

UNIVERSIDAD DE SONORA  
ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

“PROTEINAS DE SEMILLA DE ALGODON”

DISERTACION

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

QUIMICO

PRESENTA

CELIA MONTAÑO DURAZO

HERMOSILLO, SONORA

AGOSTO DE 1978

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

# I N D I C E

- I. INTRODUCCION .
- II. ESTRUCTURA DE LA SEMILLA DE ALGODON .
- III. COMPOSICION DE LA SEMILLA DE ALGODON .
- IV. GLANDULAS CON PIGMENTO "GOSSYPOL" .
- V. INFLUENCIA DEL MEDIO AMBIENTE SOBRE LA COM-  
POSICION DE LA SEMILLA DE ALGODON .
- VI. PROCESAMIENTO DE LA SEMILLA DE ALGODON Y -  
COMPOSICION DEL HARINA DE SEMILLA DE ALGO -  
DON .
- VII. UTILIZACION DEL HARINA DE SEMILLA DE ALGO -  
DON.
- VIII. CONCLUSIONES.
- IX. BIBLIOGRAFIA

## I. INTRODUCCION:

El producto principal del algodón son sus fibras; en términos de peso sin embargo, mas semilla que fibra esta contenida. Es una fuente de fibras, aceite comestible y harina, ejemplo; 2000 lbs. de semilla dan un rendimiento de 930 a 960 lbs. de harina y 320 a 350 lbs. de aceite.

El algodón se cosecha principalmente en cualquier lugar entre los paralelos 40° N y 40° S llamándosele "cinturón o zona del algodón".

La semilla de algodón fue utilizada en 1783 tanto como una fuente de aceite como también de harina para alimento de ganado vacuno.

La semilla de algodón representa un destacado ejemplo de conversión de un producto de desperdicio de la agricultura a un producto comestible. Esta es un poco inferior al frijol de soya en su contenido de proteína; es un poco deficiente en metionina y lisina, esta deficiencia es agravada por el tradicional tratamiento de calor al que es sometido en los métodos mas usuales para la obtención del harina con bajo contenido de aceite.

El problema mas grande asociado con la semilla del algodón es el contenido de un pigmento polifenólico llamado "gossypol", el cual puede ser removido antes de empezar a consumirse por animales monogás-

tricos ya que los rumiantes no son sensitivos al "gossypol" por la facultad de éstos de transformar en la predigestión el "gossypol" en material no tóxico antes de entrar en el estómago. El harina comestible contiene menos de 0.060% de gossypol libre.

Investigaciones y desarrollos continuos estan incrementándose para el consumo de proteína de semilla de algodón como suplemento alimenticio.

## II. ESTRUCTURA DE LA SEMILLA DE ALGODON:

Se puede decir que la semilla de algodón es un producto de la planta del algodón la cual consiste de dos partes; el casco o endospermo en el cual encontramos filamentos y la médula o embrión del cual obtenemos el harina y el aceite.

La semilla es de forma ovoide que mide de 8 a 12 mm. de largo; en la Figura No. 1 se presenta un bosquejo tanto de la sección transversal como longitudinal.

Los principales elementos de la semilla son: el endospermo, el embrión y la membrana que envuelve al embrión. La semilla de algodón es dicotiledónea los cuales son angostos de un extremo llamándoseles extremos axiales.

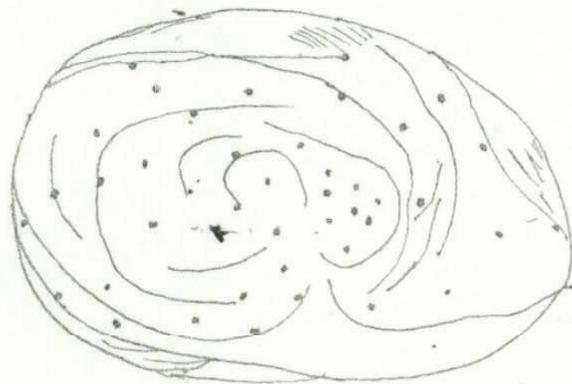
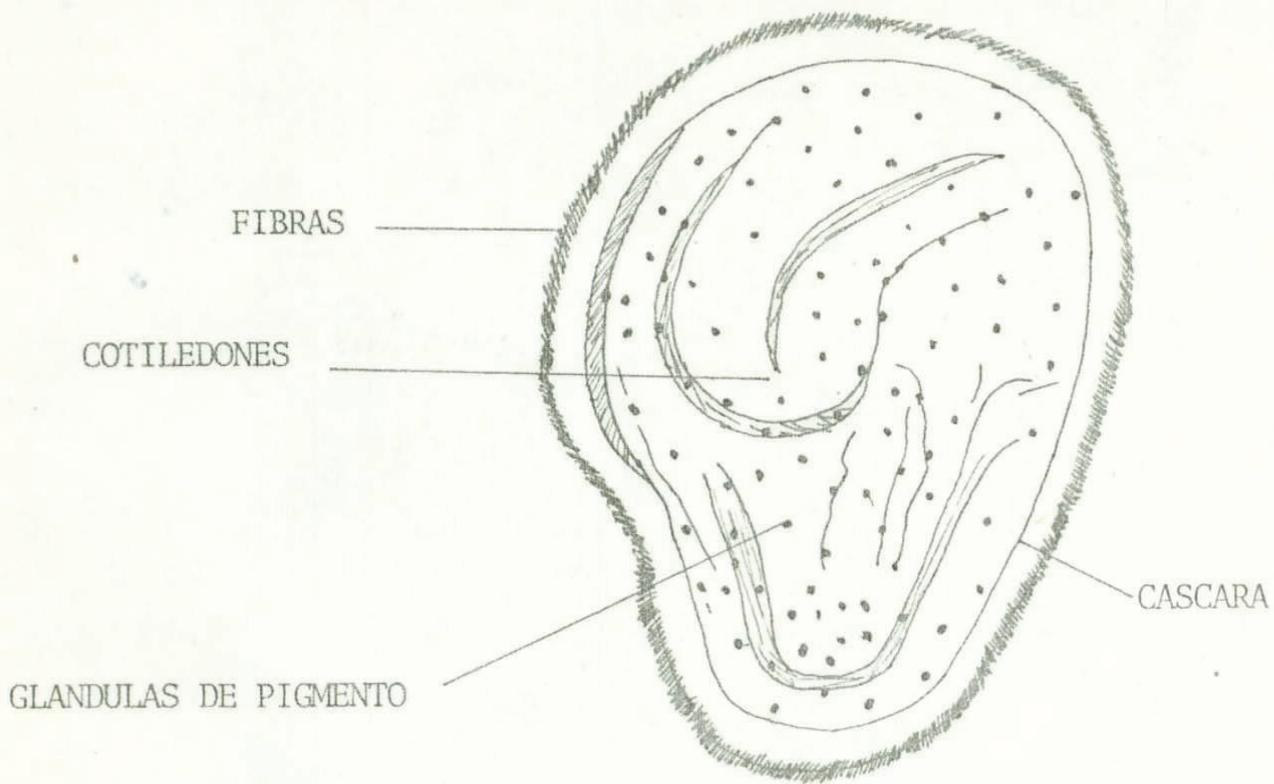


FIGURA No. 1

El aceite es encontrado en todo el embrión de la semilla pero es más abundante en el mesófilo de los cotiledones y en las células parenquimatosas, también lo encontramos adherido a la membrana en diminutas gotas. Cuando las secciones son observadas en agua, las gotas se pueden ver mejor y en forma alargada.

Las proteínas ocurren en gránulos en la aleurona formando parte del citoplasma y en los órganos del embrión.

### III. COMPOSICION DE LA SEMILLA DE ALGODON:

La semilla de algodón contiene un promedio de: 44% de cáscara y fibra y 55% de médula. La médula contiene cerca de 7% de humedad, 30% de proteína cruda, 30% de aceite, 24% de extracto libre de nitrógeno, 4.8% de fibra cruda y 4.4% de cenizas. Una idea de su composición esta dada en la Tabla No. 1.

Constituyentes principales:

Aceite: El aceite de la semilla del algodón es el principal compuesto y el mas económico de la semilla como puede verse en la Tabla No. 2 y se encuentra aproximadamente en las mismas cantidades que la proteína. El aceite de la semilla del algodón consiste principalmente de triglicéridos de ácidos grasos; de los cuales el principal ácido

TABLA No. 1

COMPOSICION DE LA SEMILLA DE ALGODON

Fuente	Humedad %	Aceite %	Proteína Cruda %	Fibras %
Estados Unidos (American Upland)	9.0-12.8	18.2-19.5	18.7-21.3	10.4-11.4
India	6.7-10.7	13.9-19.4	16.8-20.9	9.2-12.8
Variedades Indias	6.8-10.6	15.2-18.0	-	3.6- 5.4
Variedades Americanas	9.2-12.1	16.4-18.3	-	12.3-13.2
Egipto	7.8-9.5	20.0-21.0	17.1-19.8	-
Brasil	6-7	20-22	19.1-21.2	1-2
Sudán	5	20.5	17.2	39.6

TABLA No. 2

PROMEDIO DE RECUPERACION Y VALOR APROXIMADO DEL ACEITE DE  
SEMILLA DE ALGODON

AÑO	RECUPERACION Lb.	%	VALOR EN DOLARES
1935-39	310	15.5	22.50
1945	312	15.6	39.78
1946	315	15.8	78.60
1947	313	15.6	82.16
1948	320	16.0	49.34
1949	323	16.2	40.44
1950	321	16.1	65.45
1951	320	16.0	41.54
1952	328	16.4	46.74
1953	332	16.6	45.15
1954	331	16.5	44.32
1955	339	16.9	44.14

graso es el linoléico ( aproximadamente 50% ); oléico 33% y palmítico - 23%. También podemos encontrar pequeñas cantidades de mirístico, - estiárico y palmitoléico.

El aceite de la semilla de algodón es ordinariamente líquido a - temperatura ambiente, tiene buen sabor y estabilidad de rancidez oxida - tiva, además es uno de los aceites más importantes mundialmente. Es uno de los principales constituyentes de la margarina, el cual puede también ser usado para ensaladas de aceite; este aceite puede contener de 10 a 12% de "gossypol" dependiendo del proceso al que se haya some - tido.

Proteínas: Las fracciones de proteínas designadas como: Glo - bulina.  $\alpha$ - globulina,  $\beta$ - globulina, proteína pentosa, glutelina y fos - foproteína han sido aisladas de la semilla del algodón, de las cuales - la fracción globulina es la que esta contenida en mayor proporción - ( Ver Tabla No. 3 ).

Ha sido demostrado que el valor nutritivo de el harina de, semi - lla de algodón varía considerablemente. Las condiciones de procesa - miento son factores importantes para determinar el valor nutritivo de - la semilla de algodón, diferencias en el contenido de aminoácidos han - sido demostradas. Así otros factores para la presencia de aminoá -

TABLA No. 3  
COMPOSICION ELEMENTARIA DE AISLADO DE PROTEINA  
DE SEMILLA DE ALGODON

COMPONENTE	GLOBULINA	GLOBULINA	PROTEINA PENTOSA	GLUTELINA
Carbono	52.70	50.33	49.38	52.4
Hidrógeno	7.58	6.65	6.27	6.27
Nitrógeno	18.22	17.77	12.64	15.28
Sulfuro	0.93	0.78	-	-
Fósforo	-	-	0.194	0.35
Pentosa	nada	nada	16.57	-
Cenizas	0.373	0.248	4.60	7.35

Nota: Los resultados estan dados en % en peso.

cidos específicos puede ser críticamente evaluada antes de asignar un valor nutritivo a un producto en particular; sin embargo un contenido de aminoácidos de un material conteniendo proteínas servirá como una guía para este valor nutritivo. En la Tabla No. 4 estan dados los resultados de los análisis de harina de semilla de algodón por 14 de los aminoácidos contenidos. Estos resultados aportan aproximadamente el 70% del total de nitrógeno en el harina e incluyen los 10 aminoácidos nutricionalmente esenciales, estos resultados estan dados en 100 grs. de harina. El contenido de aminoácidos nutricionalmente esenciales en el harina de semilla de algodón son reportados en la Tabla No. 5, al igual que comparaciones hechas con otros alimentos como harina de frijol de soya, trigo y maíz, en la cual se hace notar la deficiencia de lisina, metionina, treonina y leucina. Al hacer las comparaciones de la proteína de soya con la de semilla de algodón tiene deficiencia en lisina pero algo más en metionina.

La harina de semilla de algodón puede tener variaciones en el contenido de proteínas desde 22% hasta 60% cuando la cáscara ha sido removida antes completamente, dependiendo del procesamiento utilizado. También hay una influencia genética en el contenido de proteínas. Las glándulas de las semillas frescas son más fácilmente rupturables que las semillas viejas por solventes acuosos; una clase de taninos son los que hacen más difícil la ruptura de las glándulas pigmentadas.

TABLA No. 4

AMINOACIDOS CONTENIDOS EN EL HARINA DE SEMILLA DE ALGODON

Aminoácidos	Grms. de Amino- ácidos/ 16 Grms. de Nitrógeno	Aminoácidos	Grms. de Amino- ácidos / 16 Grms. de Nitrógeno
Arginina	11.3 - 14.7	Metionina	1.5 - 3.0
Histidina	3.0 - 3.4	Treonina	2.7 - 4.0
Lisina	5.1 - 4.2	Serina	2.7 - 1.7
Triptofano	1.3 - 1.6	Leucina	5.5 - 7.1
Tirosina	3.4 - 1.5	Isoleucina	2.3 - 4.2
Fenilalanina	7.5 - 8.1	Valina	5.8 - 6.1
Cistina	1.0 - 3.1	Acido Aspartico	5.2 - 5.5
Glisina	3.0 - 4.4	Acido Glutamico	21.0 - 20.5
Alanina	7.2 - 7.0	Prolina	2.6 - 3.2

TABLA No. 5

COMPOSICION APROXIMADA DE ALIMENTOS CALCULADA EN GRAMOS DE AMINOACIDOS  
 POR CADA 100 GRAMOS DE NITROGENO CONTENIDO

Aminoácidos	Harina de S. de algodón	H. de Frijol de Soya por expeleress	H. de Frijol de Soya por extracción	Trigo	Maíz	Caseina
Arginina	47.0	36.8	33.0	19.2	26.7	25.8
Histidina	17.2	15.8	18.7	15.4	20.0	26.4
Lisina	23.4	42.2	33.0	15.4	20.0	54.8
Triptófano	6.3	6.6	6.6	7.7	3.3	6.5
Tirosina	9.4	11.8	13.2	3.8	1.3	34.8
Fenilalanina	34.4	29.0	30.8	26.9	33.3	32.9
Metionina	7.8	5.3	9.9	7.7	13.3	20.0
Treonina	17.2	29.0	23.1	15.4	20.0	29.0
Serina	28.1	29.0	26.4	26.9	53.4	43.8
Leucina	34.4	52.7	49.5	38.5	93.2	69.7
Isoleucina	28.1	38.2	38.5	26.9	40.0	51.5
Valina	28.1	34.2	33.0	26.9	33.3	50.3
Acido Glutámico	10.6	10.3	9.9	15.0	14.0	14.5

Cáscara: Esta compuesta principalmente de fibra cruda aproximadamente un 33%. Hay una pequeña cantidad de grasa y proteína en la cáscara las cuales son difíciles de separar de la cáscara. La composición química de la cáscara es aproximadamente la siguiente: Celulosa 44%, pentosa 29%, lignina 22%, cenizas 1.8%.

La Cáscara es utilizada principalmente como constituyente de alimentos para ganado.

Fibra: La fibra contenida en la semilla es idéntica a la de la mota únicamente difieren en longitud; compuestos de celulosa principalmente ( 72 a 85% ) con una menor cantidad de substancia péctica, minerales, materiales nitrogenosos, ceras, resinas, pigmentos, carbohidratos solubles en agua y ácidos. Se utiliza principalmente como fuente de celulosa.

Compuestos de Fósforo: Más de el compuesto fósforo en la semilla de algodón como en las demás semillas de aceite ocurren en forma de ácido péctico o pectina, calcio, magnesio y sal de potasio. La cantidad varía dependiendo de las condiciones de la semilla. El ácido péctico y su sal tienen influencia sobre la solubilidad de la proteína, su presencia también tiene influencia sobre la utilización de fósforo y calcio para alimentos de animales. El total de fósforo contenido en la semilla de algodón varía de 6.92 a 13.15 mg/gr.

Carbohidratos: La semilla de algodón contiene alrededor de 13 a 15% de carbohidratos. Cerca del 50% son mono, di ó trisacáridos; los restantes son hemicelulosa o sustancias pécticas y una pequeña cantidad de celulosa.

El principal componente de la fracción de carbohidratos es la rafinosa; un trisacárido compuesto de fructosa, glucosa y galactosa. Por hidrólisis se transforma en monosacáridos y con ácido diluído a fructosa y melibinosa. Es también hidrolizada enzimáticamente dando sucroza y galactosa o melibinosa y fructosa. La rafinosa esta contenida de 4 a 9% en la semilla de algodón.

Vitaminas: La semilla de algodón es una buena fuente de tiamina la cual es poco inestable al calor por lo que su contenido varía dependiendo de las condiciones de procesamiento en la obtención de harina de semilla de algodón.

El harina de semilla de algodón es una fuente pobre en vitamina A. El aceite es una buena fuente de Vitamina E, la cantidad encontrada en el harina dependerá del aceite residual. La Tabla No. 6 nos muestra el contenido de vitaminas en el harina de semilla de algodón.

Minerales: El contenido de minerales en el harina de semilla de algodón está dado en la Tabla No. 7.

TABLA No. 6

VITAMINAS CONTENIDAS EN EL HARINA DE SEMILLA DE  
ALGODON Y EN LA SEMILLA

VITAMINAS /g.	EN LA SEMILLA /g.	EN EL HARINA /g.
Tiamina	-	12.5
Riboflavina	2.3	4.1
Niacina	16.0	49.0
Ac. Pantoténico	11.0	19.2
Piridoxina	-	9.8
Biotina	0.29	0.95
Prositol	3,400	10,200
Ac. Fólico	3.8	3.6
Caroteno	-	-
Tocoferol	-	-

TABLA No. 7  
 MINERALES CONTENIDOS EN EL HARINA Y EN LA SEMILLA DE ALGODON

MINERALES	EN LA SEMILLA %	EN EL HARINA %
Calcio	0.18	0.38
Fósforos	0.55	1.15
Sodio	0.14	-
Potasio	0.97	-
Magnesio	0.33	-
Hierro	-	0.016
Cobre	-	-
Zinc	-	-
Manganeso	-	-
Azufre	-	-

#### IV. GLANDULAS CON PIGMENTO "GOSSYPOL":

En la sección transversal del embrión ( Figura No. 1 ) se descubren manchitas oscuras, éstas son las glándulas de pigmento las cuales pueden ser también glándulas de goma o de resina. Ellas tienen distinta estructura morfológica las cuales son relativamente largas ovoideas de 100 a 400 micras de largo. Estas glándulas son características de plantas del género "Gossypium" las cuales aparecen a los 15 días de aparecido el embrión donde ellas son distribuídas, dichas glándulas son gruesas con materiales conteniendo: celulosa, pectina, hemicelulosa y algunos derivados de ácidos urónicos no identificados; materiales contenidos en glándulas de pigmento se encuentran en estado semilíquido que dentro de condiciones apropiadas pueden ser descargadas en el medio circundante. Las glándulas de pigmento varían en color con el desarrollo y la condición del medio ambiente de amarillas, naranjas, rojo hasta púrpura. El contacto de las glándulas de pigmento con el agua ocasiona una descarga inmediata de sus contenidos. Solventes como hidrocarburos, hidrocarburos clorinados y triglicéridos son inertes a las glándulas pigmentadas. Solventes quienes por ellos mismos son incapaces de atacar las glándulas, pueden efectuar rupturas después del contacto prolongado debido a su contenido de humedad. Los pigmentos coloreados de la semilla son concentrados en las glándulas

las pigmentadas y el principal pigmento es el "gossypol" quien puede -  
constituir de 20 a 40% del peso de la glándula pigmentada. Una de las  
razones más importantes por las cuales el harina de semilla de algodón  
no se puede utilizar para consumo humano y para todo el resto de animales  
monogástricos es la presencia del pigmento polifenólico "gossypol".

La harina de semilla de algodón contiene alrededor de 0.060% -  
de gossypol libre lo cual es fracasable para convertir dicha harina -  
prontamente en producto comestible aceptable. Este pigmento es capaz  
de inactivar enzimas por bloqueo químico del sustrato y/o sitios de ac-  
tividad enzimática, además se adhiere a los grupos  $\epsilon$ -amino libres de  
la lisina de las globulinas de la semilla de algodón, como un polifenol -  
tiene carácter fuerte ácido. Al unirse a los grupos  $\epsilon$ -amino libres de  
la lisina decremента el valor nutricional de la proteína. El "gossypol"  
tiene propiedades fisiológicas quienes influyen en la utilización del harina  
de semilla de algodón para alimento de animales monogástricos.

El "gossypol" lo podemos encontrar en dos formas: Como "go -  
ssypol libre" que es aquel que puede ser extraído de la semilla de algo-  
dón con acetona acuosa, el cual se determina por la reacción del pro -  
ducto coloreado con anilina ó p-anilina o sea no se puede determinar di-  
rectamente; el "gossypol ligado" es aquel que no puede ser extraído -  
simplemente con acetona acuosa sino que requiere de una hidrólisis aci

da. El "gossypol libre" es fisiológicamente activo, tóxico en cantidades grandes en animales monogástricos y responsable de la decoloración de los huevos de gallina cuando estas se alimentan con harina de semilla de algodón. El gossypol ligado no tiene esas propiedades fisiológicas.

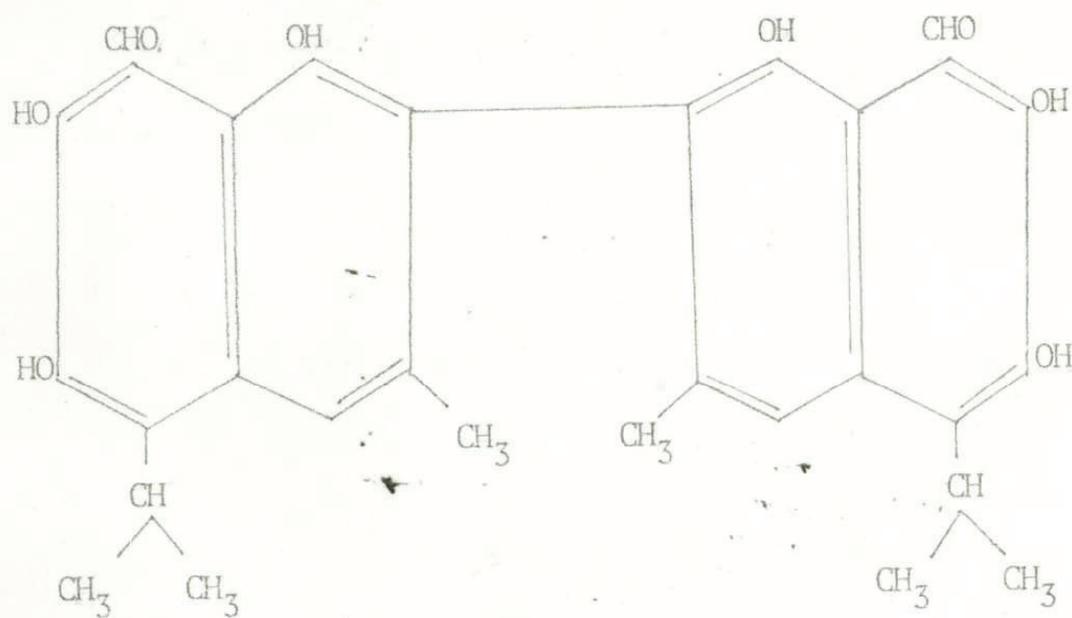
El "gossypol" puede reaccionar con los componentes aminoácidos libres, carbohidratos, aceite y compuestos de fósforo. Se ha visto que el gossypol está influenciado por el pH durante su reacción con los grupos  $\epsilon$ -amino libres de la lisina, tal reacción se lleva a cabo a pH altos.

Antiguamente se le consideró como un color textil; éste reacciona como un aldehído y como un polifenol, tiene carácter ácido. Reacciona con aminas para formar bases de Schiff o anilas. Dentro de condiciones apropiadas el gossypol se oxida para formar quinonas y cuerpos coloreados de alto peso molecular lo cual sucede cuando el gossypol a su vez también se polimeriza.

El gossypol no es tóxico para rumiantes ya que estos pueden romper las proteínas y volverlas a construir, la distribución de los aminoácidos no es necesario considerarla, para dichos animales el harina es utilizada como fuente de energía y de proteína.

La toxicidad del gossypol es relativamente baja para ciertos animales como cerdos y conejos cuando se alimentan en pequeñas dosis ya que por largos períodos de tiempo puede producir la muerte causando enfermedades como: severos edemas e hypoprotrombina, es ta última provocada por el gossypol libre. La fórmula del gossypol es la siguiente:

1,1'-6,6'-7,7'- trihidroxi -3,3'- dimetil -5,5'- diisopropil - 2,2'- binaphthyl -8,8'- dicarboxialdehído.



## V. INFLUENCIA DEL MEDIO AMBIENTE SOBRE LA COMPOSICION DE LA SEMILLA DE ALGODON:

El medio ambiente y la variedad de la semilla afectan las cantidades relativas de aceite, proteína y gossypol. Se concluyó que el contenido de aceite, proteínas y fibra dependen principalmente de la constitución genética además del medio ambiente. La cantidad de nitrógeno varía de 4.75 a 7.34% con un significado de 6.31% ( libre de humedad ), aceite de 26.8 a 43.4% con un significado de 36.4% y gossypol libre de 0.39 a 1.70% con un significado de 1.14%. Los contenidos de gossypol y aceite fueron positivamente correlacionados, sin embargo pasó lo contrario entre las anteriores y el contenido de nitrógeno. Cuando se registraron altas lluvias durante el período de maduración dichas semillas resultaron tener alto contenido de gossypol. Las temperaturas altas registradas durante la maduración produjeron un efecto contrario. Ninguno de los dos factores mencionados anteriormente tienen un efecto significativo sobre el contenido de nitrógeno.

Se observó que el tiempo durante el cual las motas estuvieron maduras hasta que éstas se abrieron el contenido de gossypol aumentó considerablemente. Durante el almacenaje se vió una reducción en el contenido de gossypol y un incremento en el contenido de gossypurpurín.

Con los conocimientos existentes se sugirió que la concentración preferida de estas substancias puede estar influenciada por selecciones

de variedades y condiciones de crecimiento.

## VI. PROCESAMIENTO DE LA SEMILLA DE ALGODON Y COMPOSICION DEL HARINA DE SEMILLA DE ALGODON.

La semilla de algodón no puede ser considerada un material de composición standard. No únicamente está sujeta a variaciones en su composición por ella misma sino que también esta afectada por las condiciones de procesamiento utilizados para remover el aceite; por que el harina en su composición también esta dependiendo de los tratamientos dados a la semilla durante la extracción del aceite.

El procesamiento afecta al uso del harina de semilla de algodón mas a animales monogástricos que a rumiantes ya que estos últimos no se ven dañados por el gossypol en ciertas cantidades.

Las condiciones de procesamiento pueden ser controladas fácilmente; es el porqué hay una relación muy cerrada entre las condiciones de procesamiento y la composición del harina.

### Métodos de Procesamiento :

Los principios de procesamiento son iguales en todas las partes del mundo únicamente difieren en pequeños detalles. Sin embargo hay

ciertas partes en donde algunas etapas de procesamiento son omitidas, ejemplo: el desfibramiento y el descascaramiento; tales cambios afectan el contenido y la composición del harina como son el aceite, la proteína y el gossypol.

A continuación se describen algunos métodos de procesamiento:

Proceso USDA:

Utilizando este proceso obtenemos un harina con 57.5% de proteína; el cual utiliza una planta de extracción acetona-hexano-agua (AHW) con una capacidad diaria de 30 toneladas de semilla de algodón. El hexano en este caso es utilizado como solvente. Por este método podemos obtener tanto el harina como el aceite de alta calidad. Dicho proceso consta de los siguientes pasos:

Acondicionamiento de las semillas de algodón en trocitos aplanados, cuidando que la humedad sea de 10 a 11%, calentar por 30 minutos en un acondicionador de pulpa de semilla de algodón. Después este material es transportado a un torbellino en espiral por un sistema de aire caliente ( 140° F por 30 seg. ), por una válvula rotatoria son alimentados usando un sistema neumático. Las hojuelas son calentadas para que adquieran fragilidad y pasarlas a percolación en el extractor. En la extracción lípidos residuales en el harina son reducidos a 1%. Con

dicionadas las hojuelas son extractadas en una canasta horizontal mientras se mueven en un sistema a contracorriente en una mezcla con el solvente.

Se utiliza un solvente de composición; 60% de hexano, 39% de acetona y 1% de agua a una temperatura de 110 - 115°F; el tiempo de extracción es de 1 hora y 20 minutos. Recuperación del aceite (previo al refinamiento de la micela). El 20% del aceite de la micela del extractor es filtrada y concentrada a 50% de aceite en un evaporador. El refinamiento de la micela y el líquido jabonoso son separados en una centrífuga de vapor. La micela separada es filtrada usando un percolador para remover cualquier traza de solución jabonosa antes de recuperar el aceite y la micela es almacenada. El aceite recobrado es obtenido del solvente en un tipo de disco por vacío, después de haber pasado por un segundo evaporador.

#### Preparación del harina, trituración y clasificación:

Las hojuelas de semilla de algodón después de extractadas son disueltas a presión por 60 min. a una temperatura de 225°F la cual no afecta el valor de la lisina. El harina obtenida es enfriada mientras comienza a transportarse neumáticamente para triturarse a menor diámetro de las partículas del harina.

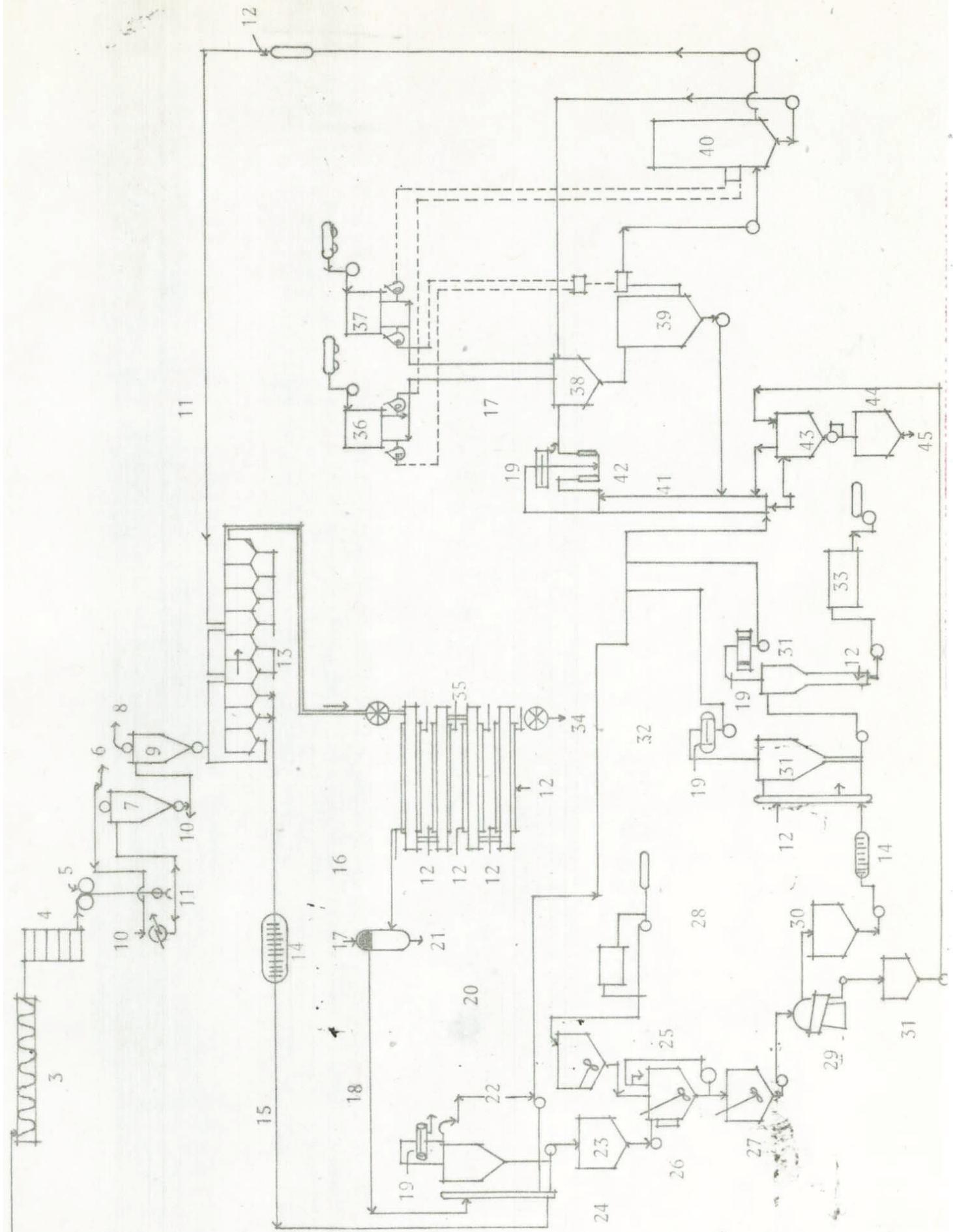
El harina es entonces clasificada, la de mayor calidad es la que contiene 57.5% de proteína esta es la que pasa a través de una criba de 200 mallas.

#### Recuperación del Solvente:

El solvente recuperado es retornado a la columna por remoción de diacetona, alcohol y óxido de mesitileno. El solvente es rectificado a presión atmosférica sobre un rango de 120 - 198° F. El solvente rectificado puede ser pasado al segundo evaporador y al solvente precalentado dentro del extractor. El solvente condensado, retornado a los tanques fluye por gravedad dentro de un separador. El fondo más alto del separador conteniendo acetona con exceso de agua es bombeado a la columna de rectificación para su recuperación, evitando contaminación de los solventes AHW. El solvente perdido durante el proceso es cerca de 0.5%. ( Ver Diagrama ).

#### Obtención de harina de semilla de algodón por tratamiento con - alkali:

Este método tiene como fin obtener un harina con alto contenido de proteína detoxificada. Primeramente las pulpas de la semilla son rociadas con 2.5% de solución acuosa de NaOH para obtener un PH aproximado de 10.5, la temperatura debe mantenerse a 160° F aproximada-



PROCESO USDA PARA OBTENER HARINA DE SEMILLA DE ALGODON CON ALTO CONTENIDO DE PROTEINA:

- 1.- Preparación y acondicionamiento; agua (10-11% de humedad).
- 2.- Recepción de médula de semilla de algodón.
- 3.- Acondicionador.
- 4.- Calentador.
- 5.- Rodillos para formar las hojuelas.
- 6.- Aire + Agua = Salida.
- 7.- Calentador.
- 8.- Agua (Salida).
- 9.- Aditamento para reducir de tamaño las hojuelas.
- 10.- Aire.
- 11.- Transporte Neumático.
- 12.- Vapor.
- 13.- Extractor.
- 14.- Filtro.
- 15.- Producto de micela.
- 16.- Recuperación de harina.
- 17.- Solvente.
- 18.- Vapores de solvente.
- 19.- Agua.
- 20.- Recuperación de Aceite.
- 21.- Escurridor.
- 22.- Evaporador Primario.

- 23.- 50% de Aceite.
- 24.- Tanque de almacenaje de micela cruda.
- 25.- 50% de NaOH.
- 26.- Caldera de Refinamiento.
- 27.- Tanque de micela Refinada.
- 28.- Refinación de Micela.
- 29.- Centrífuga.
- 30.- Segunda refinación de micela.
- 31.- Bomba de Vacío.
- 32.- Recuperación de Aceite.
- 33.- Tanque de almacenamiento de aceite residual.
- 34.- Producto de harina para empaquetarse.
- 35.- Desolventizador.
- 36.- Tanque de almacenaje de Hexano.
- 37.- Tanque de almacenaje de Acetona.
- 38.- Tanque de Solvente.
- 39.- Separador.
- 40.- Tanque de trabajo.
- 41.- Columna de Rectificación.
- 42.- Control de Reflujo.
- 43.- Calentador.
- 44.- Tanque de almacenaje de burbujas de jabón.
- 45.- Para acidular..

mente por 20 minutos. Después dicho material es transportado a un segundo mezclador donde es rociado con  $H_2O_2$  de dos volúmenes para obtener un pH aproximado de 7.0 a 8.0, esta  $H_2O_2$  es mantenida a una temperatura de 160°F. Este material después es secado por cualquier método dependiendo del propósito para que se quiera. Después del tratamiento con NaOH se trata con HCl con lo que queda libre de gossypol.

Pequeñas cantidades de proteína en una solución alcalina acuosa, seguida por una operación de calor dan una harina detoxificada con buenas propiedades nutricionales. En este método la solución alcalina de proteína es detoxificada antes o después de la extracción del aceite.

La utilización de pequeñas cantidades de uréa u otros compuestos amida son muy importantes en la detoxificación del harina de semilla de algodón no únicamente por que la detoxificación puede ser efectuada a bajas temperaturas sino que también el harina resultante tiene una alta clase de proteína como también un contenido de compuestos amida radical. Adicionandole 1% de uréa comercial incrementa el valor de la proteína en un 2.6% (la uréa pura contiene 46.67% de  $N_2$ ).

Obtención de harina de semilla de algodón por tratamiento con aminos:

En general ya obtenida el harina de semilla de algodón contienen

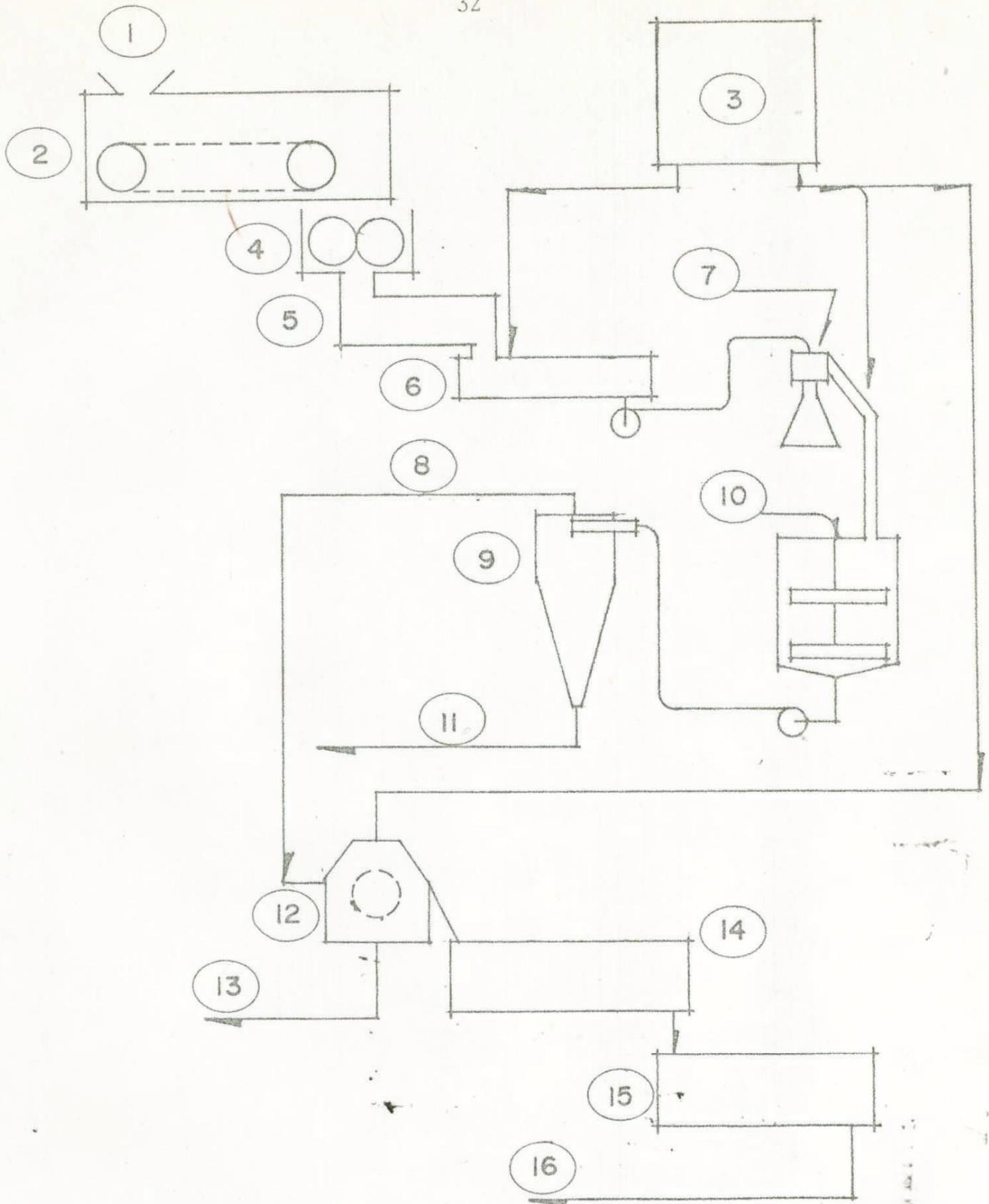
do un alto grado de gossypol libre ésta es tratada con un exceso de una amina orgánica primaria por un mínimo de 5 minutos con lo cual son convertidos tanto el gossypol como los demás pigmentos, en compuestos no tóxicos, estos compuestos formados son solubles en solventes orgánicos no-polares como hidrocarburos ( benceno, hexano, heptano ). Utilizando este tratamiento se ahorra el tener que aplicar tratamientos mecánicos severos durante la obtención de una harina detoxificada.

Los tipos de aminas que pueden ser usadas en este proceso son cualquier amina orgánica primaria capaz de reaccionar con residuos libres de gossypol a condiciones suaves de temperatura con contenido de humedad normal ( 3 a 12% ). El tiempo de contacto entre el tratamiento de aminas y el harina puede ser desde 5 a 60 minutos dependiendo de la temperatura empleada y de las cantidades de pigmento contenidos en el harina. La reacción puede ser facilitada por ligera agitación durante el tratamiento con la amina. En el caso de las aminas, éstas pueden ser puras o pueden ser usadas en solución en un solvente no polar como el cloroformo, hexano o benceno. El amina, mezcla de aminas o solución de solvente orgánico de aminas utilizados pueden ser recirculados para volver a usarse en tratamientos subsiguientes. En el siguiente esquema podemos ver la reducción del gossypol al ponerse en contacto con aminas el harina de semilla de algodón.

Proteína	Contenido de lisina g/16g. N	Contenido de grupos E-amino libres de la lisina		
		Material Original g/16g. N	Complejo pH 6	Prot- goss pH 8
Suero de albúmina bobina	8.4-12.8	11.9	8.3	
B-lactoalbúmina	10.2-13.3 11.3	12.5	10.2	
Albúmina de huevo	5.6-7.0 6.6	6.7	4.1	2.7
Globulina de s. de a.	3.5	3.5	3.0	1.2

#### Proceso Líquido - Ciclón:

Primeramente la médula de la semilla del algodón es descargada en un aditamento donde perderá humedad, después pasa por unos rodillos donde saldrán en especie de hojuelas para que después pase a un molino y luego a un tanque donde se pondrá en contacto con hexano, dicho tanque esta previsto de agitación. Todo este contenido es pasado al tanque llamado "líquido - ciclón" en el cual hay separación de 2 fracciones, en una de ellas se concentra más la proteína que es la fracción del harina y simultáneamente en la otra fracción se concentra el gossypol. El harina obtenida en la primera fracción es de textura blanda, color claro que pueda contener hasta un 70% de proteína de la cual se pueden obtener productos de panadería de buena aceptabilidad cuando



PROCESO LIQUIDO-CICLON

## PROCESO LIQUIDO-CICLON:

- 1.- Descarga de médula de semilla.
- 2.- Secador de médula.
- 3.- Tanque de hexano.
- 4.- Rodillos para aplanar los trozos de médula.
- 5.- Alimentador de hojuelas.
- 6.- Fluidizador.
- 7.- Molino.
- 8.- Sobreflujo.
- 9.- Líquido Ciclón.
- 10.- Tanque de dilución.
- 11.- Proceso de salida.
- 12.- Filtro.
- 13.- Aceite y recuperación de solvente.
- 14.- De-solventizador/secado y esterilizado.
- 15.- Empaquetado.
- 16.- Para almacenaje.

se es mezclada con harina de trigo. La otra fracción puede ser mezclada con otros productos y utilizada como fertilizante.

La economía de este proceso es favorable por lo que cada vez tiende a usarse con más frecuencia.

## VII. UTILIZACION DEL HARINA DE SEMILLA DE ALGODON:

### Como Alimento para Humanos:

Dado tanto la alta cantidad proteínica como la calidad de esta en el harina de semilla de algodón se estan llevando a cabo estudios para ver la manera de como introducir este producto a alimentos comestibles; el problema principal es el de como reducir la cantidad de "gossypol" a cantidades no mayores de 0.060% para que no sea un producto tóxico. La semilla de algodón que va a ser utilizada para este fin debe ser finamente tratada y removida su cáscara. Dicha harina que se va a obtener debe de contener: 48% de proteína, 12% de grasa y 4% de fibra cruda para que tenga buenas cualidades nutricionales como son sabor, olor, uniformidad de color, etc. El método más utilizado para obtener esta harina es el de presión por expellers cuidando de que la temperatura no sea muy alta para no dañar la proteína. La composición de esta harina como vitaminas, minerales y contenido de amino-

ácidos están dados en las Tablas No. 6, 7 y 8. Al igual que el harina también concentrados y aislados de proteína de semilla de algodón son utilizados para enriquecer alimentos. Principalmente alimentos de repostería son enriquecidos con harina de semilla de algodón. Aproximadamente 10% del harina de trigo puede ser reemplazada para que el producto resultante retenga su deseable apariencia, sabor, textura y color.

Se ha observado que esta harina tiene mejor sabor que la de soya. También es utilizada para fortalecer bebidas cítricas, salchichas ahumadas, waffles, etc.

#### Usos para Alimentos de Animales :

Rumiantes: El harina de semilla de algodón puede ser una buena fuente de proteína y energía, además de que para esta clase de animales no es tóxico ya que éstos tienen microorganismos capaces de romper las proteínas en fracciones y volverlas a construir en este caso la distribución de los aminoácidos no es tomada en cuenta.

Otra ventaja que tiene esta harina es que es más barata que el grano y nutricionalmente más rica, además es rica en vitamina A ó caroteno. También es utilizada para obtener concentrados y así enriquecer alimentos más comunmente usados para estos animales. Se ha visto

TABLA No. 8

EFFECTOS QUE PRODUCE EL REMOVIMIENTO DE GOSSYPOL LIGADO SOBRE EL VALOR  
NUTRICIONAL DE EL HARINA DE SEMILLA DE ALGODON

Descripción del Harina	Contenido de Gossypol		Disponibilidad de la Lisina	Promedio de Ganancia de peso en puercos en 4 semanas grms.
	Libre %	Ligado %		
Harina Original	0.033	1.32	54.90	121.7
Tratada para remover - el gossypol libre	0.003	1.10	54.10	157.8
Tratada para remover - el gossypol ligado	0.004	0.49	70.40	222.4
Harina Standard (extraída con butanona)	0.006	0.37	87.50	233.2

que como alimento para vacas lecheras tiene ventaja ya que nos produce una leche de la cual obtenemos una mantequilla de alto punto de ebullición y buena textura ya que cuando éstas se alimentan con pastura nos dan una mantequilla de consistencia blanda.

Los becerros menores de 6 meses, no pueden ser alimentados con esta harina ya que para ellos sí es dañino por todavía no tener capacidad de romper las proteínas, función que corresponde a los microorganismos del rumen, parte esto del aparato digestivo, que aún no esta bien desarrollado en animales de tan corta edad.

**Puercos:** Se ha visto que es provechoso para estos animales siempre y cuando se cuide el nivel de % de gossypol no se exceda de 9% de la ración. Hay dos principales factores que influyen en la obtención de el harina que será utilizada para estos animales; la toxicidad del gossypol y la calidad de la proteína.

**Aves de Corral:** Cuando se alimentan con esta harina se deben tener las mismas precauciones que en el caso de puercos ya que también se trata de animales monogástricos; se debe tener cuidado con la cantidad de gossypol libre contenido en el harina. ( Ver Tabla No.8 )

Quando las gallinas son alimentadas con harina de semilla de algodón, los huevos que produce desarrollan una

decoloración en la yema la cual es mas acentuada a medida que pasa -  
 el tiempo de almacenaje, tal decoloración puede ir desde verde olivo -  
 hasta negro, aunque su calidad nutricional no sea dañada causan mal -  
 aspecto por lo que son invendibles.

### VIII. CONCLUSIONES

Dado el problema de desnutrición mundial una de sus solucio -  
 nes sería enriquecer alimentos a base de productos altos en proteína -  
 y bajo costo en el procesamiento de obtención; en este caso el harina  
 de semilla de algodón obtenida como subproducto en la obtención del -  
 aceite la cual contiene un alto porcentaje <sup>DE</sup> (en la) proteína por lo que pue -  
 de tener ventajas económicas en la nutrición humana; esto incluye -  
 creaciones de nuevos productos; mejorando su apariencia y aumentar -  
 do la conveniencia para el ama de casa, ayudándole a resolver el pro -  
 blema de desnutrición. De esta harina se pueden obtener concentra -  
 dos y aislados los cuales nos sirven como ingredientes de alimentos -  
 para elevar su valor nutricional.

Cada día hay más progresos en investigación para dar solución  
 al problema de su toxicidad procurando causar el mínimo daño a la -  
 proteína para que de esta manera pueda ser utilizado también para ali -  
 mentos de animales con absoluta confianza como gallinas y puercos.

## BIBLIOGRAFIA

1. K.M. Decossas, .L.J. Molaison, A. de B. Kleppinger, V. L. Laporte, E. A. Gastrock, "New USDA process makes high protein flour from cottonseed"; USDA, New Orleans, La. pags 88-92 ( 1968 ).
2. G. R. Hennessey, M. F. Stansbury and R. M. Persell, "USDA creates nutritive functional products", Southern Regional Research Laboratory, New Orleans, La. pags. 71-74 ( 1971 ).
3. R. A. Jonson and P. T. Anderson, "Cottonseed", Techniques, Inc pags. 232-242 ( 1964 ).
4. A. M. Altechul, C . M. Lyman and F.H. Thurber "Cottoseed Meal" pags. 469-534.
5. Thomas D. Fontaine, "Cottonseed proteins", Beltsville, Maryland, pags. 409-465.
6. Edith J. Conkerton and Vernon L. Frampton, "Reaction of gossypol with free -Amino groups of Lysine in proteins", pags. 130-133 ( 1958 ).
7. Roger Adams and T. A. Geissman, "Gossypol, a pigment of Cottonseed, Noyes Chemistry Laboratory, University of Illinois, Urbana, Illinois, pags. 555-571 ( 1960 ).

8. F.G. Dellear and K.S. Markley, "Miscellaneous Constituents"  
Nes Orleans, Lousiana, pags. 466 - 493 ( 1943 ).
  
9. Ruth H. Matthews, Elinora J. Sharpe, and Willa M. Clark, "The  
use of some oilseed flours in bread", Human nutrition research  
division, Agricultural research Service, U. S., Departament of  
Agriculture, Beltsville, Maryland, pags. 181-188 ( 1970 ).