.9	8.2	27.9	24.5	3.4	24.5	26.6	2.1	26.5	24.7	1.8
SOLUBILIDAD DE PROTEINA %	91.3	84.5	6.8	84.5	77.2	7.3	77.2	72.8	4.4	72.5	53.1	19.4
TEMPERATURA °f	87.0	110.0	23.0	108.0	180.0	72.0	180.0	210.0	30.0	200.0	280.0	80.0
CAPACIDAD %		100		100			100			100		
ESPESOR DE LAMINA plgs.		0.01									1/3	
DURACION DE PRUEBA Hrs.	1	1		1			1			1		

NOTA: Aceite residual en harina al salir de la prensa = 4.4%



T A B L A N o. 4

CONDICION VARIABLE	Semilla entrada a la planta	LAMINADORA		COCINA			SECADOR			PRENSA		
		SALIDA	Diferencia	ENTRADA	SALIDA	Diferencia	ENTRADA	SALIDA	Diferencia	ENTRADA	SALIDA	Diferencia
HUMEDAD %	9.8	12.0	2.2	12.0	18.0	6.0	18.0	4.3	13.7	4.1	2.6	1.5
PROTEINA TOTAL	19.0	28.6	9.6	28.6	27.0	1.6	27.0	32.0	5.0	33.5	47.0	13.5
PROTEINA SOLUBLE %	16.9	23.7	6.8	23.7	20.4	3.3	20.4	22.8	2.4	22.3	23.9	1.6
SOLUBILIDAD DE PROTEINA %	89.0	83.0	6.0	83.0	75.3	7.7	75.3	71.3	4.0	66.4	50.8	15.6
TEMPERATURA °f	92.0	112.0	20.0	110.0	180.0	70.0	180.0	200.0	20.0	190.0	300.0	110.0
CAPACIDAD %	100	100		100			100			80		
ESPESOR DE LAMINA plgs.		0.013									$\frac{1}{2}$	
DURACION DE PRUEBA Hrs.	1	1		1			1			1		

NOTA: Aceite residual en harina al salir de la prensa = 4.8%

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 RIBICORONA 57731

T A B L A N o. 5

CONDICION VARIABLE	Semilla entrada a la planta	LAMINADORA		COCINA			SECADOR			PRENSA		
		SALIDA	Diferencia	ENTRADA	SALIDA	Diferencia	ENTRADA	SALIDA	Diferencia	ENTRADA	SALIDA	Diferencia
HUMEDAD %	8.6	12.0	3.4	12.0	16.0	4.0	16.0	7.0	9.0	7.0	3.0	4.0
PROTEINA TOTAL	21.1	33.2	12.1	33.2	29.2	4.0	29.2	33.7	4.5	33.8	46.7	12.9
PROTEINA SOLUBLE %	19.3	28.0	8.7	28.0	22.5	5.5	22.5	24.8	2.3	23.6	28.5	4.9
SOLUBILIDAD DE PROTEINA %	91.0	84.3	6.7	84.3	77.2	7.1	77.2	73.6	3.6	70.0	63.2	6.8
TEMPERATURA °f	92.0	110.0	18.0	110.0	178.0	68.0	178.0	180.0	2.0	170.0	200.0	30.0
CAPACIDAD %	75	75		60			60			75		
ESPESOR DE LAMINA plgs.		0.018									$\frac{1}{2}$	
DURACION DE PRUEBA Hrs.	2	2		2			2			2		

NOTA: Aceite residual en harina al salir de la prensa = 6.2%

## 2. El Sistema V.D. Anderson.

La V.D. Anderson de Cleveland Ohio, es una de las fábricas de equipo y maquinaria para extracción de grasas más antigua y de mayor experiencia en el mundo. La planta en que se hicieron las pruebas para llevar a cabo este trabajo, opera con el sistema que dicha fábrica ha diseñado para extracción de aceite de semilla de algodón.

El proceso consta de las partes que a continuación se detallan a grandes rasgos:

### 1. - Limpieza de la semilla:

Dado que la semilla como viene de las desmotadoras (plantas donde se quita a la bellota de algodón la fibra larga que se usa en textiles) trae consigo cierta cantidad de materia extraña como tierra, piedras, borra suelta, hojas, etc., es necesario limpiarla antes de pasarla a las desboradoras.

### 2. - Desborración de la semilla:

La semilla de algodón después de que se le ha quitado toda la fibra larga, conserva aún el 10% más o menos del total de esa fibra, la cual tiene una longitud que varía según la forma en que se desmote. Esta fibra corta llamada BORRA, hay que quitársela a la semilla por dos razones muy simples, primero porque constituye un valioso subproducto y segundo porque si se le dejara, haría deficiente el resto del proceso. Esta operación se lleva a cabo en máquinas conocidas como Linters.

3. - Descascarado de la semilla:

La semilla de algodón tiene cáscara, la cual hay que remover, para dejar descubierta la "Almendra", que está formada por una serie de sustancias de las cuales ya se ha hecho referencia en la sección de TEORIA.

Una vez libre de la mayor parte de la cáscara, que constituye más o menos un 25% en peso de la semilla, la "Almendra" pasa a las LAMINADORAS.

4. - Laminado:

A la Almendra, ya separada de la mayor cantidad de cáscara, se le ajusta la humedad y se pasa a los que se denomina "Rollers", que no son más que rodillo de acero separados entre sí, unas milésimas de pulgada. Con ello se obtiene semilla transformada en finas laminillas que por presentar mayor superficie facilitan la cocción.

5. - Cocinado:

La Almendra laminada entra a las cocinas en recipientes cilíndricos horizontales con cámaras de vapor cuya función es mantener constante la temperatura para efectuar lo que se llama cocinamiento, las cocinas están provistas de pulverizadores de agua y alimentación de vapor, mezcla esta que por medio de un agitador-desplazador entra en contacto íntimo con la semilla. En las cocinas, la humedad y temperatura son mantenidas dentro de cier

tos límites que son los óptimos para el objeti  
vo que se persigue al cocinar o sea:

- 1o. Romper o terminar de romper las celdas de aceite.
- 2o. Aumentar la fluidez del aceite al subir la temperatura.
- 3o. Coagular los granos de aleuronas de proteña. Esto facilita la separación del aceite de la materia proteínica y otras.
- 4o. Precipitar el material fosfatífico para que el aceite extraído dé menor pérdida por refinación.
- 5o. Destoxificar el gosispol libre al inducir la ruptura de las glándulas de pigmentos y combinarlo con la proteña y formar gosispol combinado no tóxico.

6. - Secado:

Están colocados a continuación de las cocinas. Su construcción es muy similar a la de las cocinas, aunque obviamente no tienen provisión de agua ni vapor directo. El secamiento se efectúa por el calor cedido por el vapor que se condensa en las dobles paredes de la camisa. El agua vaporizada durante la operación de secado es desalojada por medio de extractores de gases (Ventiladores centrifugos). Por lo general los secadores son tres o cuatro colocados en serie.

La función de los secadores es reducir la humedad de la semilla hasta el punto en que su consistencia es tal que no tienda a disminuir la capacidad de la prensa (semilla muy seca) ni a ofrecer tan poca resistencia al flujo que la presión aplicada sobre ella no sea suficiente para extraer el máximo aceite.

7. - Prensado:

Hay varios tipos de prensas, sin embargo, solamente se describirá a grandes rasgos la forma en que trabajan las prensas de tornillo que son las que usan las fábricas de aceite de semilla de algodón de Guatemala.

Estas prensas tienen dos ejes helicoidales y dos "Barriles" de drenaje a través de los cuales se prensa el material.

El eje vertical es el que efectúa la primera compresión y el que extrae la mayor cantidad de aceite; este eje empuja la semilla hacia la sección horizontal, que es donde la semilla es sometida a las mayores presiones (hasta 20 toneladas por pulgada cuadrada). En el eje vertical, la compresión a que se somete la semilla es más que todo longitudinal, mientras que en la sección horizontal, el eje ejerce presiones elevadas tanto en el sentido de flujo como contra las paredes del barril.

Los barriles están formados por una serie de barras colocadas radialmente alrededor del eje, dejando un espacio entre ellas y el eje que es por donde fluye la semilla. Las ba-

rras están separadas entre sí, dejando pequeñísimos intersticios por donde pasa el aceite pero no la materia sólida (siempre y cuando la preparación de la semilla haya sido correcta).

La prensa o "Expeller" (marca de fábrica de la V.D. Anderson) del tipo usado en la planta donde se hicieron las pruebas, tienen antes de la sección vertical, un "acondicionador", - que es muy similar a los secadores pero de mucho menor tamaño. La función de estos es dar a la semilla un ajuste final de la temperatura y la humedad previa al prensado. Estos acondicionadores están dotados de una camisa de vapor y un extractor de vapor de agua, y un dispositivo para agregar agua cuando es necesario.

### 3. Desarrollo del Experimento.

La prueba consistió de 5 corridas, de las cuales la primera se hizo con la planta trabajando normalmente, para encontrar la etapa durante la cual los efectos desnaturalizadores de la proteína eran mayores.

Como era de esperarse, fué en los expellers. Sin embargo, había que mejorar la solubilidad en las etapas anteriores como es en las cocinas y secadoras para que al llegar al expeller, la semilla no tuviera un porcentaje tan bajo que cualquiera mejora que se hiciera en estas máquinas, fuera prácticamente inútil. Esto se debe a que hacer descender la temperatura a la que es sometida la semilla cocinada durante el tiempo que está en la prensa, es

sumamente difícil por las elevadísimas presiones que sufre, las cuales a su vez sólo pueden reducirse en una parte mínima durante el manejo.

En la segunda prueba aumentamos la humedad en la cocina y reducimos la presión del vapor de las camisas de los secadores, para lograr las temperaturas y humedades que se pueden observar en el cuadro correspondiente.

Las otras tres corridas consistieron esencialmente en aumentar cada vez más la humedad de la semilla en cocinas, secadores y expellers, a la vez que reducir las temperaturas de procosamiento.

Dado que es en el expeller donde más daño se le hace a la proteína de la semilla, en la última prueba se trabajó con el acondicionador sin vapor en la camisa de calentamiento, y con el extractor de humedad cerrado. La carga fue reducida al mínimo con que puede trabajar la máquina y el estrangulador de salida abierto hasta donde el expeller lo permite sin dejar de aglutinar la harina ya que al no haber formación de lo que comunmente se llama torta la extracción es prácticamente nula.

Todo esto con el objeto de mantener la humedad lo más alta posible la temperatura lo más baja, y el tiempo de exposición de la semilla a las altas temperaturas reducido.



## VIII DISCUSION DE RESULTADOS

### A) De resultados en términos generales.

Solubilidad de la proteína es la relación que hay entre la proteína soluble y la proteína total, siendo por lo tanto un índice de la accesibilidad de ese componente como elemento nutritivo.

La solubilidad fué determinante a cada paso del proceso para medir el grado de disminución que sufría el ser sometido el material a la acción de humedades y temperaturas modificadas.

Sin embargo, la solubilidad en sí no refleja exactamente la magnitud de la desnaturalización de la proteína durante el procesamiento, ya que puede ser mayor en casos en que la proteína ha sufrido mayor deterioro y viceversa. Por ejemplo: si al entrar a la planta la solubilidad de la proteína de la semilla es de 90% y al salir de las prensas es de 60%, el descenso fué de 30%; si por otro lado, ha entrado con 85% y sale con el mismo 60% aparentemente no ha habido mejoría, cuando realmente se ha logrado reducir la desnaturalización en 16.7%.

Así pues, el mejor índice para seleccionar - las condiciones óptimas de operación es el porcentaje de desnaturalización en cada etapa porque la solubilidad es un término directamente influenciado por las cualidades absolutas de la semilla en su forma original.

Esta es la razón por la que se incluyen una columna en las tabulaciones, en la que están anotados los porcentajes de desnaturalización.

B) Efecto del Laminado:

La proteína de la semilla no sufre prácticamente ningún deterioro a su paso por la laminadora debido más que todo a que no se somete a temperaturas elevadas. Aún cuando es conveniente, para obtener solubilidades altas en las etapas siguientes, laminar con humedades mayores de lo normal, no se pudo pasar de 13% porque la disposición del equipo no lo permite: La semilla laminada es descargada a transportadores de tornillo y es recogida por elevadores que la conducen a las cocinas; cuando la humedad pasa de 13% los transportadores y elevadores se atascan.

Por otro lado, la laminadora se sobrecarga y es necesario reducir su capacidad mermándose así la producción de toda la planta.

Estos problemas se pueden solucionar usando transportadores de faja y elevadores de cubetas y agregando laminadoras, sin embargo, estos cambios traerían más problemas que beneficios, ya que el aumento en la solubilidad de la proteína relacionado con la humedad no guarda ninguna proporción detectable en esta fase del proceso, como puede verse en los resultados.

Las variaciones de hasta 5% que se observaron no son más que un reflejo de las variaciones en la solubilidad de la proteína en la semilla sin procesar.

C) Efecto del cocinamiento:

El máximo de solubilidad obtenido después de cocinar la semilla fué de 77.2%, sin embargo, parece que la desnaturalización de la proteína como pudo apreciarse llegó a un mínimo al pasar la humedad del 14%.

La cocina es el punto crítico en cuanto a regulación de temperatura y humedades se refiere ya que sólo trabaja satisfactoriamente dentro de los límites muy estrechos de esas condiciones.

La temperatura del material que pasa por la cocina no puede bajarse más de 175° F porque a temperaturas inferiores el aceite no tiene suficiente fluides para ser expelido fácilmente de la semilla durante el prensado. Además los fines perseguidos por el cocinamiento, tales como ruptura de las glándulas que contienen el gopipol y el aceite, son favorecidos por temperaturas de más de 190° F.

Humedades mayores de 18% no presentaron ninguna ventaja sobre aquellas de 16 ó 17% lo cual se verificó en pruebas posteriores llevadas a cabo sólo en cocinas. Las humedades elevadas causan serios problemas de funcionamiento ya que no sólo sobrecargan la máquina (con lo que se reduce su capacidad) sino que la semilla se transforma en una pasta que se resiste a ser desalojada, además la semilla debe pasar por gravedad a los secadores por un tubo lo cual no sucede cuando está muy húmeda pues al aglutinarse forma agregados cuyas dimensiones se lo impiden.

D) Efecto del Secamiento:

Los secadores, fueron la parte del equipo en que se lograron los resultados más positivos, y donde hubo mayor sensibilidad a los cambios introducidos en su funcionamiento. La desnaturalización de la proteína manifestó una reducción apreciable, llegando a un mínimo de 3.6%, mientras que un trabajo normal pasa de 8%.

Es indudable que la facilidad con que pueden variarse la temperatura y humedad de las semillas en los secadores, es el factor determinante de tales resultados. Técnicamente no presenta mayores problemas reducir la temperatura ni elevar la humedad ya que basta con limitar la cantidad de vapor en las camisas de calentamiento.

Sin embargo, existe un límite el cual está fijado por las prensas. Estas no pueden trabajar alimentadas con semilla con humedad mayor de 7% y temperatura menor de 100° F.

Se hicieron pruebas rebasando estos límites, pero el contenido de aceite y la consistencia de la harina que se obtuvo era tal que no fueron tomadas en cuenta.

E) Efecto de Prensado:

Como era de esperarse fue durante el prensado que la proteína perdió la mayor proporción de solubilidad. El mínimo de desnaturalización observado fué de % y el máximo de solubilidad de % en la prueba cuyos resultados pueden verse en la tabla No. 5. Este porcentaje es el que representa los

fines u objetivos de este trabajo por ser el prensado la última etapa en que la semilla sufre transformación. El que no haya alcanzado el mínimo de 70% se debió a la falta de medios que permiten regular efectivamente la temperatura de la semilla a su paso por las prensas. La solución podría ser la instalación de un sistema de enfriamiento por agua que mantuviera la temperatura de los ejes y las barras que los rodean a un nivel de compromiso entre eficiencia de extracción y reducción de la solubilidad de la proteína.

F) Análisis de Error:

La confiabilidad de los resultados que se han presentado obviamente está afectada por todas aquellas fuentes de error inherentes al muestreo y al análisis químico. No debe despreciarse el hecho de que el tiempo de duración de las pruebas pudo ser insuficiente para lograr una adaptación completa del equipo a las nuevas condiciones de operación.

## IX CONCLUSIONES

1. - A pesar de que la semilla de algodón constituye una excelente fuente de proteína de alto valor nutritivo, ésta se desnaturaliza definitivamente por acción de las elevadas temperaturas y humedades a que se somete en cocinas y expellers.
2. - Si es posible disminuir los efectos destructivos del procesamiento por reducción drástica de las temperaturas en el cocinamiento, secado y prensado.
3. - Las plantas industriales extractoras de aceite que usan el sistema de cocinamiento y prensado, presentan demasiadas dificultades para obtener resultados de pruebas absolutamente confiables.
4. - Las condiciones ideales para producir harina con una solubilidad de proteína suficientemente alta son difíciles de mantener durante el tiempo necesario para lograr la estabilización del sistema; porque la maquinaria ha sido diseñada para trabajar en una forma completamente diferente.
5. - El principal problema derivado de la modificación en las condiciones de operación de la planta está en que la recuperación de aceite se torna deficiente.
6. - El contenido relativamente alto de aceite que conserva la harina obtenida en los ensayos es contraproducente desde el punto de vista nu-

tricional debido al gosipol libre que se halla disuelto en él.

7. - Es necesario disponer de una planta piloto en la cual efectuar suficiente número de pruebas y de suficiente tiempo de duración para investigar a fondo el problema ya que en una planta industrial la experimentación de este tipo es antieconómica.

José Luis Monzón Lago

Vo.Bo. Ing. Carlos Farner M.

Ing. Leonel Flores E.

Imprímase:

Ing. Amando Vides  
DECANO

X APENDICE

Métodos de Análisis.

- A) Determinación de proteína soluble.  
Reactivo: Solución 0.02 N. de Hidróxido de so  
dio.

Procedimiento:

1. Pesar 1.000 g. de harina de algodón que pase por un tamiz 60 mesh.
2. Colocar la muestra en un erlenmeyer de 300 ml.
3. Agregar 100 ml. de NaOH 0.02N.
4. Agitar la mezcla rápidamente durante una hora.
5. Centrifugar a 3,000 R. P. M. 5 minutos.
6. Tomar 50 ml. del extracto.
7. Determinar Nitrógeno del extracto y muestra sin extraer por el método oficial de A.O.C.S. Aa 5-38.

Cálculo:

Solubilidad = (N. de extracto/N. extracto = N. muestra sin extraer) x 100.

- B) Determinación de Humedad:  
Método oficial de A.O.C.S. Ba 2-38.



C) Determinación de Aceite:

Método oficial de A. O. C. S. Ba 3-38.

Nota: El método de determinación de proteína soluble fué proporcionado por el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá.

XI BIBLIOGRAFIA

- 1.- Bailey Alton E. (Ed) "Cottonseed and Cottonseed Products". Interscience Publishers, Inc. New York 1948.
- 2.- Braham J. Edgar, Elías Luis G. and Bressani Ricardo "Factors Affecting The Nutritional Quality of Cottonseed Meals". Reprint from journal of Food Science, 1965, Vol. 30.
- 3.- Bressani Ricardo, Jarquín Roberto and Elías Luiz G. "Cottonseed Flour, Free and total Gossypol, Epsilon-amino Lysine, and Biological Evaluation of Cottonseed meals and Flours in Central America. "Reprint from Agricultural and Food Chemistry vol. 12 No. 3 May/June 1964.
- 4.- Bressani Ricardo "The Use Of Cottonseed Protein in Human Foods". Reprint from Food Technology, 1965 Vol. 19 No. 11.
- 5.- Bressani R., Elías Luiz G., Jarquín Roberto, Braham Edgar J. "All Vegetable Mixtures containing cottonseed flour on Free Gossypol content. "Reprint from food Technology, 1964 Vol. 18, No. 10.
- 6.- The V. D. Anderson Company, Bulletin C-6 Cleveland Ohio, 1963.
- 7.- The V.D. Anderson Company, Bulletin C-9 Cleveland Ohio, 1963.

8. - Nueva Enciclopedia Temática 4a. Edición, - Editorial Richards, S.A., Panamá Impresa en México en 1966, Tomo No. 3.
9. - Brewster Ray Q. "Química Orgánica" 2a. Edición, Editorial Médico Quirúrgica, Buenos Aires 1954.
10. - Informe presentado al consejo Económico y Social por el Comité Asesor sobre la aplicación de la ciencia y la Tecnología al desarrollo. "Acción Internacional para enminente crisis de proteínas".

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central  
Sección de Textos