



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**ESTUDIO DE ASOCIACIONES ENTRE LOS FACTORES
DE LA CALIDAD PANADERA DEL TRIGO
(*Triticum aestivum* L.).**

T E S I S

Que para Obtener el Título de:

QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

Presenta

FRANCISCO JAVIER ZETINA FRANCO

México, D. F.

1974



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Fees

1974

M. F. ~~_____~~

347

CCPA
HAC

net. 350



QUIMICA

PRESIDENTE Profa.: NINFA GUERRERO DE CALLEJAS.

VOCAL Prof.: ENRIQUE GARCIA GALEANO.

JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE
SEGUN EL TEMA

SECRETARIO Profa.: ANGELA SOTELO LOPEZ.

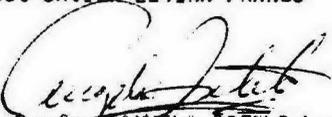
1er. Suplente Prof.: RUBEN BERRA GARCIA
COSS.

2do. Suplente Prof.: ALEJANDRO GARDUÑO
TORRES.

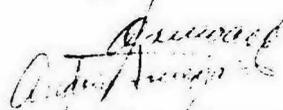
SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA: INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGA -
CIONES AGRICOLAS. CHAPINGO, MEX.

NOBRE COMPLETO Y FIRMA DEL SUSTENTANTE: Fco. JAVIER ZETINA FRANCO

NOBRE COMPLETO Y FIRMA DEL ASESOR DEL TEMA:


Profa.: ANGELA SOTELO L.

NOBRE COMPLETO Y FIRMA DEL SUPERVISOR TECNICO:


Dr. ANDRES IRUEGAS EVARISTO

A MIS PADRES:

Con cariño e inmensa gratitud.

A MI TIA JOVITA.

A MIS HERMANOS

A LA MEMORIA DE MI HERMANA EVITA

EN MEMORIA
DE LOS COMPAÑEROS -
CAIDOS EN 1968.

INDICE

	PAG.
GENERALIDADES-----	1
MATERIALES Y METODOS-----	6
RESULTADOS-----	19
DISCUSION-----	22
CONCLUSIONES-----	27
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS-----	28

INTRODUCCION

El hombre siempre ha tratado de mejorar y de encontrar nuevas técnicas que le lleven al mejoramiento de su alimentación y así se desarrolle normalmente.

Una de estas técnicas las ha aplicado el trigo, que dentro de los cereales es uno de los más extendidos y más importantes en el mundo, porque a partir de él se obtiene el alimento primordial que es el pan.

Los métodos que ha seguido desde el cultivo, el tratamiento que se le da al grano para obtener la harina y, por fin, el uso que se le da a la misma para elaborar el producto final, han sido desarrollados desde los primeros hombres que habitaron la tierra, porque ellos fueron los primeros en implantar, por necesidad o por casualidad, los primeros métodos rutinarios para cultivar el trigo y obtener la harina. Poco a poco y sí por necesidad se fue dando cuenta que estos métodos se podían ir perfeccionando, hasta que en la actualidad cuenta con técnicas que producen un buen rendimiento agrícola e industrial del trigo, mediante el uso de aparatos sensibles que determinan la calidad del grano, de la harina y del producto final.

Aun así, se presentan muy diferentes exigencias de calidad; el consumidor exige una hogaza de pan de buen tamaño, agradable sabor y nutritiva, el panadero únicamente aceptará harinas con buen color, buenas características de fuerza general, y expansión apropiada y una alta capacidad de absorción de agua; el molinero exigirá trigos que tengan altos rendimientos harineros y con un contenido de proteínas requerido por el mercado que demanda diferentes productos.

El estudio que aquí se describe tiene por objeto asociar los factores físicos y químicos del grano de trigo (*Triticum aestivum* L.) y sus productos (harina y pan), para determinar el tipo de información que proporcione las carac-

terísticas de su calidad panadera.

Los resultados y conclusiones darán lugar posteriormente a una selección de los métodos de calificación de la calidad molinera y panadera del trigo.

GENERALIDADES

El trigo es uno de los cereales más importantes para la alimentación, por lo que es uno de los cultivos más ampliamente distribuidos en el mundo (principalmente en Estados Unidos de Norte América y Rusia), -- porque tiene las cualidades de crecer en cualquier tipo-- de suelo y en climas moderadamente templados.

Los principales tipos de trigos comerciales -- pertenecen a los siguientes grupos botánicos (1):

1.- *Triticum aestivum*!.- En general se usa para la elaboración de pan.

2.- *Triticum durum*.- Se usa primordialmente para la elaboración de macarrones y pastas para sopas.

3.- *Triticum compactum*.- En general se usa para la elaboración de galletas, pastelería y productos-- de repostería.

Por lo que se refiere a su estructura morfológica, está constituido por tres partes esenciales (1):

1.- El germen o embrión (incluye la vaina y - el escutelo), que produce la nueva planta. Forma aproximadamente el 2% del grano entero.

2.- El enespermo, es el que abastece de alimento a la nueva planta, cuando el embrión empieza a - crecer. Es el principal constituyente que forma la harina y además forma aproximadamente el 85% del grano -- entero. Su proporción en el grano es de gran importan-- cia, debido a que la harina es de más importancia en va-- lor que el salvado, cuando se ha llevado a cabo la mo-- lienda y la separación del salvado y la harina (4).

3.- La cáscara, que constituye la capa protectora del grano, forma aproximadamente el 13% del grano entero.

Naturalmente, que los porcentajes de estas estructuras pueden variar dependiendo del medio ambiente y de la variedad de que provienen.

Desde el punto de vista molinero, los trigos (en este caso *Triticum aestivum*) pueden ser duros y suaves. Estas características del grano de trigo se usan muchas veces para relacionar sus propiedades molidoras, así, los trigos duros se rompen bajo una molienda a lo largo de las paredes de las células del endospermo en partículas de forma regular, dando harinas firmes y a veces toscas. Mientras que los suaves mecánicamente más débiles rompiéndose con mayor facilidad, dando una harina mas dispersa y suave (2,3).

La dureza del grano original y algunas propiedades de la masa hecha a partir de la harina generalmente estan asociadas a los contenidos protéicos del grano, así, a una mayor dureza o fuerza del gluten corresponde un aumento en el contenido de proteínas y disminuye al aumentar el tamaño del grano (4).

El total de proteínas contenidas en la harina de trigo han sido divididas en dos fracciones:

La fracción protéica soluble.- Es un complejo que contiene: GLOBULINAS que son solubles en soluciones salinas e insolubles en agua (forman aproximadamente el 7% de proteína total) y una abundancia en ALBUMINAS que son solubles en agua (forman aproximadamente el 9%), es estos porcentajes varían dependiendo del proceso de molienda a que fue sometido el grano y de la variedad (5).

La fracción protéica insoluble contiene GLIADINA que es soluble en alcohol y la GLUTENINA que es insoluble en alcohol, pero soluble en ácidos y bases. Según Nielsen la GLUTENINA está formada por unidades de elevado peso molecular que están unidas entre si por enlaces disulfuro (2,5).

La GLIADINA y la GLUTENINA forman con el agua y las sales el GLUTEN, principal componente protéico de la harina, ya que constituye aproximadamente el 85% de proteína total cuando se amasa la harina con agua (2).

Estas proteínas son las responsables de que se lleve a cabo un buen proceso de panificación (aparte de otros factores así como la variedad y tipo de molienda), debido a sus propiedades físicas de viscoelasticidad. Así, la GLIADINA dará al GLUTEN plasticidad y elasticidad y la GLUTENINA le proporcionará al GLUTEN una estructura estable (6).

El Gluten es elástico y se hincha, ambas propiedades son de gran importancia en la preparación del pan y otros productos derivados. Las propiedades elásticas que se desarrollan durante el amasado parecen ser debidas a los grupos sulfidrilos, posible mente por la oxidación a uniones disulfuro y a la conformación de nuevos enlaces. McDermott y Pace solubilizaron la proteína de la harina por una ruptura de los enlaces disulfuro, formando grupos de ácidos sulfónicos y llegaron a la conclusión de que la rigidez de la fracción insoluble es debida a la estructura de las uniones cruzadas de disulfuro.(2).

La consistencia de la masa juega un papel importante durante la panificación, ya que influye en la re-

tención de gas (Co_2) producido por la levadura durante la fermentación). Dicha consistencia está influida por el nivel de absorción de agua, que a su vez depende del contenido de proteínas en la harina con una capacidad constante de embeber agua. Sandostett, demostró que la capacidad de embeber agua del almidón entero es una constante a una masa normal, que al mezclarse con la levadura al Gluten comienza a hidratarse y a formar gas carbónico por la acción de las enzimas sobre los azúcares de la masa (3).

De acuerdo a las características que presenta el GLUTEN en el trigo, se han dividido en:

1.- Trigos de Gluten Fuerte.- Sus harinas requieren de considerable agua para hacer una masa estable con una buena tolerancia a la fermentación y obtener piezas de pan de gran volumen, miga, grano y textura aceptable. Además, sirve para mejorar trigos débiles en los molinos (2, 3).

2.- Trigos de Gluten Medio.- Sus harinas se usan para la industria del pan hecho a mano, además mejoran trigos de gluten débil.

3.- Trigos de Gluten Suave ó débil y Extensible.- Sus harinas forman una masa con pobre retención de gas, requieren de más tiempo de fermentación obteniéndose piezas de pan con miga basta, abierta y con bajo contenido de proteínas.

4.- Trigos de Gluten Tenaz.- Sus harinas se usan para la industria pastelera y galletera.

Todas estas características del grano del trigo, como ya se dijo anteriormente dependen esencialmente del medio ambiente, de la variedad, del proceso de molienda y principalmente del manejo que se le da al producto para que el consumidor la acepte.

MATERIALES Y METODOS

El material con el cual se trabajó fueron muestras de granos de trigo provenientes de Delicias Chihuahua, del ciclo 1972-73.

Se contó con ciento sesenta y cuatro muestras de 500g cada una; ciento cincuenta y nueve eran poblaciones de la quinta generación filial, obtenida después de un cruzamiento y cinco eran trigos comerciales llamados: 7 cerros, Nuri, Lerma Rojo S-64, Yecora F-70 e INIA -- F-66.

Se seleccionaron estas variedades comerciales debido a que su comportamiento es ampliamente conocido en el campo agrícola experimental.

El estudio emprendido sobre este material, el cual comprende una amplia gama genética de *Triticum aestivum* L., fue el de asociar los datos físicos y químicos y que entre ellos existiera una amplia variación para ser mejor interpretados los resultados.

Los métodos para las diferentes determinaciones se efectuaron en el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas Chapingo, México, en los laboratorios de Química de Trigo y de Farinología.

En el grano se determinó:

- a). - Peso Hectolitrico (Kg/Hl).
- b). - Color.
- c). - Índice de dureza (%).
- d). - Molienda y Rendimiento Harinero (%)

En la harina integral y harina blanca se determinó:

- a). - Prueba de Pelshenke (min.))para harina - integral).
- b). - Humedad (%).
- c). - Cenizas (14%_H).
- d). - Proteína cruda (14%_H)
- e). - Sedimentación (ml) (para harina blanca)
- f). - Reología de la masa (W y T/E).
- g). - Absorción de agua (%).
- h). - Panificación.
- i). - Volumen del pan.
- j). - Grano y Textura de la miga.

PESO HECTOLITRICO:

Se puede expresar como peso volumétrico y - como un criterio físico de la calidad del trigo. Muchas veces, esta prueba puede ser afectada por el tamaño y forma que presenta el grano (3).

Para esta determinación, se requiere de una - limpieza del grano, por lo que se uso una limpiadora - que eliminó toda basura extraña al grano y con otra máquina se eliminaron las materias extrañas más pequeñas que los granos. Una vez limpio el grano, se pesaron - las muestras en la balanza granataria, después la muestra se colocó en un cono con una compuerta en su parte inferior (este aditamento se encuentra en la balanza - Ohaus, especial para esta determinación), en la parte - inferior del cono se colocó un vaso de cobre, cuya capacidad es de un litro, donde se recibe el grano que cae - por gravedad al abrir la compuerta, se elimina el grano sobrante pasando una regla sobre la superficie del - vaso y se pesa en la balanza de Ohaus, dando directamente el peso por volumen de la muestra (Kg/hectóli - tro) del grano limpio (7).

COLOR:

Se determinó usando el aparato Hunter lab, el cual consta de tres escalas que determinan el color del grano, las escalas están representadas por:

- 1.- (L).- Proporciona la brillantez del grano.
- 2.- (-a).- Determina el color verde del grano.
(+a).- " " " Rojo " "
- 3.- (-b).- " " " azul " "
(+b).- " " " amarillo del grano.

Para calibrar el aparato con cada una de estas escalas, se usó una muestra standard de color amarillo (integrada al mismo aparato) Ya calibrado se colocó la muestra llenando un recipiente de plástico sobre el cual se puso una lámpara de luz, se mueve el disco de la primera escala hasta que la aguja de la escala central esté en el centro tomándose así la lectura de la primera escala (L), después se mueve el disco de la segunda escala y se toma la lectura (-a ó +a), por último se mueve el disco de la tercera escala y se toma la lectura (-b ó +b). Cada lectura fue apuntada para después ser interpretada en los resultados finales de asociación.

INDICE DE DUREZA:

Para llevar a cabo esta determinación, el grano debe estar libre de germen, por lo que el grano se pasó por una desgerminadora la cual cepilla el grano eliminando el germen contenido en el grano, aunque es inevitable que cierta proporción no se elimine (2).

El método fue diseñado por Taylor, Bayles y Fifield citados por Beard y Poehlman para medir el índice de dureza del grano (17).

Se pesaron 20g de grano libre de germen al que se sometió por un lapso de un minuto a la acción abrasiva de una piedra giratoria en una perladora experimental (Strong Scott, Co.) pasado el minuto se separa el grano que no se perlo para obtener el peso del grano-perlado, y la diferencia con el peso inicial (20g) se multiplica por cinco proporcionando el Índice de Dureza del-grano. Así los trigos mientras más suaves, tienen valores de perlado sobre 50% y si los índices de perlado son menores de 30% los trigos serán duros, existiendo entre ellos trigos con textura intermedia.

MOLIENDA Y RENDIMIENTO HARINERO.

Un requisitos indispensable para llevar a cabo la molienda es el acondicionamiento del grano, que consta de los siguientes pasos:

1.- Determinación de la humedad del grano, - se usó el aparato Steinlite el cual mide la conductividad eléctrica y la temperatura del grano.- Con la lectura de la conductividad eléctrica y la temperatura, y con tablas establecidas para este fin, se obtiene el porcentaje de humedad del grano (7).

2.- Índice de Dureza, que ya se explicó anteriormente; también influye en el acondicionamiento al relacionarse con la humedad del grano usando tablas para obtener la humedad definitiva del grano.

3.- Acondicionamiento del grano, esta en función del índice de dureza y del porcentaje de humedad del grano se calcula un factor de agua en tablas ya establecidas, proporcionando un cierto factor de agua para cada muestra. Debido a la poca cantidad de muestra se pesaron 300 g por muestra. Este peso se multi

plicó por el factor de agua para obtener los mililitros de agua por agregar a la muestra, el agua destilada se esparce homogéneamente por toda la muestra contenida en frascos bien tapados (7).

4.- Tiempo de reposo, distribuida el agua homogéneamente se da un tiempo de reposo de 18 horas -- para que al día siguiente se lleve a cabo la molienda. - Transcurrido este tiempo se llevó a cabo la molienda mediante el uso de Mixro-Molino de Brabender en cuyo interior se encuentran dos cilindros dentados que fracturan el grano y dos cilindros lisos que realizan el afinado de las harinas; ocurre una separación parcial de los subproductos (salvado), esta separación la realiza un cilindro - colocado en forma horizontal cubierto de una seda muy fina por la cual sólo pasa la harina.

Pero según Sibbit, Classon y Harris, no es posible que con el micro-molino Brabender se elimina todo el salvado, contribuyendo esto a un bajo rendimiento harinero, aunque también puede influir el acondicionamiento - y la variedad (10).

El rendimiento harinero se expresó en porcentaje calculado de la siguiente manera:

100 - humedad definitiva del grano = g de materia seca -
en cada 100g de grano.

100 - humedad (%) de la harina = g de materia seca en -
cada 100g. de harina.

g de grano por molar x g de muestra seca = g de grano
molido.

g de harina obtenida x g de materia seca en cada 100g
de harina = g de harina.

$$\frac{\text{g de harina}}{\text{g de grano molido}} = \% \text{ (rendimiento harinero (11)).}$$

MICRO-PRUEBA DE PELSHEKKE (para harina integral) -

Esta prueba fue creada por Saunders y Humphris (1928) y modificada por Pelshenke (1933). Es una micro-prueba de fermentación usada para medir por un lapso de tiempo la fuerza de GLUTEN, dando una indicación de la capacidad del mismo para retener el bióxido de carbono formado durante la fermentación (3).

La metodología usada consistió en pesar 3g de muestra molida (harina integral), a la cual se le añaden 1.8 ml de una suspensión de levadura (3.2% de levadura comprimida en 100 ml de agua destilada a una temperatura constante de 30 grados centígrados sobre un baño maria) después se amasa vigorosamente haciendo una pequeña bola lo más uniforme posible ayudándose con las palmas de las manos, se introduce en un vaso de precipitados con 70 ml de agua destilada colocada en un baño maría de 30 grados centígrados (constante). Al cabo de un tiempo la bolita se fragmenta anotándose el lapso de tiempo entre el inicio de la prueba y la caída o desintegración; así de 20 a 60 minutos los trigos serán de gluten débil y en trigos de mayor fuerza la bolita se aplanará y el tiempo de caída requerirá de más tiempo (120 minutos en adelante). Se tomó como índice de fuerza del trigo o valor de Pelshenke el número de minutos comprendido entre el tiempo de entrada al vaso y el tiempo de desintegración o caída de la misma (7).

Esta micro-prueba se hizo por duplicado y sobre un ajuste a esta misma prueba modificada y publicada por el ingeniero Federico Castilla Chacón, para trabajar sobre un gran número de muestras (18).

CENIZAS

Indica fundamentalmente la pureza de la separación del salvado y del endospermo. Morris estableció que el contenido de mineral del grano está más concentrado - en las áreas adyacentes al salvado y en el salvado mismo (3).

La metodología usada fue la siguiente: Se pesaron 2.5g de harina por duplicado en crisoles de porcelana a peso constante, que se colocaron en la mufla, pero antes de cerrar la mufla se deja incinerar la materia orgánica para después cerrar la mufla durante 18 horas a una temperatura constante de 650 grados centígrados. Pasado este tiempo se sacan los crisoles y se dejan enfriar en un desecador para después pesar el contenido de cenizas - cuyo peso se divide entre el peso inicial de la harina por 100, para obtener el porcentaje de cenizas contenidas en la harina (12).

PROTEINA CRUDA:

El contenido de proteína varia desde 6% hasta 12% (en harina integral y blanca), dependiendo de la variedad, el tipo de molienda y el medio ambiente.

El método usado fue el de Kjeldahl; que solo mide el contenido de nitrógeno, es decir que se supone -- una relación constante entre el nitrógeno total y el complejo de aminoácidos los cuales forman las proteínas; en la harina de trigo el factor para convertir nitrógeno total a proteína cruda es 5.7 (1).

Durante el proceso de este método (oxidación de la materia orgánica) se llevan a cabo reacciones importantes (13).

Durante la digestión:



Durante la destilación.



Durante la titulación:



El método fue el siguiente. Se pesaron 0.5g de harina por duplicado pasándose a los matraces de Kjeldahl; agregándose 15ml de ácido sulfúrico conc., y el catalizador con la sal (9.9g de K_2SO_4 ; 0.1g de HgO y 0.08g de CuSO_4) se digirió por espacio de 30 minutos al final de los cuales se deja enfriar el matraz para agregar 150ml de agua destilada 75 ml de NaOH conc., y polvo de zinc para colocar el matraz en el destilador. El destilado se recogió en un matraz erlenmeyer con 10 ml de HCl 0.1N y rojo de metilo (HCl 0.1N mas rojo de metilo a 0.1% en alcohol); se destilan 150 ml y el ácido remanente se titula con NaOH 0.1N para determinar la cantidad neutralizada por el nitrógeno en forma de amoníaco (durante la destilación) valor que se multiplica por el factor 5.7 dando el porcentaje de proteína cruda presente en la harina (12).

Se hace un testigo o blanco de la misma manera pero en muestra para llevar a cabo el siguiente calculo:

$$\% \text{N}_2 = \frac{(\text{ml M} - \text{ml 8}) \text{N}_{\text{NaOH}} \text{ xM}_{\text{eqN}_2} \text{ x100}}{\text{peso de la muestra}}$$

$$\% \text{N}_2 \text{ x } 5.7 = \% \text{ proteína cruda.}$$

SEDIMENTACION (Para harina blanca):

Hlynká, expresa que esta prueba fue creada por Zeleny y modificada por Pinckney, Greenaway y el mismo Zeleny. Se basa en la capacidad de hidratación de una harina en suspensión de un medio ácido o determina la capacidad de retención de agua en presencia de ácido láctico; esta prueba está influenciada por la calidad y cantidad de las proteínas presentes en la harina (2, 14).

La metodología fue la siguiente: Se pesaron 5g de harina en una probeta de 100 ml a la que se le añaden 50 ml de bromo fenol azul, se agita manualmente para después colocarla en el agitador mecánico durante cinco minutos (exactos) inmediatamente se agregan 25 ml de ácido láctico y alcohol isopropílico (200 ml de alcohol isopropílico y 180 ml de ácido láctico al 25% todo aforado a un litro) y se coloca nuevamente al agitador mecánico otros cinco minutos mas, al termino de los cuales se retira la probeta para dejarla reposar cinco minutos frente a una lámpara de luz; al final de este tiempo se toma inmediatamente la lectura alcanzada por sedimento en la probeta (7, 15).

Los valores de menos de 30 ml indican harinas de trigos de gluten débil y valores de 60 ml indican harinas de trigos con gluten fuerte (15).

HUMEDAD

En las pruebas de cenizas, proteínas y sedimentación fue necesario reportar sus valores a 14% de humedad, de ahí, que se hizo indispensable como prueba auxiliar, la determinación de la humedad que se realizó en una estufa-balanza semiautomática Brabender (Rapid Moisture Tester, L. W. Brabender), la cual da directamente el porcentaje de humedad de la harina y -

corregir los valores de cenizas, proteínas y sedimentación mediante tablas ya establecidas a 14% de humedad.

REOLOGIA DE LA MASA.

La reología de la masa determina las relaciones de tensión y deformación correspondiente a los fenómenos elásticos, viscosos, de cortadura y de rotura que se producen si se utilizan masas de harina de trigo, determinando con mayor precisión la calidad de la harina y ayudar a los demás procesos de elaboración de los productos de la harina de trigo (16).

Para determinar el índice de fuerza general del gluten (W) de la harina se usó el Alveografo de Chopin, que consta de tres secciones: la primera consta de una amasadora, la segunda de una válvula que insufla aire a la masa, de una botella con agua, y de un compartimento y la tercera de un cilindro giratorio y una plumilla.

La metodología fue la siguiente (6): Se pesan 25g de harina que se colocan en la amasadora, se añade agua salada (un litro de agua destilada por 25 g de NaCl), esta cantidad de agua está en función de la humedad original de la harina, la cual se localiza en tabla ya establecidas. Se pone a funcionar la amasadora durante seis minutos, al termino de los cuales se pone a funcionar la amasadora en sentido inverso para que salga la masa por una compuerta que se corta con un molde para obtener una galletita, que se coloca en el compartimento de la segunda sección durante 20 minutos, al final de este periodo se saca la galletita y se pone en la prensa (aditamento de la segunda sección) para que se extienda, se abre la válvula para insuflar aire en el momento de pesar el botón a la posición 2 se sube la botella con agua coloreada (conectada por una manguera a una bureta); se pasa el botón a la posición 3 donde el aire desalojado por el agua empieza

a ejercer presión sobre la mesa formando un globo que al reventarse de inmediato se pasa a la posición 4. En el cilindro de la tercera sección se coloca un papel y sobre él la plumilla, esta sección esta conectada a la segunda por medio de una manguera, así al ejercer la presión del aire produce una presión sobre la plumilla que se desplaza verticalmente sobre el papel (puesto en el cilindro) por un menismo rotatorio dibujandose la curva de expansión de la masa (Fig. 1).

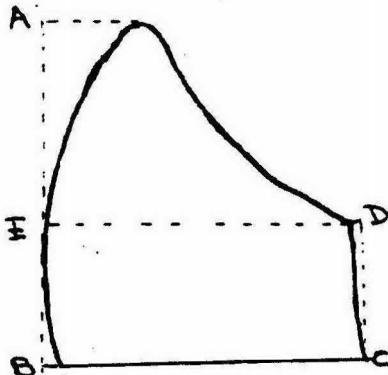
Se debe efectuar dos veces esta operación por cada muestra para obtener un promedio de la curva.

Los factores obtenidos por el alveograma (Fig. 1) son los siguientes:

- E = Expansión ó cantidad de agua que penetró en la bureta.
- T = Tenacidad o altura de la curva (mm).
- K = Factor constante l.l.
- C = Esta es función de E (se busca en tablas).
- S = Superficie de la curva (cm²).
- L = Extensibilidad; base de la curva (mm)
- W = Indice de fuerza general; que se calcula:

$$W = \frac{K \times C \times S}{L}$$

T/E = Balance de la fuerza ----- $T/E = \frac{T \times K}{E}$



(fig: 1)

La altura AB mide la estabilidad de la masa; la longitud BC indica lo que la masa puede estirarse o expanderse antes de romperse dando la medida de la extensibilidad; el área BCDE puede proporcionar masas muy cortas o muy fluidas, según el tipo de GLUTEN del trigo, llamándose desarrollo o elasticidad (1).

ABSORCION DE AGUA:

La absorción de agua es el factor determinante de la consistencia de las masas de fermentación corta o sin fermentación durante la panificación. Es medida como el aumento de agua requerida para obtener un mezclado de predeterminada consistencia; generalmente los valores altos de absorción son los que más se desean.

Para llevar a cabo el cálculo del porcentaje de absorción se hizo en función del % de humedad y del % de proteínas de la harina a 14% de humedad; por medio del % de humedad se proporcionan los gramos de harina y con el % de proteínas se obtienen los mililitros de agua (estas relaciones se buscan en tablas) obteniéndose (por una simple regla de tres) el % de absorción de agua.

PANIFICACION.

El método usado para la elaboración del pan sufrió una variación en la cantidad de ingredientes. Debido a la poca cantidad de harina obtenida al final se redujeron la cantidad de muestra utilizándose el método para la elaboración de micropanes (11).

La metodología usada fue: Se pesaron 25g de harina en una tasa de aluminio agregando 0.75g de manteca vegetal (INCA), 1g de leche descremada (NIDO) esta mezcla se amasa agregando a.5 m de levadura y 2.5 ml de solución de azúcar y el agua calculada a partir del % de absorción, el --

tiempo de amasado está o será de acuerdo a la textura que vaya adquiriendo la masa que se coloca en el gabinete de fermentación durante 3 horas y 25 minutos; a la hora con veinte minutos se da el primer fresado a la masa con esas manos para expulsar los gases, después a los cuarenta y cinco minutos se da un segundo fresado a la masa manualmente y se vuelve a meter al fermentador, por último a los 25 minutos se saca del fermentador para moldearla y colocarla en los micromoldes para meterlos al fermentador los últimos 55 minutos (del tiempo inicial de 3 horas y 25 minutos), para después pasar al horno y llevar a cabo una cocción de 25 minutos a una temperatura constante de 425 grados Fahrenheit (196 grados centígrados) al pasar este tiempo se sacan los micromoldes para dejarlos enfriar y así determinar las características organolépticas de los micropanes (11).

VOLUMEN DEL PAN:

Una vez enfriado el pan, se determinó su volumen con el volumetro que consta de un compartimiento cúbico. El pan se coloca en el compartimiento se abre una compuerta para dejar caer de un embudo superior semillas de linasa del cubo al embudo hay una escala graduada en cm^3 para tomar la lectura de donde llegó el grano de linaza indicando el volumen del pan.

GRANO Y TEXTURA DE LA MIGA:

La textura y el grano son características condicionadas a la miga así la textura es una expresión de la blandura, suavidad y de las características internas de la hogaza de pan. El grano se refiere a la estructura y tamaño de la celda formada o al arreglo de las mismas al cortar la pieza del pan (11).

La textura se determinó al tacto sintiendo su suavidad o aspereza en la miga. El grano se determinó según el tamaño del poro presente en la miga.

R E S U L T A D O S.

Los resultados obtenidos de cada una de las pruebas fueron sometidos a un programa de computación (SAS, --Statistic Analysis Systema; implantado por Antony James Barr) que proporcionó las correlaciones entre los factores (resultados finales), para esto se procedió de la siguiente manera: Todos los datos obtenidos durante la práctica se transcribieron en hojas de codificación que sirvieron para la perforación de tarjetas las cuales fueron procesadas (programa de computación SAS), dando los resultados en forma de correlaciones; con estos resultados se procedió a hacer una matriz (tabla # 1) de correlaciones para que el estudio de asociaciones entre los factores sea más fácil de interpretar. Se tomó en cuenta (para elaborar la matriz) el número de variables y el número total de muestras para buscar los grados de libertad que fue de 154 para encontrar los valores significativos de correlaciones al 5 y al 1% de probabilidades y aplicarlos a nuestros datos colocados en la matriz (19). Al nivel 5% de probabilidad se representa por un asterisco y al 1% con dos asteriscos.

La matriz consta de diecinueve variables que representan al mismo tiempo los factores y las pruebas hechas al material:

- X1 = Peso hectolitrico.
- X2= Rendimiento harinero.
- X3= Índice de dureza.
- X4= Prueba de Pelshenke.
- X5= Color Rojo del grano.
- X6= Brillantez del grano
- X7= Color amarillo del grano.
- X8= Cenizas de harina integral.
- X9= Proteína de harina integral.
- X10= Cenizas de harina blanca.
- X11= Proteína de harina blanca.

- X12= Fuerza general del gluten (W).
- X13= Balance de la fuerza del gluten (T/E).
- X14= Sedimentación.
- X15= Tenacidad (T).
- X16= Extensibilidad (L).
- X17= Tiempo de amasado.
- X18= Absorción de agua.
- X19= Volumen del pan.

Se colocan de esa manera en la matriz para llevar a cabo las asociaciones existentes entre los factores por medio de las correlaciones ya sean positivas o negativas en base a una significancia de 0.198* al 5% de probabilidad y 0.244** al 1% de probabilidad; los valores de correlaciones mayores de 0.198* representan valores significativos entre los factores para poderseles asociar, mientras que las correlaciones mayores de 0.244** son altamente significativos y los valores menores a los arriba mencionados no representan significación entre las asociaciones de factores.

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈	X ₁₉	
PPSO WGT	-0.165	0.034	0.131	-0.016	0.122	0.021	**	-0.284	-0.123	-0.155	0.071	0.128	0.028	0.045	0.137	-0.074	0.004	-0.651	0.023
STAND MAYOR		0.044	0.033	0.037	-0.121	-0.065	0.059	-0.085	0.068	-0.091	0.146	*	-0.281	-0.035	* **	*	0.054	-0.038	0.045
INDICEZA			**		**	*	*	**	**	0.109	0.343	-0.396	-0.103	-0.583	0.079	-0.026	-0.133	0.013	
PERMANE				0.020	-0.045	-0.074	-0.093	0.111	0.197	-0.075	0.391	0.221	0.466	0.375	0.033	0.041	0.040	-0.019	
COLOR L					0.016	0.721	0.163	**	**	-0.123	0.061	0.076	-0.110	0.020	-0.159	-0.034	-0.164	-0.011	
BRILLANTE						0.151	-0.113	0.014	*	-0.033	0.111	0.019	0.065	-0.020	-0.120	-0.032	-0.102	0.074	
COLOR a							*	**	*				*		*			*	
COLOR b							0.216	-0.391	0.039	0.092	0.136	0.052	-0.252	-0.011	-0.273	-0.027	-0.119	-0.217	
INDICES MAYOR INDICE								*	*	-0.141	0.738	0.001	-0.056	0.147	-0.185	0.159	-0.049	-0.022	0.192
PROTEINA MAYOR GENERAL								*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	**
INDICES MAYOR GENERAL										-0.030	0.142	0.149	-0.134	0.544	-0.012	0.136	-0.071	-0.117	
PROTEINA MAYOR GENERAL											0.157	-0.092	0.062	-0.073	-0.133	-0.057	-0.033	0.026	
INDICES MAYOR GENERAL												0.159	0.322	0.170	*	*	0.120	0.120	0.144
INDICES MAYOR GENERAL													0.011	0.192	*	*	0.179	0.154	-0.015
INDICES MAYOR GENERAL														0.176	0.302	0.057	*	*	*
INDICES MAYOR GENERAL															0.375	0.261	0.230	-0.030	
INDICES MAYOR GENERAL																0.061	-0.029	0.193	
INDICES MAYOR GENERAL																	0.133	-0.040	
INDICES MAYOR GENERAL																		0.079	

MATRIZ DE
CORRELACIONES

(*) Significancia al 5% de probabilidad 0.198*.

(**) Significancia al 1% de probabilidad 0.244**.

NOTA:

Los valores que no presentan asteriscos no presentaron asociación por lo que no se tomaron en cuenta.

DISCUSION.

De acuerdo con los resultados y al asociarse los factores entre si, se presentaron valores significativos y altamente significativos mientras que otros no presentaron información alguna.

A continuación se discuten los valores que sí presentaron asociación por tener valores significativos y altamente significativos indicandonos en si la calidad panadera del trigo (*Triticum aestivum* L).

Hay que hacer la aclaración de que algunos valores son negativos lo que indica que a valores altos de cierto factor corresponden valores bajos en el factor correspondiente y viceversa.

Un mayor peso hectolitrico, está asociado a un menor valor de cenizas de harina integral, esto se puede atribuir a que el grano es redondo tiene un mayor peso hectolitrico y una menor superficie o contenido de salvado.

El rendimiento harinero esta asociado negativamente al balance de fuerza o indice de elasticidad (T/E) y a la tenacidad (T). Es posible que esta asociación sea debida a una baja eficiencia de la molineda en el micromolino de Brabender.

Las regiones más internas del endospermo serán las extraídas preferentemente, quedando las partes periféricas del endospermo aun adheridas al salvado entonces el gradiente protéico del grano que asciende del centro a la periferia produciría bajas extracciones una dependencia de la tenacidad y del balance de fuerza y en última instancia del rendimiento harinero.

A mayor índice de dureza o mayor dureza del grano menores serán los valores de Pelshenke, cenizas de harina blanca, fuerza general del gluten (W), balance de fuerza (T/E) y tenacidad (T).

Quizá sea debida esta asociación a la característica física del grano a la facilidad o dificultad de oponerse a la abrasión o perlado indicando un cierto índice de dureza del mismo, que quizá influye en el aumento y disminución de los valores de Pelshenke, cenizas, T/E y T. Como la asociación de dureza con proteína en grano o en harina no fue significativa se debe concluir que la calidad de la proteína produzca al mismo tiempo un efecto en la dureza del grano y en las propiedades reológicas del gluten.

A mayores valores de Pelshenke se asocian valores altos de W, T/E T. Las asociaciones entre estos factores indican que un gluten fuerte y tenaz produce valores altos de Pelshenke; influyendo también el tiempo de desintegración en los valores reológicos de la masa.

Una mayor brillantez se asocia a valores altos del color amarillo del grano.

Esta asociación se debe a la presencia del pigmento Xantofila que determina el color amarillo presenta en el grano (aproximadamente 95%) es por eso que al estar en contacto con la luz produzca una mayor brillantez(2).

Una mayor brillantez se asocia a un valor menor de proteína de harina integral.

La proteína tiende a aumentar la vitrosidad del grano, así una mayor cantidad de salvado en cuyas aristas en contacto con la luz producen una mayor brillantez.

Un mayor valor de color amarillo del grano se asocia a valores de cenizas de harina integral.

Las asociaciones entre estos factores indican que a un mayor color amarillo produce valores altos de cenizas debido a la presencia del salvado cuando el grano es molido, dando lugar a un mayor color amarillo esparcido en las aristas del salvado y por consecuencia un mayor contenido de cenizas

Un mayor color amarillo del grano se asocia a valores menores de proteínas de harina integral, sedimentación, extensibilidad y volumen del pan.

Es posible que esta asociación puede ser debida al salvado presente en la harina que denota un mayor color amarillo, pero al mismo tiempo hay una disminución en las proteínas que influyen en la sedimentación y en las características reológicas de la masa influyendo en una disminución en el volumen del pan.

Un mayor valor de cenizas de harina blanca se asocia a valores altos de cenizas de harina integral.

La presencia de cenizas sirve para medir el refinamiento alcanzado en la harina, siendo su contenido relativamente bajo en la harina (endospermo), mientras que para el salvado es mas bien alto. Pero como ya se dijo anteriormente que el micromolino de Brabender no logra una buena separación del salvado entonces la presencia de alguna cantidad de salvado en la harina blanca dara valores altos en cenizas, como sucede en la harina integral que contiene más salvado.

Un mayor valor de proteínas de harina integral se asocia a valores menores de cenizas de harina blanca y T/E.

La asociación entre estos factores puede ser debida a que el contenido proteico de la harina integral sera mayor porque esta constituido sino de todos, si de algunos componentes morfológicos que integran proteina (salvado y endospermo), mientras que en la harina blanca su contenido mineral sera bajo ciertas condiciones debido a que no se logra una buena separación del salvado con el endospermo lo que ocasiona un bajo balance de fuerza o indice de elasticidad (T/E) en la masa.

Un mayor valor de proteina de harina integral se asocia a valores altos de W, sedimentación, extensibilidad y volumen del pan.

Las asociaciones entre estos factores indican que un alto contenido proteico (principalmente en la harina integral), produce valores altos en la sedimentación, en las propiedades reológicas de la masa (por la presencia de un gluten de buena calidad) y un buen volumen del pan.

Una mayor fuerza general del gluten (W) se asocia a valores altos de sedimentación, tenacidad (T) y extensibilidad.

Como se necesita una mayor fuerza para estirar la masa y se rompa puede probablemente dar lugar a una mayor extensibilidad y tenacidad en la masa y valores altos de sedimentación indicando en la harina la presencia de un gluten fuerte que influye en los valores altos entre estos factores.

Un mayor valor de balance de fuerza o indice de elasticidad (T/E) se asocia a valores altos de tenacidad y a valores bajos de extensibilidad.

Probablemente esta asociación dependa de un alto contenido en proteina (gluten fuerte) que de lugar a que la masa tenga una mayor poder de recuperación y de tenacidad, pero una baja extensibilidad. Una masa muy tenaz desde el pun-

to de vista panadero no es deseable para la elaboración de -- una buena pieza de pan.

A valores altos de sedimentación se asocian valores altos de extensibilidad, absorción de agua y volumen del pan.

Como la sedimentación esta influenciada por la -- cantidad y calidad de la proteina del gluten, así al aumentar probablemente se tenga un gluten de buena calidad panadera -- el cual requiere de una mayor absorción de agua necesaria -- para dar una mejor consistencia a la masa y un buen volumen del pan que aumenta al tener la masa un mayor poder de re -- tención de bióxido de carbono durante la fermentación.

Un mayor valor de tenacidad se asocia a valores -- altos de tiempo de amasado y absorción de agua.

La tenacidad representa a un gluten no deseable -- desde el punto de vista panadero, debido a lo cual probable -- mente al efectuar el amasado se requirio de un mayor tiempo de amasado, y una mayor absorción de agua más que la re -- querida para una masa panificable.

Con respecto a los valores de proteina de harina -- blanca no se asociaron a ningun factor, probablemente a que la variabilidad genética estudiada fue muy amplia.

CONCLUSIONES

Las conclusiones obtenidas del presente estudio y en las condiciones en que se llevó a cabo, fueron las siguientes.

Dentro de la gran variabilidad genética del material los resultados obtenidos y de acuerdo al programa de computación usado, si se observaron asociaciones entre algunos factores que sirvieron para valorar la calidad panadera del trigo.

Dentro de los factores que se efectuaron prácticamente y que definitivamente más influyeron no solo en los resultados prácticos sino en el comportamiento de los demás factores al asociarse entre si fueron el Índice de Dureza y el Rendimiento Harinero.

Entre los factores que asociaron un mayor número de factores fueron principalmente el Índice de dureza, siguiendole la proteína de la harina integral, el color amarillo del grano, la prueba de Pelshenke, la sedimentación, la fuerza general del gluten y la tenacidad; y entre los factores que nos proporcionaron una mayor cantidad de información significativa y altamente significativa que facilitaron llevar a cabo las asociaciones fueron principalmente la extensibilidad siguiendole la tenacidad, el índice de elasticidad o balance de fuerza, las cenizas de harina blanca y el volumen del pan, notandose que si influyen algunos factores con respecto a otros.

La calidad panadera del trigo estudiado (*Triticum aestivum* L.) en general vario de buena a mala de acuerdo a la variabilidad genética del material, lo cual se reflejó en los resultados obtenidos en el tipo de estudio aquí realizado.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. - D.W. Kent-Jones and A.J. Amos: Modern Cereal Chemistry. Food Trade Press. LTD (London) 1967.
2. - N.L Kent: Tecnología de los Cereales. Ed., Acribis -- (España) 1971.
3. - Y. Pomeranz: Wheat Chemistry and Technology: American Association of Cereal Chemists. St., Paul Minnesota (1971).
4. - H. J. Moss: Quality standars for Wheat varietes. J.Aust. Inst. Agric. Sci., 109-111 (1973).
5. - J.W. Knight: Wheat Starch and Gluten and their conversion products. Leonard Hill London (1965).
6. - B. Bennion: Fabricación de Pan. Ed., Acribia (España).
7. - American Association of Cereal Chemists: American Association of Cereal Chemists Methods; Aproved Methos. Revised, august 1973.
8. - Método de uso del Hunter lab.
9. - R.S. Chesterfield and W.C. Barnes: Wheat grain hardness, Relationship between pearling resistance and particle size distribution of flours. 3. Aust. Inst. Agric.Sci., 34: 72-73 (1973).
10. - L.D. Sibbitt, D.H. Classon and R.H. Harris: Improved tempering and modified milling techniques for small samples of wheat. Cereal Chemistry: A.A.C.C., 37: 402-404 (1960).

11. - C.C. Fifield Chemical, Milling and Baking Methods for use in evaluating Sheat. Published by PCEA (1955).
12. - Bateman V. John; Nutrición Animal; Manual de Métodos Analífticos Ed., Herrero (México) 197).
13. - Meyer H. Lillian; Food Chemistry. Ven Nostrand Reinhold Co., (New York, London) 1969.
14. - Hlynka I. Wheat Chemistry and Technology. Published By American Ass. of Cereal Chemists (1964).
15. - Zoleny, L. Sedimentación test. Cereal Science today. 7: 226-230. (1962).
16. - García Faure R. Reología de la Masa. Cereales 210:-5-11 (1968).
17. - Beard B. H. and J.M. Poehleman: A study of queliy as measured by the perling test in crosses between hard soft sheats. Agron. 3., 46: 220-223)1954).
18. - Castilla Chacón F. Determinación de la calidad del - gluten segun el medio de Pelshenke. Agricultura Técnica en México 2: 226-227 (1965).
19. - Steel G.D.R. and Torris H. James; Principles and -- procedures of Statistie s with special reference. to the biological science. McGraw-Hill (New York) 1960.