

OBTENCION DE ALMIDON
DE SORGO A ESCALA
DE LABORATORIO

TESIS QUE PRESENTA

MARIO LOPEZ VERDUGO

ANTE LA

ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

DE LA

UNIVERSIDAD DE SONORA

PARA OBTENER EL TITULO DE

QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

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

R E C O N O C I M I E N T O

Deseo expresar mi reconocimiento al Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora y en particular a la división de Química Orgánica, por la supervisión y facilidades que me fueron brindadas para la realización del presente trabajo.

C O N T E N I D O

RESUMEN	1
I.- INTRODUCCION	4
II.- GENERALIDADES	7
III.- TRABAJO EXPERIMENTAL	18
IV.- RESULTADOS	26
V.- EVALUACION DE RESULTADOS	32
VI.- CONCLUSIONES	37
VII.- BIBLIOGRAFIA	40

RESUMEN

Se investiga la obtención de almidón usando -- grano de sorgo como materia prima. Se analizan algunas - variedades de grano para conocer su contenido en almidón y seleccionar aquellas cuyo contenido sea mayor.

De acuerdo con los resultados, se seleccionan- las variedades Hegari y Cosechero para extraer el almi - dón.

Ambas variedades se someten a un proceso de -- molienda húmeda, para extracción del almidón. Durante el desarrollo del proceso se opera a dos diferentes tempera turas y a dos diferentes relaciones sólido-líquido.

El arreglo de las condiciones experimentales - se hace de acuerdo a un diseño factorial.

Se analizan estadísticamente los datos obteni- dos y se concluye que:

Son de gran importancia las variedades de gra- no usadas, en la obtención de rendimientos satisfacto -- rios.

La variedad Hegari dá mejores resultados que - la variedad Cosecheros.

La temperatura y la relación sólido-líquido no tienen significación en los resultados, a los niveles en que se trabajan.

Como un experimento complementario, se hacen-- análisis de humedad y proteínas a los almidones obteni - dos en el laboratorio y a dos muestras comerciales, esco gidas al azar, para tener una idea somera de la calidad- de los almidones obtenidos en el presente trabajo.

INTRODUCCION

El Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora viene desarrollando una serie de trabajos de investigación encaminados al mejor aprovechamiento de los recursos naturales de Sonora, ayudando de una manera directa al Plan de Diez Años para el desarrollo industrial del Estado.

Uno de los recursos naturales de consideración en la entidad, es el cultivo del sorgo. En el ciclo agrícola 1963-64, se sembraron 8,674 hectáreas que produjeron 18,549 toneladas de grano; ocupando el tercer lugar entre los cereales cultivados en el estado, después del trigo y maíz (6).

El motivo que hizo pensar en el grano de sorgo como materia prima del presente estudio, fué su contenido en almidón semejante al del maíz, principal fuente de obtención del mismo. Siendo el precio menor en el sorgo, se pensó en las posibilidades económicas de obtención de éste producto.

El objeto principal de éste trabajo fué determinar la variedad de grano, disponible en Sonora, que dé mejores rendimientos en la extracción del almidón; así como también determinar, en parte, las mejores condiciones para el desarrollo del proceso de extracción.

Si el proceso resulta costeable, después de -

trabajos mas amplios, además de un estudio técnico econó-
mico, tendrá cabida en un futuro próximo dentro el Plan
de Diez Años que el Gobierno del Estado viene desarrollan-
do para la industrialización de Sonora; contribuyendo de
ésta manera a la creación de nuevas fuentes de trabajo -
y de riqueza y a resolver, en parte, el problema de la -
diversificación agrícola.

GENERALIDADES

El sorgo es un grano de importancia mundial. Actualmente, el nombre se aplica a un grupo de plantas de la familia de los pastos, cuyo nombre científico es Sorghum vulgare; del cual existen muchas variedades, se conocen mas de 400, pero solo 60 son de importancia comercial (4).

El sorgo tiene una historia que data de las civilizaciones antiguas en Asia y Africa.

Todas las variedades del sorgo caen dentro de cuatro grupos principales:

a). Sorgo forrajero o dulce, que tiene tallos jugosos y dulces.

b). Sorgo escobero, cuyas variedades tienen una panoja muy larga que produce una fibra especial con características que la hacen aprovechable en la fabricación de escobas, escobetas y productos similares.

c). Pasto o Zacate Sudan, que produce -- abundante forraje.

d). Sorgo de grano, que tiene tallos gruesos y secos y granos con gran cantidad de almidón (15).

La planta de sorgo es mas eficiente que el maíz para absorber y retener humedad. Parece tener la habilidad de permanecer latente durante las temporadas de -

sequías y crecer otra vez cuando es regada (8).

La planta madura puede crecer a una altura de 60 cm. a 3 mts., dependiendo de la variedad, pero la mayoría de las variedades tienen alrededor de 1.20 mts. de alto (15).

Las hojas y el tallo se parecen a las de maíz, pero los granos son más pequeños, en número de 25,000 a 60,000 por Kg., en comparación con los de maíz, los cuales se encuentran en número de 16,000 a 20,000 por Kg., y están sostenidos en racimos en una cabeza terminal compacta. Las semillas coloreadas, son características para cada variedad e incluyen los colores café, rojo, canela y blanco.

Estructura y composición de los granos de sorgo. La estructura es similar a la de los granos de maíz, estando compuestos aproximadamente de 82% de endospermo, 10% de germen y 8% de salvado. La composición química de los granos, está dada en la tabla No. 1 (15).

Alrededor del 94% del almidón total está en el endospermo junto con el 84% de la proteína, el germen contiene 76% de la grasa.

Usos Industriales del grano del sorgo. Para llevar a cabo las distintas aplicaciones industriales --

TABLA No. I

Análisis aproximado de los granos de sorgo.

	Mínimo	Máximo	Promedio
Agua (% base húmeda)	8	20	11
Almidón	60	77	71
Proteínas (N X 6.25)	8	16	12.5
Grasa (extracto etéreo)	1.4	6.1	3.4
Cenizas	1.2	7.1	2.2
Fibra cruda	0.4	13.4	2.7
Pentosanas	1.8	4.9	2.5
Azúcares no reductores (Sucrosa)	1.0	1.4	1.2
Azúcares reductores (Dextrosa)	0.4	1.0	0.6
Taninos	0.03	0.17	0.1
Ceras	0.2	0.5	0.3

que se le van a dar al grano de sorgo, se somete a diferentes tratamientos. El primer paso común es la eliminación de la cascarilla que contiene los pigmentos y taninos del grano y que generalmente es hecha por abrasión.

La harina de sorgo se obtiene por molienda seca similar al proceso usado en la elaboración de harina de maíz. Es utilizada como un alimento básico en lugares como Africa, China, y el centro de la India, en la elaboración de atole y en combinación con harina de trigo como un sustituto del pan y productos similares.(1)

La obtención de almidón, aceite y proteína del grano se hace por medio de molienda húmeda y posterior fraccionamiento de los componentes.

El aceite de sorgo tiene los mismos componentes grasos y las mismas propiedades que el aceite de maíz.

La cascarilla del grano de sorgo tiene una cubierta de cera, relativamente gruesa, que se puede extraer fácilmente por solventes. Esta cera tiene características semejantes a la de Carnauba.

La proteína del grano se usa principalmente como alimento para animales. Contiene alrededor de 18% de ácido glutámico por lo que podría constituir una ma-

teria prima para la elaboración de glutamato de sodio.

A L M I D O N

El almidón es un polisacárido natural, compuesto por unidades de glucopiranosas ligadas por enlaces alfa glucosídicos. Su fórmula es $(C_6H_{10}O_5)_n$, en la que n es probablemente mayor de 1000. Se presenta en forma de gránulos blancos formados por un polímero lineal (amilosa) y un polímero ramificado (amilopectina). Estos dos polímeros se hayan orientados y asociados en una estructura reticular cristalina, de tal modo que los granos son insolubles en agua fría y algo resistentes a las enzimas hidrolíticas naturales (10).

El almidón es una sustancia de reserva de las plantas. Sus variedades botánicas muestran diferencias en sus propiedades físicas y en su composición química.

El diámetro de los gránulos de almidón de los cereales varía entre 3 y 20 micras; el de las raíces y tubérculos entre 10 y 100 micras.

Los gránulos de almidón se hinchan progresivamente cuando se calientan en agua a 60-70°C, se disuelven los polímeros más cortos; a temperaturas más altas se gelatinizan. La temperatura de gelatinización en agua varía entre 70 y 80°C. Con la gelatinización se pierde -

la birrefringencia, se desintegra el gránulo y se forma una pasta, un gel o un sol, según su origen y la concentración del almidón.

Todos aquellos agentes notables por su capacidad para romper los enlaces de hidrógeno, son disolventes del almidón a la temperatura ordinaria (11).

La organización de los gránulos puede romperse por una molienda muy fina u otro medio mecánico que someta al material a un poderoso esfuerzo cortante. Después de la ruptura por ciertos planos de exfoliación, el gránulo tiende a gelatinizarse, aún en el agua fría y se hace menos resistente a la acción de las enzimas.-

La mayoría de las variedades de almidón tienen dos tipos de polímeros que difieren en estructura química y peso molecular. La amilosa que consta de 200-1000 unidades de glucopiranosas unidas por enlaces glucosídicos alfa 1,4. La amilopectina, está formada por -- 1500 o más unidades de glucopiranosas. Además de los enlaces normales alfa 1,4; la estructura ramificada tiene un enlace alfa 1,6 en el punto de la ramificación, en relación de 1:25 aproximadamente.

Al dispersarse el almidón en el agua, el sol puede fraccionarse en sus componentes poliméricos por la adición de sustancias polares. La amilosa forma con

el alcohol butílico un complejo insoluble que puede ser sedimentado por centrifugación. La cantidad de amilosa-obtenida varía según el origen del almidón.

Los almidones procedentes de los granos céreos como algunas variedades especiales de maíz y de sorgo, no contienen amilosa; por el contrario los procedentes de algunas clases de chícharos contienen 75% de amilosa en peso. Los almidones industriales comunes contienen 15-30% de amilosa (9).

La relativa facilidad con que el enlace polimérico del almidón es hidrolizado por las enzimas y por los ácidos, es una propiedad química de importancia industrial. El almidón gelatinizado por calentamiento con agua o disuelto con hidróxido de sodio, seguido de neutralización, es fácilmente hidrolizado por las amilasas.

La alfa amilasa hidroliza las grandes moléculas polímeras de almidón, en moléculas mas cortas (dextrinas). Es característica de ésta reacción, la disminución de la viscosidad del medio de almidón, con muy pequeña producción de azúcares reductores, reacción que se usa para fabricar adhesivos con baja viscosidad.

La beta amilasa desdobla las moléculas de almidón en el disacárido maltosa; las moléculas de amilopectina se desdoblan hasta un 50-60%. Un tercer tipo de

amilasa, la amiloglucosilasa hidrolisa las moléculas de almidón de ambas estructuras, con formación del monosacárido D-glucosa.

Los ácidos desdoblan todos los almidones hasta D-glucosa. Lo mismo que las enzimas, los ácidos causan al principio disminución de la viscosidad de la pasta; sin embargo, los ácidos penetran hasta los gránulos aún no hinchados de modo que es posible realizar hidrólisis a temperaturas más bajas que las requeridas para la gelatinización, hecho que se usa para la fabricación de almidones semicocidos.

Los grupos alcohólicos del almidón pueden ser oxidados para formar los grupos carbonilo o carboxilo, según el oxidante y las condiciones en que se realiza la oxidación. (10)

Almidón de sorgo. Los gránulos de almidón de sorgo son de forma redonda o poligonal y microscópicamente indistinguibles de los gránulos de almidón de maíz (15). El diámetro de los gránulos varía entre 4 y 25 micras.

Los gránulos de almidón de sorgo gelatinizan a 5°C más alto que los de almidón de maíz. El promedio de temperatura para el inicio de la gelatinización completa es de 67-75°C para el sorgo y de 62-72°C para el-

maíz (15).

Los almidones de sorgo, regular y ceroso, difieren marcadamente en las características de sus pastas, pero cada una es similar a su correspondiente del maíz. Por el contrario, no hay grandes diferencias en las características de las pastas entre las diferentes variedades de sorgo común, ni entre los diferentes tipos de sorgo ceroso (15).

El almidón de sorgo común (también llamado almidón de Milo) produce una pasta que es estable a la agitación en caliente. Después del enfriamiento, se convierte en un gel rígido e irreversible. El almidón de Milo contiene alrededor de 27% de amilosa, la fracción lineal que es responsable de la formación del gel (15).

El almidón de sorgo ceroso se llama también almidón de Milo Blanco, por el color del grano del cual se extrae, en contraste con el color rojo de los granos de sorgo común.

Las pastas de almidón ceroso tienen una alta viscosidad, pero la agitación en caliente reduce la viscosidad y no se recobra cuando se enfría.

Los gránulos contienen únicamente amilopectina, la fracción ramificada de la molécula (15).

Usos. Los almidones de sorgo son particularmente usados en la elaboración de alimentos suaves, ya que tienen menos sabor a cereal que otros almidones. La calidad de éstos permite conservar el sabor natural de los alimentos en que intervienen.

El almidón de sorgo tiene los mismos usos industriales que el almidón de maíz. Puede sufrir cualquier grado de modificación dependiendo de su aplicación. Los usos incluyen, adhesivos en la industria del papel y productos derivados.

El almidón de tapioca tiene gran importancia por la calidad de sus dextrinas, pero en la actualidad se hacen de mejor calidad a partir de sorgo ceroso.

Las pastas hechas con estas dextrinas de almidón ceroso, son claras y estables. Entre los productos de papel que pueden ser engomados con estas dextrinas están: Sobres, timbres y cintas.

Se puede obtener glucosa cristalina a partir de almidón de sorgo, de la misma manera que se elabora con almidón de maíz. Las aplicaciones de la dextrosa se extienden a todas las áreas de la industria alimenticia, incluyendo la elaboración de dulces, pan, frutas azucaradas, mieles y muchas otras (15).

TRABAJO

EXPERIMENTAL

A. SELECCION DE LAS VARIEDADES DE SORGO

Para el desarrollo del presente trabajo se dispuso de las siguientes variedades de grano de sorgo:

NK-283	Hegari
De-Kalb	Cosechero
NK-310	NK-222

Se analizaron para determinar la cantidad de proteínas (12) y almidón (3), seleccionándose las dos variedades disponibles con mayor contenido en almidón.

De los resultados de los análisis, se escogieron las variedades cosechero y hegari, para la extracción del almidón.

B. OBTENCION DEL ALMIDON A PARTIR DEL GRANO DE SORGO

El procedimiento empleado para la extracción del almidón fué el de molienda húmeda (1). Este procedimiento utilizado por algunos laboratorios de investigación, consta de las siguientes etapas:

1. Maceración de los granos
2. Molienda del grano macerado
3. Tamizado del producto de molienda
4. Separación del producto del tamizado

Antes de iniciar la primera etapa, el grano se sometió a un proceso de limpieza por medio de tamices y lavados con agua de la llave, para después secarlos en estufas eléctricas a 110°C por 4 a 5 horas.

1. Maceración de los granos.

En esta etapa del proceso fueron estudiadas algunas variables con el fin de determinar las mejores condiciones de trabajo en la fase inicial del proceso.

La tabla No. 2, representa el diseño del experimento con las variables utilizadas.

TABLA No. 2
Diseño del experimento.

	B-1		B-2	
	C-1	C-2	C-1	C-2
A-1	(1)	(2)	(3)	(4)
A-2	(5)	(6)	(7)	(8)

Los números entre paréntesis representan a los experimentos.

A GRANO

B TEMPERATURA

A-1= Variedad Hegari

B-1= 47.5°C

A-2= Variedad Cosechero

B-2= 55°C

C RELACION SOLIDO-LIQUIDO

C-1= 1500 g de grano/2800 ml. de agua con SO₂

C-2= 1000 g de grano/1000 ml. de agua con SO₂

Como se puede apreciar en la tabla anterior, se realizaron ocho experimentos diferentes combinando todas las variables utilizadas, de tal manera que cada variedad de grano se trabajó a dos diferentes relaciones sólido-líquido; una de ellas establecida por la literatura (C-1) (1), y otra seleccionada en este estudio (C-2).

Cada experimento con las relaciones anteriores, se maceró a dos diferentes temperaturas, una establecida por trabajos anteriores (47.5°C) (1), y otra establecida en el presente estudio (55°C).

El tiempo de maceración fué siempre constante para todos los experimentos (24 horas).

La maceración se llevó a cabo en matraces -- Erlenmeyer de 6 lt. de capacidad. Se empleó una solución de bióxido de azufre al 0.25% en agua estilada como líquido de maceración; de esta manera se evitó la fermentación, así como también sirvió para deslignificar parcialmente los granos.

El bióxido de azufre se produjo con calentamiento de ácido sulfúrico y azufre (13), burbujeado directamente en el agua de maceración y cuantificado por métodos yodométricos (2).

2. Molienda del grano macerado

Terminada la etapa de maceración, se desechó el líquido macerante y enseguida el grano se lavó con agua de la llave, antes de someterse a la siguiente etapa.

El molino que ha dado mejores resultados en esta clase de moliendas, es un tipo especial que alcanza 10,000 rpm. Tiene una serie de tamices intercambiables que permiten recoger el producto de la molienda de la finura deseada. Aunque se puede hacer uso de otros molinos, éste tiene la ventaja de que en una sola operación muele y tamiza el grano, separando así la cascarilla, gérmen y fibra del grano, dejando pasar por el último tamiz una suspensión de almidón y gluten, que es el fin de esta etapa del proceso.

En este trabajo, la operación anterior se realizó en etapas separadas: molienda y tamizado.

Para efectuar la molienda, se utilizó un molino de tipo manual a base de discos metálicos, uno fijo y otro móvil; de esta manera los granos procesados en la

etapa anterior se trituraron para fraccionarlos en sus diferentes constituyentes.

3. Tamizado del producto de molienda

Durante el desarrollo de la etapa anterior, se obtuvo una mezcla de almidón, gluten, gérmen y cascari-lla del grano en suspensión en agua. Para separar el almidón y gluten de las otras fracciones, se hizo uso del tamizado.

Esta operación que consiste en la separación de una mezcla de partículas de diferente tamaño en dos o más fracciones, cada una de las cuales estará formada por partículas de tamaño más uniforme que la mezcla original (5), se realizó haciendo pasar el producto de la molienda por una serie de tres tamices Tyler números 16, 40 y 200 (0.991 mm., 0.416 mm., 0.074 mm. de abertura -- entre hilos, respectivamente), con adición de agua.

Las fracciones que no pasaron por los tamices, se suspendieron de nuevo en agua para someterse a otra operación de tamizado.

De esta manera se obtuvo un producto final formado por una mezcla de almidón-gluten, la cual pasó a través del tamiz más fino (200), mientras que las fracciones restantes quedaban como remanentes en los tamices

4. Separación del producto de tamizado

Para separar la mezcla almidón-gluten en sus dos componentes se hizo uso de una mesa de separación, inclinada. La mesa usada fué un trozo de fierro canal "U", de 10 cm. de ancho por 6.10 mts. de largo, con un desnivel en toda su longitud de 6.25 cm. (inclinación aproximada de 1%).

Para efectuar la operación se ajustó la densidad a 6^oBe. (1). En un matraz Erlenmeyer de 6 lts. de capacidad se colocó la suspensión, en el cual se adaptó un agitador magnético para que la suspensión se conservara homogénea al estar fluyendo a la mesa de separación. El flujo se efectuó por gravedad a una velocidad aproximada de 290 c.c./min. (1), regulada por medio de una pinza de tornillo al final del tubo de salida.

El almidón se sedimentó en el fondo de la mesa y el gluten se recogió al final de la misma.

Aproximadamente se usaron 1500 ml. de agua para eliminar del almidón sedimentado, las últimas trazas de gluten depositado en la superficie.

El almidón se recogió de la mesa y se suspendió en agua destilada, para eliminar las últimas trazas de material soluble; después se filtró al vacío a través de embudos Buchner con papel filtro Whatman No. 40, de -

donde se recogió para pasarlo al secado en estufas eléctricas a 30-40°C. El producto final fué un almidón de forma granular y con un contenido de humedad de aproximadamente 10%.

El gluten recogido al final de la mesa de separación, se filtró también al vacío y se secó en igual forma que el almidón. Se obtuvo un producto final con un alto contenido en proteínas.

El diagrama que representa el proceso de molienda húmeda está dado en la figura No. 1.

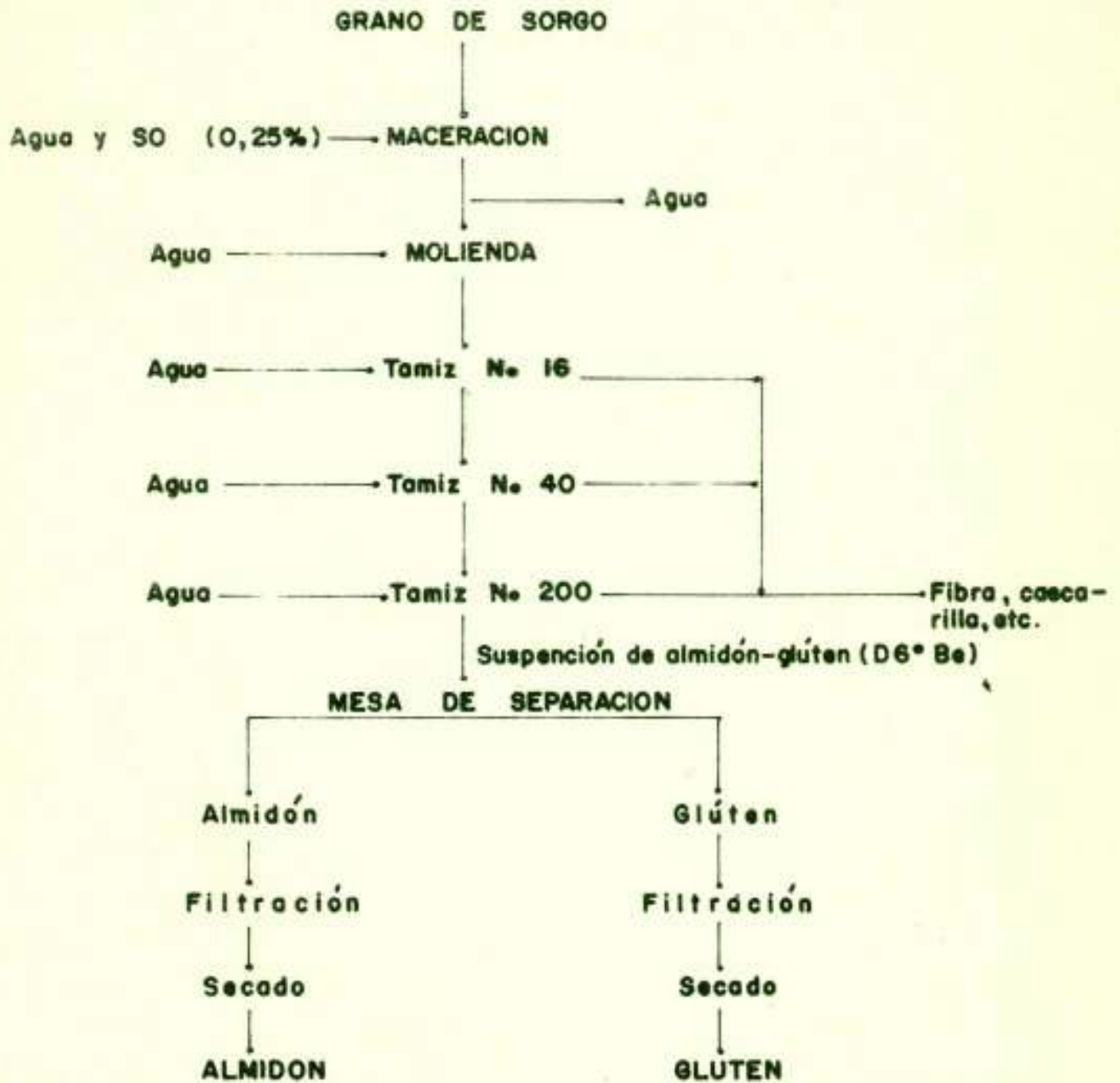
Como un experimento colateral del presente trabajo, se hicieron algunos análisis de los almidones obtenidos en el laboratorio y de dos muestras comerciales, para conocer su contenido en proteínas y humedad, a fin de darnos una idea somera de la calidad de los almidones obtenidos en el laboratorio en comparación con los que se encuentran en el mercado.

El análisis de humedad se determinó secando las muestras en estufas eléctricas a 110°C (14).

El contenido de proteínas se determinó por el método del micro Kjeldahl (12).

Fig. No 1

DIAGRAMA DEL PROCESO DE MOLIENDA HUMEDA



RESULTADOS

A. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA SELECCION DE VARIEDADES

Se seleccionaron las variedades NK-283, Hega - ri y Cosechero, por su mayor contenido en almidón (tabla No. 3).

Se descartó la variedad NK-283 por la dificultad de conseguirla en el mercado y su escasa área de cultivo (6).

TABLA No. 3

GRANO DE SORGO	PROTEINAS %	ALMIDON %
NK-283	12.79	68.40
De-kalb	12.48	56.70
NK-222	12.00	56.70
NK-310	12.06	56.70
Hegari	10.52	61.65
Cosechero	11.91	63.00

B. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EXTRACCION DEL ALMIDON

Los resultados de la extracción del almidón - se expresan como rendimiento práctico y rendimiento absoluto, que se definen de la manera siguiente:

a). Rendimiento práctico: Relación de - gramos de almidón extraído por gramos de sorgo procesado, multiplicado por cien. (tabla No. 4).

b). Rendimiento absoluto: relación de gramos de almidón producido a gramos de almidón presente en el sorgo procesado, multiplicado por cien. (tabla No. 5)

TABLA No. 4

Rendimiento práctico, expresado en gramos de almidón producido por 100
gramos de grano de sorgo procesado

	B-1 47.5°C		B-2 55°C	
	C-1 1500/2800 (1)	C-2 1000/1000 (2)	C-1 1500/2800 (3)	C-2 1000/1000 (4)
A-1 Hegari	45.3	45.0	46.0	47.5
A-2 Cosechero	38.5	38.5	37.0	37.5
	(5)	(6)	(7)	(8)

En la parte superior derecha de cada cuadro se anota el número del experimento.

TABLA No. 5

Rendimiento absoluto, expresado en gramos de almidón extraído, por 100 gramos de -
 almidón presentes en el grano de sorgo procesado.

	B-1		B-2	
	47.5°C		55°C	
	C-1	C-2	C-1	C-2
A-1	1500/2800	1000/1000	1500/2800	1000/1000
Hegari	(1) 73.4	(2) 72.9	(3) 74.6	(4) 77.0
A-2	(5) 61.1	(6) 61.1	(7) 58.7	(8) 59.5
Cosechero				

TABLA No. 6

Análisis de humedad y proteínas de los almidones comerciales y de los obtenidos en el laboratorio

AJ MIDON	% PROTEINAS*	% HUMEDAD
1	0.33	9.46
2	0.29	9.51
3	0.30	9.38
4	0.26	9.50
5	0.36	9.80
6	0.29	9.53
7	0.32	10.52
8	0.36	9.65
M-1	0.44	10.70
M-2	0.39	10.78

* N x 6.25

1 a 8 almidones obtenidos en el presente trabajo.

M-1 y M-2 muestras comerciales de almidón de maíz.

EVALUACION
DE RESULTADOS

Se analizaron los datos obtenidos con el dise
ño factorial por el método estadístico de análisis de -
 variancia (7), para ver si había diferencia significativa
 entre las distintas variables estudiadas.

TABLA No. 7
 Sumas para factores A B y C

	B-1		B-2		Sumas A
	C-1	C-2	C-1	C-2	
	(1)	(c)	(b)	(cb)	
A-1	73.4	72.9	74.6	77.0	297.9
	(a)	(ac)	(ab)	(abc)	
A-2	61.1	61.1	58.7	59.5	240.4
Sumas	134.5	134.0	133.3	136.5	538.3
Sumas B	268.5		269.8		
Sumas C	267.8		270.5		

En la parte superior derecha de cada cuadro, -
 se anota la clave para cada experimento.

CALCULOS PARA ANALISIS DE VARIANCI

$$A = (a + ac + ab + abc) - (1 + c + b + cb) = -57.5$$

$$B = (b + cb + ab + abc) - (1 + a + c + ac) = 1.3$$

$$C = (c + ac + cb + abc) - (1 + a + b + ab) = 2.7$$

$$AB = (1 + ab + c + abc) - (a + b + ac + cb) = -9.3$$

$$AC = (1 + b + ac + abc) - (a + ab + c + cb) = -1.1$$

$$BC = (1 + a + bc + abc) - (b + ab + c + ac) = 3.7$$

$$ABC = (a + b + c + abc) - (1 + ab + ac + bc) = -2.1$$

TABLA No. 8
Análisis de variancia

Puente de Variación	Valor	Cuadrados	Dividir entre 8	Grados de Libertad	F
Grano (A)	-57.5	3306.25	413.28	1	171.48
Temperatura (B)	1.3	1.69	0.21	1	0.08
Rel. Sol-liq (C)	2.7	7.29	0.91	1	0.37
Interacción (AB)	-9.3	86.49	10.81	1	4.48
Interacción (AC)	-1.1	1.21	0.15	1	
Interacción (BC)	3.7	13.69	1.71	1	
Interacción (ABC)	-2.1	4.41	0.55	1	
Total	538.3	289766.89	36220.86	7	

Valor crítico de F para 95% de seguridad = 10.13

Valor crítico de F para 99% de seguridad = 34.12

Grano F= 171.48	Diferencia muy significativa - puesto que es mayor de 10.13 y 34.12, valores críticos de F - para 95 y 99% de seguridad, - respectivamente.
Temperatura F= 0.08	Diferencia no significativa
Rel. Sól-liq F= 0.37	Diferencia no significativa

El grano de sorgo que dió mejores rendimientos fué la variedad Hegari; aunque con menor porcentaje de almidón que la otra variedad, probablemente su consistencia sea más blanda y por consiguiente más fácil de extraerle el almidón.

A los niveles en que se trabajó la temperatura y la relación de sólido-líquido, estudiadas en esta investigación, parecen no tener significación en los resultados en relación con las establecidas por otros estudios.

Los análisis de humedad y proteínas de los almidones obtenidos en el presente estudio, arrojaron valores menores que las muestras comerciales.

CONCLUSIONES

De los datos obtenidos en el análisis de variancia se concluye lo siguiente:

1. Es de gran importancia la variedad de grano empleada en la obtención de rendimientos satisfactorios.

El grano que dió mejores resultados fué la variedad Hegari; aunque con menor porcentaje de almidón - que la variedad Cosechero, tuvo un rendimiento absoluto promedio de 74.47%, contra 60.1% de la segunda variedad. Lo anterior hace suponer que la primera variedad tiene una consistencia más blanda y es más fácil de extraerle el almidón.

2. A los niveles en que se trabajó, la temperatura (B-2) y la relación sólido-líquido (C-2), estudiadas en esta investigación, parecen no tener significación en los resultados en relación con las establecidas por -- otros trabajos (B-1 y C-1).

Por consiguiente, se puede trabajar cualquiera de las dos temperaturas (B-1 y B-2), lo mismo que a las dos relaciones sólido-líquido (C-1 y C-2), sin variación significativa en los resultados, recomendándose - las condiciones: Temperatura igual a 47.5°C y relación-sólido-líquido igual a 1, por ser las que representan - menor proporción de calor y materiales empleados en su desarrollo.

3. Los almidones obtenidos en el laboratorio arrojan valores de humedad menores que los máximos señalados por algunos autores (14) como necesarios para considerarse de buena calidad, y aún menores que los arrojados por los almidones comerciales.

4. Los almidones obtenidos en el laboratorio arrojan valores de proteínas menores que los almidones comerciales.

Por lo anterior se concluye, que los almidones obtenidos en el presente trabajo, pueden ser comerciales ya que presentan características semejantes y aún mejores que muestras comerciales del mercado nacional.

Se recomienda en trabajos posteriores:

a). Investigar otras variedades de grano para buscar mejores rendimientos.

b). Mejorar la etapa de molienda por medio de otros molinos capaces de someter al grano a una trituración más fina, para recuperar mayor cantidad de almidón.

c). Estudiar las mejores condiciones de trabajo en las etapas del proceso de molienda húmeda que no fueron estudiadas en el presente trabajo.

BIBLIOGRAFIA

1. ANDERSON, R.A., Experimental wet milling of grain - sorghum grits., Cereal Chem., 13(3): 241-248 1955
2. A.P.H.A., Standard methods for the examination of - water and wastewater., American Public Health Association, Inc., New York 19, N.Y. 1962
3. A.O.A.C., Official Methods of Analysis., 9th. Ed., - Association of Official Agricultural Chemist., - - Washington 4 D.C. 1960
4. BALDOVINOS DE LA PEÑA, G., Notas sobre algunas propiedades fisiológicas y genéticas del sorgo., Sociedad Agronómica Mexicana., III, 8-14. 1961
5. BROWN, G.G., Operaciones básicas de la Ingeniería - Química., Manuel Marin y Cia. Editores., Barcelona., 1955
6. Datos de la Dirección de Planeación y Fomento Industrial de Sonora.
7. DAVIES, O.L., The Design and analysis industrial of experiments., Hafner Publishing Company., 2da. Ed. reimpresa., New York. 1960
8. KARPER, R.E., And QUINBY, J.R., citados en WATSON - S.A., y MOFFET., Econ. Bot. I:355 1947
9. KERR, R.N., y TRUBELL, O.R., citados en KIRK, R.E.,

y OTHMER, D.F., Paper Trade J., 117, No. 15, 25 - -
1943

10. KIRK, R.E., y OTHMER, D. F., Enciclopedia de Tecnología Química., Unión Tipográfica Editorial Hispano- -
Americana, México., Tomo II., 1961
11. MULLEN, J.N., y PACSU. E., citados en KIRK, R.E., y-
OTHMER, D.F., Ind. Eng. Chem., 34. 807 1942
12. MULLER, L., Un aparato Micro-Kjeldahl simple para -
análisis rutinarios rápidos de materias vegetales.,
Turrialba., 11 (1):17-25 1961
13. SISLER, H.H., STEWART, J.J., LIPPINCOTT W.T., A Sys-
tematic Course in General Chemistry., 2nd. Ed., The-
MacMillan Company., New York., 1961
14. VILLAVECCHIA, V., Tratado de Química analítica apli-
cada., 3a. Ed., Ed. Gustavo Gili S. A., Barcelona.,
Tomo II., 1949
15. WATSON, S.A., y MOFFET., The present importance and-
bright future of grain sorghum., Cereal Sci. 4(8): -
230-3 1959