

UNIVERSIDAD IBERO AMERICANA  
INCORPORADA A LA U.N.A.M.  
ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

---

IMPORTANCIA DEL CONTENIDO DE  
HUMEDAD EN HARINA  
DE TRIGO

---

IRENE DÍAZ MARSCH

México, D. F.

1961



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.

UNIVERSIDAD IBERO AMERICANA  
INCORPORADA A LA U.N.A.M.  
ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

---

---

IMPORTANCIA DEL CONTENIDO DE  
HUMEDAD EN HARINA  
DE TRIGO

---

Tesis para optar al Título de  
QUIMICO

IRENE DÍAZ MARSCH

México, D. F.  
1961

A mis Padres:

Dn. Carlos Díaz M.

e Irene Marsch de Díaz

como una pequeña muestra de mi agradecimiento

Con cariño y como estímulo a mis hermanos

A mis Abuelitos

A don Luis H. Herea y a  
don Gilberto Ramos, con gratitud

Al Ing. Químico Vicente San José  
a quien debo la dirección de este trabajo

A mi querida e inolvidable J. Q. B.

Con respeto a mis Maestros

Con estimación a mis amigos y  
compañeros de generación

## CONTENIDO

- I.—INTRODUCCION.
- II.—ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DE LAS HARINAS.
- III.—DETERMINACIONES DE HUMEDAD.
- IV.—INFLUENCIA DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN LOS  
DEMÁS CONSTITUYENTES DE LA HARINA.
- V.—CONCLUSIONES.
- VI.—BIBLIOGRAFIA.

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

Al fabricante de harinas le interesa de un modo especial conocer tanto la humedad del grano que compra como la de los productos durante la molienda y la de las mercancías que expende. Por otra parte, para poder acondicionar la materia prima satisfactoriamente, es preciso averiguar la humedad del producto (trigo), que varía ampliamente. Así mismo son muy conocidas las dificultades que pudieran presentarse si los productos cerealistas, como lo es la harina, se almacena con demasiada humedad.

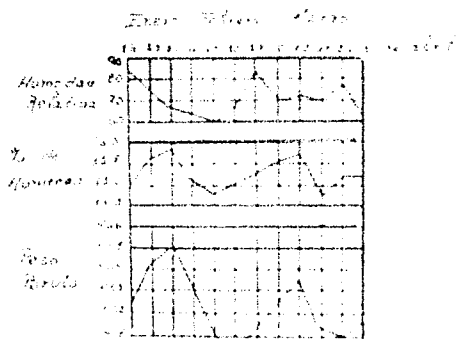
La humedad de las harinas (o cualquier producto cerealista) no puede considerarse como una propiedad fija puesto que sufre variaciones que dependen de muchos factores, especialmente de la humedad atmosférica.

Durante el almacenamiento, el trigo y sus derivados pueden sufrir alteraciones, puesto que si la humedad relativa del aire es elevada, el trigo y particularmente la harina, que están almacenados absorben humedad y aumentan de peso, especialmente si los sacos son pequeños, pues en este caso la relación de superficie a peso es mayor. Cuando la humedad es baja ocurre lo contrario: la harina tiende a perder humedad y por lo tanto a disminuir de peso.

En otras palabras, las variaciones en la humedad de los productos cerealistas almacenados vienen determinados por la humedad relativa de la atmósfera que los rodea.



Cuando la humedad del ambiente está comprendida entre el 15% y el 90%, la humedad de la harina es función de la misma, pudiéndose representarla gráficamente por medio de una recta. Más allá de estos límites la relación entre ambas ya no es la misma y por encima del 90% la humedad del producto continúa aumentando pero la proporción del aumento disminuye con el tiempo, tomando la curva la forma de hipérbola.



Al recibir el trigo en el molino, éste contiene muchas impurezas, pues está mezclado con semillas, tierra, paja, clavos, etc. La limpieza del trigo es uno de los pasos más importantes en el proceso de la molienda, y entre los procedimientos que se siguen para llevarla a cabo figura el lavado del grano.

Otro paso muy importante en la preparación de la molienda, lo constituye el acondicionamiento de los trigos, que consiste en tratar el trigo a base de humedad y calor para prepararlo debidamente para su molienda.

El salvado de trigos secos es muy quebradizo y a menos que se le haga más correoso por medio del acondicionamiento, se desmenuzará en partículas muy finas durante la molienda ocasionando una harina oscura y moteada.

El acondicionamiento correcto no sólo hace posible una fácil operación de la separación entre el salvado y la almendra, sino que su-

viza ésta para su molienda más fácil, produciendo a la vez cambios químicos y biológicos que se traducen en efectos benéficos sobre las harinas panaderas así obtenidas.

En el acondicionado, al trigo se le agrega del 1% al 3% de agua y se le deja en unas tolvas de reposo cierto tiempo. La cantidad de agua, temperatura y tiempo dependen de la clase de trigos a tratar.

El acondicionado del trigo por aire caliente está tomando gran incremento y su uso se practica mucho en Europa. Este tratamiento mejora la calidad panadera de trigos débiles.

La almendra harinosa de trigos duros es dura y quebradiza y produce la mejor harina panadera.

La almendra de los trigos blandos, es alargada, llena y almidonosa y su harina es más apropiada para pastelería y "pan francés".

Después de comprado y recibido el trigo es analizado en cuanto al grado de proteínas y almacenado de acuerdo con estas bases. Desgraciadamente, el grado de proteínas del trigo se estima según "recibido" y no es calculado de acuerdo con un contenido base de humedad. Así, un trigo muy seco muestra una disminución de la mitad a  $\frac{2}{3}$  partes del 1% en la proteína cuando se le aumenta la humedad en el acondicionado (o sea que a mayor humedad, menor contenido de proteínas). En las harinas de trigos blandos, los efectos son mayores.

El tratamiento a que se somete el trigo tiene una influencia decisiva sobre el contenido bacteriano de la harina.

Dada la imposibilidad de eliminar las bacterias del trigo mediante los procesos corrientes de limpia, forzosamente todas las harinas de este cereal estarán más o menos contaminadas.

El número de gérmenes de la harina depende, por una parte del estado bacteriológico del trigo, y por otro, de la extracción (Se llama extracción al % de harina obtenida a partir del trigo, considerando éste como 100%). En condiciones normales, las harinas de calidad superior, constituidas por la parte central del endospermo que se separa rápidamente de las capas externas del grano en las que se encuentran las bacterias, serán las que contengan menos gérmenes.

Estudiando el efecto del almacenamiento sobre el contenido bacteriano de la harina se encontró que si aquél se verifica en condiciones normales, el número de gérmenes decae mucho y que los microorganismos termófilos sucumben con mayor rapidez que aquéllos cuya temperatura óptima es baja.

También se observó en dicho estudio que la humedad relativa de la atmósfera es más importante que la temperatura; en otras palabras dentro de las condiciones atmosféricas normales, la disminución de la humedad relativa es más nociva para los gérmenes que el descenso de temperatura.

En el trigo, y por lo tanto en la harina, además de bacterias pueden encontrarse levaduras (tómulas), esporas de hongos, etc.

Si la humedad de la harina es del orden del 16% o superior, los hongos que pueda contener proliferan rápidamente, al contrario de lo que sucede con la población bacteriana.

La humedad crítica para que se desarrollen los hongos, es del 16% aproximadamente. Sin embargo, en la práctica comercial, esta cifra es peligrosa, por lo que, para evitar el desarrollo de los hongos es aconsejable que la humedad de la harina sea del 15% como máximo, almacenándola en lugares cuya humedad relativa no sea superior al 80%.

Todo lo anterior nos hace ver la importancia que tiene el conocimiento preciso de la humedad en las harinas, durante el proceso de su elaboración, lo mismo que durante su almacenamiento. Insistiendo sobre esto, además de lo ya dicho, podemos agregar que, si el producto, por cualquier causa llega a tener una humedad mayor del límite permisible (15%), el ataque microbiano al mismo, puede revestir características agudas e igual acontece con la acción perniciosa de algunos insectos (gorgojos, palomillas, etc.).

El transporte a granel de las harinas demasiado húmedas se dificulta grandemente, lo mismo que su almacenamiento en silos y tolvas, y el arranciamiento aparece en un período de tiempo mucho más breve.

La absorción de agua por la harina, esa cualidad tan bien apreciada por el panadero para la elaboración de masas de calidad, está influenciada directamente por la humedad previa que contenga la harina. Varía la absorción entre 40 y 73 partes de agua en peso,

por cada 100 partes de harina, dependiendo de factores como la extracción (ya se explicó antes lo que quiere decir este término), contenido de cenizas, de almidón y de proteínas. Pero, más que todos éstos, la humedad hace que el panadero aprecie o rechace el producto que se le ofrece.

Diremos para concluir, que en bien de los fabricantes y de los consumidores, la determinación y control de la humedad, constituyen uno de los análisis más importantes de los productos cerealistas, y que, quizá por su misma sencillez, no se acostumbra a fijarse en él todo lo que se debiera.

## CAPITULO II

### ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DE LAS HARINAS

Realmente en lo que respecta a análisis físicos de harinas no se puede decir mucho, pues además de que son escasos, su valor es muy relativo, ya que dependen de la experiencia y de la apreciación personal.

Entre los análisis físicos de la harina tenemos el color, la textura, la granulosis, el olor. (debe ser agradable, refrescante) y el sabor (debe ser dulzón, no ácido ni amargo), etc.

#### I.—COLOR.

El color de la harina es de gran importancia comercial, pero es difícil idear aparatos para evaluar con precisión esta prueba y registrarla en forma permanente; esta dificultad se debe precisamente a que las pequeñas diferencias que a simple vista apenas se aprecian por el observador inexperto, son de gran importancia comercial. Como se dijo anteriormente, no se cuenta aún con un método científico sino que los métodos son meramente apreciativos.

El color que presenta la harina depende de 4 factores principales:

- a) el tipo de la harina,
- b) la intensidad del tono amarillo,
- c) la granulosis, y
- d) la presencia de impurezas, cenizas, etc.

a) El tipo de la harina viene determinado por la proporción relativa de cubiertas externas molidas o polvos de salvado y por lo tanto del pigmento del salvado que contenga; cuando la proporción de salvado es grande, el color de la harina es más obscuro y su valor comercial es inferior; en realidad, lo que importa en la harina es la opacidad o brillo de la misma y no el color.

b) La harina contiene un pigmento amarillo-anaranjado. Sin embargo la intensidad del tono amarillo de las harinas comerciales no sólo depende de la cantidad de caroteno natural que contienen, sino también de la intensidad en que este pigmento ha sido blanqueado artificialmente en el molino (para blanquear la harina aún se usa el dióxido de nitrógeno  $\text{NO}_2$ , sólo que los aparatos se han mejorado. Existen aparatos que generan eléctricamente el  $\text{NO}_2$  como lo es el arco eléctrico, otros que lo producen por oxidación del gas amoníaco como agente blanqueador. También suele usarse el cloro, el cloruro de nitrosilo  $\text{NOCl}$ , el tricloruro de nitrógeno  $\text{NCl}_3$ , el dióxido de cloro  $\text{ClO}_2$ , y peróxidos orgánicos como el de benzoilo  $(\text{C}_6\text{H}_5\text{CO})_2\text{O}_2$ .

c) En cuanto a la granulosis, mientras más finamente se haya molido la harina, ésta resulta más blanca y brillante puesto que se disminuye la opacidad que producen las sombras de cada una de las partículas.

d) Influye grandemente en el color de la harina la presencia de cenizas, tizne u otras materias extrañas que suelen mezclarse con ella durante el proceso de fabricación.

Para determinar el color de la harina existen varias pruebas, siendo la más común la prueba de Pékar que consiste en lo siguiente: sobre una tablita especialmente preparada para ello, se colocan 1, 2 ó 3 harinas distintas; en seguida se aprieta esta harina por medio de una espátula o vidrio, para obtener una superficie lisa, después se sumerge la tablita con las harinas, poco a poco, en un recipiente con agua y se deja allí hasta que no salga ninguna burbuja de agua a la superficie. Mientras más obscura es una harina, más ceniza contendrá y por lo tanto de menos calidad para el panadero.

Con una misma laminilla pueden hacerse tres comparaciones: secas, después de haberlas mojado y finalmente pasado algún tiem-

po después de la inmersión: durante la desecación se verifican importantes cambios debido a la actividad enzimática de las harinas. Los resultados están afectados por la habilidad del operador así como por otros factores tales como la presión ejercida en la laminilla (a mayor compresión mejora el color, ya sea en seco o en húmedo), el no contar con ningún patrón, etc. El color aparente también se halla afectado por la humedad de la harina, mejorando el color en razón inversa de la humedad.

En ocasiones resulta útil introducir algunas variaciones en el ensayo de Pekar; una de ellas consiste en verter sobre la laminilla de harina, una vez humedecida, una solución de pirocatequina en alcohol metílico al 2%; con este reactivo, las partículas de salvado se tiñen y se hacen más visibles, permitiendo distinguir las harinas de calidad.

En cuanto a los métodos de laboratorio, para estimar el color de las harinas, Jago fue el primero en usar vidrios amarillos y rojos en el primitivo método del tintómetro de Lavilond y determinar así el color de las harinas secas. Posteriormente se usó el sistema de Munsell que está basado en comparar el color a ensayar con el de un disco de colores tipo que giran rápidamente. En este sistema el color se expresa en términos de tinte (matiz), brillo (cantidad de negro en el color) e intensidad (dilución del color con blanco); este método no fue muy aceptado y fue substituido por los discos de Maxwell que giran a gran velocidad y en el que se considera que el color de la harina comprende 4 factores: amarillo, negro, rojo y blanco.

La mayoría de los investigadores se han dedicado a la extracción de las diferentes materias colorantes de la harina, usando solventes, pero los resultados obtenidos no han sido satisfactorios. Como ejemplo se tiene la extracción con petróleo o gasolina y medir después la intensidad del color amarillo del extracto, valiéndose para ello del colorímetro fotoeléctrico de Evelyn. Entre los disolventes orgánicos que se conocen, el más apropiado para la extracción del pigmento carotenoide es el alcohol n-butílico.

Se han propuesto otros métodos para determinar el color de la harina pero los resultados han sido dudosos, por lo que el único que se lleva a cabo es el ensayo de Pekar.

## II.—GRANULOSIDAD.

El tamaño de las partículas de la harina es de gran importancia, pero a pesar de ello, no se le ha prestado la atención que merece. Naturalmente el valor comercial de una harina es mayor cuanto más finamente molida esté.

Según Swanson, el tamaño medio de las partículas de la harina es de 100 micras; cada una de estas partículas puede contener 8000 gránulos de almidón incluidos en la red de proteína.

Lo mismo que en el color de la harina, no se cuenta con un método que sea completamente satisfactorio para determinar la granulosis.

Actualmente se dispone de dos métodos:

- a) Método basado en el tamizado, ya sea mecánico o a mano, a través de tamices cuya abertura es conocida.
- b) Método basado en la velocidad de sedimentación.

a) No tiene importancia de qué material (seda, etc.) estén hechos los tamices, conociendo las aberturas. Este método consiste en lo siguiente: se coloca cierta cantidad de muestra de harina (50 gr) en la seda superior de un juego de tamices superpuestos, se ciernen mecánicamente durante 5 minutos, de manera que los tamices se muevan horizontalmente con un movimiento de vaivén a una velocidad de 180 a 190 revoluciones por minuto. Pasado dicho tiempo se pesa el residuo de la parte superior de cada tamiz, incluyendo lo que queda retenido en el armazón. El residuo adherido a la parte inferior de cada tamiz se pesa conjuntamente con el producto del tamiz inmediato inferior.

b) Cuando la harina se suspende en ciertos líquidos, las partículas más grandes se sedimentan con mayor rapidez que las pequeñas, y por lo tanto, la velocidad de sedimentación puede tomarse como medida de la granulosis.

El líquido más utilizado para suspender las partículas y medir la velocidad de sedimentación es una mezcla de éter de petróleo (90%) y acetona (10%), utilizando una bureta graduada o también se puede usar el benzol. Como es natural, las partículas



más densas se sedimentan con mayor rapidez que las finas y debido a ésto se ha mejorado el método suspendiendo una pequeña cantidad de harina en una gran cantidad de líquido, anulando así los errores debidos al arrastre que las partículas mayores originan en las partículas más finas.

En la actualidad es muy usado el aparato de Richardson que consiste en un depósito rectangular, en el que se encuentra un agitador mecánico cuyo objeto es conseguir una suspensión lo más homogénea posible.

La velocidad de sedimentación se mide determinando, a una altura fija y a intervalos regulares, la capacidad de absorción luminosa de la suspensión, que, lógicamente va disminuyendo en el curso de la prueba a causa de que las partículas de cierto tamaño habrán ido descendiendo por debajo de este punto.

La capacidad de absorción se determina proyectando en la suspensión un rayo de luz de intensidad constante, y midiendo mediante una celda fotoeléctrica la luz transmitida. Las lecturas de la corriente producida por la celda fotoeléctrica son proporcionales a la luz que incide en la misma y son registradas mediante un galvanómetro sensible.

También es posible tener una idea acerca del tamaño de las partículas mediante la observación microscópica, en la cual las partículas tienden a colocarse con la dimensión mayor paralela a la superficie del portaobjetos y son precisamente estas dimensiones mayores las que se registran.

### III.—GRADO DE FINURA.

Para saber el grado de finura de la harina, se comprime ésta en una cuchara y se transporta a una placa de porcelana blanca o de vidrio con fondo blanco de manera que la forma de la cuchara se conserva con su superficie completamente lisa. En seguida se hace gotear con una pipeta sobre la harina, una solución de floroglucina al 1% añadiendo algo de HCl conc. hasta que la superficie se humedezca; al cabo de poco tiempo se tiñe la harina, según su grado de finura, desde rosa pálido hasta rojo oscuro, destacándose con mucha claridad las partículas de salvado.

Se puede emplear el mismo método para comparar, en las mismas condiciones, diferentes harinas, con una harina cuyo grado de finura sea conocido.

## SEGUNDA PARTE: ANALISIS QUIMICOS.

### I.—GLUTEN.

Es sabido que la harina contiene 5 proteínas distintas: 1) albumina, 2) globulina, 3) proteosa, 4) prolamina o gliadina y 5) glutelina.

La prolamina y la glutelina son las proteínas más importantes, ya que con el agua y las sales forman el gluten. Para que se forme el gluten son necesarias ambas proteínas. La glutelina comunica solidez al gluten, y la ligazón se debe a la gliadina, que es una substancia blanda y pegajosa. La gliadina fija la glutelina, impidiendo su arrastre en el proceso de lavado del gluten.

El método normal para determinar el gluten se efectúa con 10 gr de harina o trigo finamente triturado, agregando de 5 a 5.5 ml de agua salada (en solución al 2%).

Para agregar la cantidad exacta de agua se usa una pipeta graduada; la masa no debe estar nunca en contacto con la mano.

Después de haberse amasado la mezcla de harina y agua, un minuto, se coloca ésta encima de un platillo negro, homogeneizándola con la mano, formando así un rollo como de 10 cm. de largo; los dos extremos del rollo deben ser doblados hacia el centro y así varias veces (2 mins), obteniéndose una masa uniforme sobre la cual se debe dejar la escudilla de reposo, dejando la reposar en ésta 13 minutos (el proceso total de la preparación de la masa toma 15 minutos).

Acto seguido, se coloca la bola de masa en el aparato lavador, con la parte superior levantada, se pone el graduador de la distancia del platillo hasta la raya superior, se pone el motor en marcha y se abre a la vez el conducto de agua salada regulando la salida de modo que salgan dos gotas por segundo más o menos.

Es importante de observar que el gluten siempre sea arrollado para adelante y nunca aplastado. Por medio del graduador de dis-

tancia entre el plato y el gluten, éste se deja obtener en los primeros minutos fácilmente (8 minutos).

Después de los tres minutos, el gluten ya se ha formado bastante bien y se puede intensificar la presión del platillo sobre éste, así como aumentar la cantidad de solución salina.

Normalmente el gluten debe formar un rollito entero; en caso de que se separe, se debe disminuir la presión del platillo para que vuelva a unirse. Pasados unos 7 ó 9 minutos, el lavado debe estar terminado y el gluten libre de almidón.

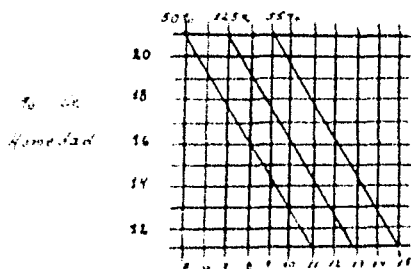
Se saca el gluten y se lava con agua pura para quitarle la sal; después de estar el gluten libre de toda partícula de agua salada debe ser amacizada con las puntas de los dedos, estirarlo y finalmente formando una bola que se prensa unas 45 veces más o menos; la bola debe moverse con una pinza a un lugar seco. Se pesa y el peso botenido se multiplica por 10, obteniéndose así el porcentaje de gluten.

#### GLUTEN SECO.

Se pone el gluten obtenido por los 10 gr. de harina en un platillo de metal, se mete al horno a una temperatura de 120 °C durante 2½ horas, se vuelve a pesar y este peso se multiplica por 10 dándonos el porcentaje de gluten seco (gluten seco = gluten húmedo / 3).

#### II.—EXPANSION DEL GLUTEN.

Para esta prueba se usa el aparato llamado "Expansógrafo". Se pesan 20 gr de harina, 0.5 gr de levadura (2.5%) y 0.4 gr de sal (2%), todo esto se amasa en un recipiente de porcelana o de vidrio hasta tener una bola homogénea (la cantidad de agua que se añade para formar la bola varía entre el 50 y el 55% según la humedad de la harina, utilizando para ello una tabla especialmente trazada).



Encima de un vidrio se sigue amasando, y finalmente se hace entre las palmas de las manos una bola redonda.

Es conveniente precalentar el vidrio así como el recipiente en el que se va amasar, con el fin de que la masa conserve su temperatura para el ensayo.

Debe tenerse en cuenta que la bola así formada no tenga cuarteaduras pues falsearía la gráfica (por estas grietas escaparían los gases).

Se introduce la bola en el aparato, y la prueba, según la calidad de la harina, dura de tres a seis horas. Por medio de la actividad de las encimas de la levadura, empieza la transformación del azúcar en la masa, la cual, a su vez, se produce por las diastasas: el gas que se produce es  $\text{CO}_2$ ; dicho gas es retenido, en parte, por la bola de masa y parte sale de ella. Solamente se puede medir el gas retenido y éste es por el hecho de que la bola de masa aumenta su volumen y restringe el agua en el recipiente. De esta manera aumenta la presión en la campana y por lo tanto en el tubo flexible y la presión correspondiente se transmite al manómetro, subiendo a la curva. Para el desarrollo de la cantidad de gas son responsables la actividad de la diastasa, la actividad de la levadura y la preexistencia del azúcar.

Para la cantidad de gases retenidos son responsables: la calidad del gluten en relación a la fermentación, la actividad de las encimas proteolíticas (las que reducen al gluten) y la calidad de otras sustancias glutélicas.

En el momento en que la presión del gas aumenta demasiado en la bola de masa, ésta se rompe y el gas empieza a salir por las grietas. La presión disminuye y la curva empezará a descender.

Esta prueba en el expansógrafo substituye en gran parte a la panificación. Se mide la calidad del gluten en combinación con la expansión, o mejor dicho, el desarrollo del gas. La producción del gas es una función del contenido de almidón y de la fuerza diastásica. La calidad del gluten depende de la adhesión de las partículas del gluten, en combinación con las encimas proteolíticas. Se combinan, por lo tanto, varios factores, como sucede también en el caso de la panificación y eso, bajo condiciones que coinciden en

gran parte con la panificación (una fermentación sin disturbios, con temperatura constante, etc.).

De lo dicho anteriormente se reconoce con facilidad, que con el método del expansógrafo podemos reunir todas las características que influyen sobre la producción del gas y la calidad del gluten, como por ejemplo: granulación, ingredientes para la estabilización o debilitación del gluten, ingredientes para fomentar o retrasar la fermentación, acondicionamiento (endurecimiento del gluten, clase y mezcla de trigos), etc.

### III.—PROTEINAS.

La harina contiene del 8% al 13% de proteínas, compuestos de naturaleza coloidal que contienen nitrógeno. Las proteínas de la harina son responsables de que al poner ésta en contacto con el agua, se forme el gluten. Las harinas con un bajo contenido de proteínas no son satisfactorias para la elaboración del pan. Las proteínas son compuestos orgánicos formados por la unión de varios aminoácidos. Estos, a su vez, son compuestos orgánicos (ácidos) que poseen grupos amínicos  $\text{NH}_2$  y carboxílicos  $\text{COOH}$ ; como ejemplo tenemos el ácido aminoacético (glicina) ( $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ ). La importancia de las proteínas estriba en que intervienen en las síntesis del protoplasma de toda célula viva.

El método que se sigue para determinar la cantidad de proteínas es el siguiente: se pesan exactamente 2 gr de harina vertiéndolos sin ninguna pérdida en lo que llamaremos "martaz destructor A"; en seguida se agregan 25 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado y unos cristallitos de  $\text{CuSO}_4$  y 10 gr de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , se calienta al matraz suavemente primero y con mayor intensidad después para provocar la digestión de la substancia orgánica, hasta que el contenido sea perfectamente azul y transparente.

El  $\text{H}_2\text{SO}_4$  destruye completamente la substancia orgánica.

La destrucción de la substancia orgánica hace que se forme finalmente  $\text{NH}_3$  que está estrechamente ligado al  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y no puede separarse.

El  $\text{CuSO}_4$  no tiene en la reacción ninguna influencia y solamente ayuda en la aceleración de la destrucción de la materia, pues acorta la digestión.

Después de la desintegración de la substancia orgánica, la primera fase del método ha terminado y solamente hay que anotar el peso de la substancia orgánica, (2 gr).

Se deja enfriar el contenido del matraz y se diluye con 250 ml de agua destilada, agregando rápidamente 90 ml de NaOH al 30%, haciendo ésto con mucho cuidado y resbalando por las paredes del matraz para evitar la mezcla de las soluciones y evitar, por lo tanto, el desprendimiento prematuro de  $\text{NH}_3$ : (se ponen unas piedritas en el fondo del matraz con el fin de evitar una ebullición muy acelerada).

Una vez hecho ésto, se conecta el matraz por medio del tubo Kjeldall al refrigerante, cuyo extremo opuesto se sumerge en un metraz al que anteriormente se le han añadido 50 ml de solución 0.1N de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , se agita el matraz y se destila durante el tiempo necesario para que haya un destilado de 250 ml.

Terminada la destilación, la solución al 30% de NaOH ha expulsado todo el  $\text{NH}_3$ , que es recibido en la solución de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Lo que se tiene en el matraz se titula usando como indicador unas gotas de anaranjado de metilo; el color de este indicador aparece al principio rojo porque todavía existe  $\text{H}_2\text{SO}_4$  sobrante. El objeto de titular el ácido es conocer la cantidad de  $\text{NH}_3$  protéico contenido en la muestra.

Esta titulación se efectúa usando solución 0.1N de NaOH.

La titulación está terminada tan pronto como el indicador se torna amarillo, apuntándose exactamente los ml de solución 0.1N de NaOH que se han agregado.

La fórmula que se utiliza para obtener el % de proteínas en relación con los ml de NaOH usados es la siguiente:

$$\frac{\text{ml de NaOH usados} \times 625 \times 0.001401}{2} = \% \text{ de proteínas.}$$

#### IV.—PANIFICACION.

El ensayo de la panificación tiene por objeto prever lo que sucederá cuando la harina se panifique industrialmente. Llevando

a cabo con pericia estos ensayos los resultados obtenidos son muy valiosos y seguros, pero si no se presta el cuidado y la atención debida, tanto a la manipulación como a la interpretación, se puede llegar a conclusiones erróneas. La estimación de la harina que se ensaya se basa en el tamaño y la textura (porosidad) del pan que resulta. Puesto que las pequeñas masas que se emplean en los ensayos de panificación se preparan en condiciones ideales, los más pequeños errores tienen gran importancia, debido a que en condiciones comerciales adquieren mayor relieve.

El químico encargado de los ensayos de la panificación deberá tener en cuenta principalmente:

- a) Carácter general de la harina (suave, granulosa, etc.).
- b) Absorción de agua.
- c) Elasticidad de la masa durante y sobre todo hacia el final de la fermentación.
- d) Estabilidad de la masa durante y sobre todo al final de la fermentación.
- e) Poder gasificante (si la masa gasifica bien durante el ensayo).
- f) Aumento de volumen en el horno.
- g) Color de la corteza.
- h) Características y color de la miga, e
- i) Características generales del pan.

El método seguido para el ensayo de la panificación es el siguiente:

Se pesan 75 gr y 25 gr de harina (por separado),  
6 gr de levadura,  
3 gr de azúcar,  
1.5 gr de sal,  
5 gr de manteca,

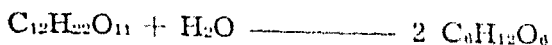
Se miden 20 ml de agua tibia (para la levadura)  
40 ml de agua tibia (para la sal).

*Modo de panificar:*

Se prepara la levadura con 20 ml de agua tibia, disolviéndose perfectamente bien, se introduce ésto a la cámara de reposo durante 30 minutos, después se saca y se le agregan 75 gr de harina y la sal disuelta en los 40 ml de agua tibia, todo ésto se bate bien por medio de una espátula, y en seguida la masa se mete a la cámara de reposo hasta que haya levantado algo más de la mitad del recipiente que la contiene (de 30 a 45 minutos), se saca y se amasa con los otros 25 gr de harina, los 5 gr de manteca y los 3 gr de azúcar agregándole agua suficiente para tener una masa suave (de 10 a 15 ml, los cuales se anotan); acto seguido, se golpea en la tabla con fuerza durante unos minutos y se vuelve a meter en la cámara de fermentación hasta que levante como la primera vez (20 mins) se amasa nuevamente y se deja reposar otros 10 minutos en la cámara de fermentación y en seguida se pone en los moldes que previamente han sido engrasados y metidos unos minutos en la cámara para que estén tibios; a la masa se le hacen tres perforaciones con un clavo ligeramente engrasado y se vuelve a dejar en reposo hasta que levante por encima del molde (20 minutos más o menos). Entre más fina sea una harina, el tiempo de reposo será más largo. Rápidamente se saca de la cámara de fermentación y se introduce al horno que debe de tener una temperatura de 200 C; se saca cuando el pan está bien dorado. Se espera a que se enfríe y se parte por la mitad para ver la porosidad y estructura de la miga; así mismo se mide, tanto el ancho como la longitud del pan.

#### V.—MALTOSA, $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot H_2O$

En la harina, la maltosa se encuentra en pequeña cantidad pero va aumentando en la masa, puesto que se va formando gradualmente al mezclar la harina con el agua a temperatura constante como sucede durante la fermentación de la masa. La maltosa es dextrógira y reduce el Licor de Fehling. No es fermentescible, pero la maltasa de la levadura se desdobra en dos moléculas de glucosa que sí fermentan fácilmente:





Al añadir agua a la harina, la diastasa produce maltosa a expensas del almidón. La formación de maltosa constituye la base de la determinación del "Índice de maltosa" de tanta utilidad en la práctica.

Para determinar la maltosa, en el laboratorio se llevó a cabo el método de Berliner:

Se pesan 10 gr de harina y se pasan a un tubo grande, al cual se añaden 50 ml de agua destilada a 30 C, se tapa con un tapón de hule y se agita con la mano hasta que no haya una sola bolita de harina; inmediatamente después se coloca el tubo en la fila de enmedio del termostato, a una temperatura de 27°C.

Después de exactamente una hora se saca el tubo del termostato filtrando su contenido a través de un papel filtro No. 588 regresando los primeros 5 ml de filtrado pues generalmente pasan turbios. La filtración debe efectuarse en media hora, más o menos.

Se miden 15 ml de filtrado que se vierten en un tubo de ensayo grande, se añaden 5 ml de NaOH, se agita perfectamente bien el tubo para que se mezclen bien las dos substancias.

Después de preparados todos los tubos con las muestras, se meten en agua hirviendo durante 15 minutos; pasado este tiempo se sacan los tubos, se enfrían y se limpian perfectamente por fuera. El color que toman las muestras es más o menos amarillo.

Tan pronto como todas las partículas flotantes se hayan asentado en el fondo del tubo, éstos se colocan en el fotómetro.

La solución amarilla debe estar perfectamente clara.

El fotómetro trabaja con filtro azul.

Por medio de un diagrama se determina el % de maltosa.

## VI.—CENIZAS.

Las cenizas o materia mineral de la harina es el residuo que queda al incinerar ésta; las cenizas se encuentran en pequeña proporción en la harina, sin embargo, influyen grandemente en la calidad y comportamiento de la misma. Las materias orgánicas tales como el almidón, las proteínas, los azúcares, etc., se queman, pero la materia mineral permanece en forma de ceniza. El porcentaje de

cenizas en la harina está en relación directa con el grado de extracción de la misma, siempre y cuando no se le hayan añadido materias minerales extrañas.

Las cenizas están constituidas principalmente por fosfato de potasio y en menor grado por fosfato de sodio, magnesio y calcio. El contenido de cenizas varía, como se dijo antes, con el grado de harinas y la clase de trigos.

Las harinas de trigos blandos tienen de 0.05% a 0.10% menos contenido de cenizas en los correspondientes grados, mientras que las harinas de trigos cristalinos, contienen considerablemente mayor cantidad de cenizas (más o menos 0.10% de más para las de mejor calidad) comparadas con las del mismo grado de trigos duros de invierno.

Por lo que se ve, el contenido de cenizas ayuda mucho a determinar la calidad de la harina, siempre y cuando dichos datos se observen conjuntamente con las otras características de la harina. Como ya hemos visto, a mejor calidad, corresponde menor cantidad de cenizas. Estas cenizas están distribuidas de forma muy diversa en el interior de la almendra del trigo, de donde se obtiene la mejor harina; aquí el contenido de cenizas es nulo, mientras que en el germen y el salvado, partes indispensables en la harina, encontramos los elementos minerales sumamente concentrados. Como es mecánicamente imposible separar las sales minerales de esta parte o periferia de la almendra que toca al salvado, un alto contenido de cenizas en la harina es indicio de baja calidad, o se ha tratado de aumentar el rendimiento en una forma en la que se han usado partes indeseables del grano del trigo.

El método seguido para la determinación de cenizas es el siguiente:

Se pesa exactamente la cápsula de porcelana o crisol y se anota este peso. (La cápsula de porcelana debe estar perfectamente limpia, poniéndola antes de pesarse en el horno y después en el desecador para que se enfríe).

Después se pesan de 3 a 5 gr del producto, en la misma cápsula, volviendo a anotar qué peso tiene la cápsula ahora.

Todas las determinaciones se hacen por duplicado.

Antes de introducir la muestra en la mufla se le añaden 3 ml de alcohol puro al 40% (se obtiene así una especie de torta porosa que se calcina más fácil y rápidamente); encendiéndolos en seguida, y se meten al horno durante 12 horas.

Pasado este tiempo se ha logrado una calcinación completa de la muestra; el crisol que contiene las cenizas cuyo color es grisáceo, se enfría en un buen desecador y se pesan rápidamente, ya que las cenizas son higroscópicas y absorben fácilmente la humedad, con el consiguiente aumento de peso.

En productos tales como harinas y sémolas no se deben observar partículas de carbón después de haber sacado las cenizas.

La temperatura a que se encuentra la mufla durante las 12 horas que dura la calcinación es de 620° C.

Las cenizas en porcentaje se deben calcular:

- 1o. sobre la humedad de la muestra,
- 2o. sobre una humedad de 14% y
- 3o. sobre sustancia seca.

Por lo tanto es indispensable calcular el % de humedad de cada muestra.

Los diferentes cálculos se efectúan como sigue:

- 1o. Sobre la humedad de la muestra.

Pesamos unas cenizas de 0.0150 gr de una muestra de 5 gr

$$\text{Ceniza en \%} = \frac{0.0150 \times 100}{5} = 0.30\%$$

- 2o. Sobre 14% de humedad.

Una cierta muestra tiene una humedad de 13,5%  
ceniza de 0.432%

Para una humedad de 14% los cálculos son como sigue:

$$\frac{0.432\% \times (100 - 14\%)}{100 - 13.5\%} = \frac{0.432 \times 86}{86.5} = 0.429\% \text{ de cenizas}$$

para una humedad de 14%.

3o. Sobre substancia seca.

Una muestra tiene una humedad de 13.5%  
cenizas de 0.35%

El porcentaje de cenizas sobre substancia seca es como sigue

$$\text{Substancia seca} = \frac{0.35 \times 100}{100 - 13.5} = 0.40\% \text{ de cenizas.}$$

Existen infinidad de métodos para obtener las cenizas, algunos a mayor temperatura en la mufla y por consiguiente menor tiempo, estos métodos implican el empleo de substancias como por ejemplo acetatos (acetato cálcico y trabajando a 900°C, pretendiéndose concluir la prueba en una hora); pero hasta ahora, aunque el método antes descrito es un poco largo, es el más común por su exactitud.

## CAPITULO III

### DETERMINACIONES DE HUMEDAD

Por lo que se ha visto en los capítulos anteriores se deduce la extraordinaria importancia que representa la humedad y su distribución en los productos cerealistas.

Debido a que la determinación de humedad no es un problema sencillo se han ideado muchos métodos así como aparatos para determinar la (eléctricos, químicos, por destilación directa, por destilación indirecta o sea por evaporación de la humedad). Algunos métodos han sido rechazados ya sea porque resultan costosos, o porque no son precisos, o porque son demasiado largos, etc.

El objeto de este capítulo es dar a conocer los diferentes métodos prácticos para determinar la humedad de las harinas y posteriormente poder llegar a una conclusión de cuál es el método más conveniente en todos los aspectos (económico, exacto y corto).

#### *(A) Métodos basados en la evaporación de la humedad.*

Este método es más comunmente conocido como "método por secado" y está basado en el empleo de estufas.

En este método debe seguirse la norma de cerrar la puerta de la estufa una vez introducidas las muestras en su interior y no abrirla hasta el momento preciso de pasarlas todas al desecador.

El enfriamiento en el desecador de las muestras retiradas de la estufa tiene una importancia extraordinaria, para que los resul-

tados sean precisos; para ello, el desecador tiene que estar bien engrasado para que el cierre sea hermético y el agente desecante debe ser eficaz ( $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , etc.) y para lograr ésto necesitan renovarse con frecuencia puesto que se inactivan rápidamente debido al agua que absorben.

*Determinación:* se pesan 10 gr de harina en balanza analítica y se introducen a la estufa a una temperatura de  $130^\circ\text{C}$  durante una hora exactamente; pasado este tiempo se saca y se mete al desecador hasta que se enfríe, se saca y se pesa; la diferencia de peso corresponde a la humedad contenida por la muestra; esta determinación de humedad es por pérdida de peso y es la más común en los molinos.

Este método ha substituido con ventaja a otro anterior que consistía en dejar la muestra dentro de la estufa durante 5 horas y a una temperatura de  $100^\circ\text{C}$ ; comparando ambos métodos, los resultados son idénticos y se ahorra tiempo.

En este grupo (métodos basados en la evaporación de la humedad) se cuenta con un aparato llamado "Hidrositómetro" que determina la humedad por medio de rayos infrarojos.

En este aparato se aprovecha el gran poder secante de los rayos infrarojos a bajas temperaturas y tiene la ventaja de poder pesar la muestra en la misma atmósfera caliente.

Su manejo es muy sencillo y sólo requiere que se ponga el producto sobre un platillo y directamente nos da la lectura que indica el porcentaje de humedad sin que sea necesario hacer ningún cálculo; la duración de la prueba es de 15 minutos.

*Determinación:* primeramente se nivela el aparato, luego se vierte sobre el platillo el producto problema hasta que la aguja de la balanza marque el cero exacto del sector graduado.

Se conecta a la corriente eléctrica el foco productor de rayos infrarojos, procurando que la luz más brillante de sobre el platillo, en el transcurso de 15 a 30 minutos la aguja habrá bajado tantos números como tantos porcentajes de humedad tuviera el producto vertido sobre el platillo, quedándose estacionada sobre el número preciso.

Es conveniente para el buen funcionamiento del aparato, que el foco productor de rayos infrarojos se le den los voltios que en el mismo van marcados.

Si el foco de rayos infrarojos tiene el voltaje justo, o sea, 120 ó 130 voltios, no es preciso mirar el porcentaje que señala la aguja a los 25 minutos exactos, pues una vez transcurrido ese tiempo y ya extraída toda la humedad, la aguja se queda estacionada y marca lo mismo a los 25 minutos que cuando lleva una hora o más expuesta a los rayos infra-rojos.

Por la mucha sensibilidad de la balanza es conveniente colocar el aparato donde no haya corrientes de aire, pues la más ligera de ellas la hace oscilar.

(B) *Métodos basados en el arrastre del vapor de agua.*

Brown-Duvel.

Lo fundamental de este método es que el grano se calienta en aceite y la humedad destila a un colector graduado.

*Determinación:* se pesan 50 gr de harina y se vacían en la parte inferior del recipiente de cobre de dos paredes. Luego se vierten 150 ml de aceite sobre la misma e igual cantidad de aceite (150 ml) en la parte exterior del mismo. Se agita bien para que la harina y el aceite se mezclen bien.

Se coloca el termómetro con la  $\frac{1}{2}$  partes del bulbo sumergidas en el aceite, se coloca la probeta con graduación especial para leer directamente el  $\frac{1}{2}$  debajo del tubo refrigerante y se calienta regulando de tal manera que se necesitan 50 minutos para que la mezcla registre la temperatura indicada (para trigo 180°C para harina 190°C).

El objeto de poner el termómetro en las condiciones antes indicadas es que si el depósito de mercurio se encuentra muy cerca del fondo del matraz, se obtienen valores bajos, mientras que si está demasiado alto, los resultados son por exceso.

Para aprovechar en otro ensayo el aceite que se ha mezclado con la harina, se filtra con un cedazo colocado en el colador del aparato medidor de aceite. Se limpia el interior del recipiente después de cada ensayo.

Para protegerse con tan posibles errores es indispensable hacer por duplicado todas las determinaciones.

### TEMPERATURAS Y CANTIDADES PARA LAS DETERMINACIONES:

<i>Clase de substancia</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Cant. de aceite</i>	<i>Temp. Máxima</i>
Trigo	100 gr	150 ml	180°C
Harina	50 gr	150 ml	190°C

#### (C) *Métodos eléctricos rápidos.*

Aparato de Tag-Heppenstall.

Este método está basado en características eléctricas del producto, o sea en la disminución de la resistencia o aumento de la conductividad eléctrica que presentan los cereales al elevarse su humedad.

Este aparato consiste en un dispositivo para medir resistencias en corriente continua y un par de electrodos.

Los electrodos son de acero, cilíndricos y con hendiduras longitudinales para introducirse en la muestra, asegurando así el contacto eléctrico y mecánico con los núcleos. Uno de los cilindros, accionado mediante un motor, gira a velocidad constante, y el otro, se mueve gracias al roce de la harina o semilla que pasa entre ambos (este cilindro se encuentra bien aislado y montado sobre bakelita). La ventaja de los electrodos rotativos es doble. Al registrar la desviación media del aparato (galvanómetro) cuando se trabaja con una muestra, se obtiene con mucha precisión la media de un gran número de medidas; por otra parte, como cada gránulo o partícula de harina está en el circuito (en contacto con ambos electrodos) durante un tiempo muy corto, se reduce al mínimo la polarización y su influencia sobre los resultados resulta despreciable.

Trazando curvas de calibración para cada muestra, en diferentes condiciones se consiguen resultados bastante exactos. Se pretende que con este aparato puede conseguirse en 30 segundos una exactitud en la determinación de más o menos 0.005%, y desde luego, sin necesidad de pesar.



Como se dijo al principio de este capítulo existen infinidad de métodos y aparatos para determinar la humedad de los cereales y sus derivados; pero no tiene objeto mencionarlos todos, si no tienen utilidad práctica; así que únicamente he anotado aquéllos que nos dan resultados satisfactorios o sea los que reúnen exactitud, manejo sencillo, rapidez y economía.

## CAPITULO IV

### INFLUENCIA DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN LOS DEMÁS CONSTITUYENTES DE LA HARINA

De acuerdo con las prácticas efectuadas, se demuestra que los diferentes grados de humedad afectan solamente las cenizas, las proteínas y principalmente a la absorción de agua( que es la que sufre mayores cambios).

En cuanto a la absorción de agua, ésto se pudo observar en casi todos los análisis de las harinas, tales como gluten, expansión del gluten, panificación, etc. Esto se puede ver en las gráficas de expansión.

A continuación se hará un resumen de las prácticas efectuadas en el laboratorio, donde se hicieron todos los análisis propios de una harina; primero en condiciones normales (14%) y después con las diferentes humedades logradas (8%, 10%, 12%, 16%, 18% y 20%).

Dichas humedades se lograron, las primeras, introduciendo una determinada cantidad de harina en una cámara con una temperatura de 30 a 35°C durante cierto tiempo (mayor tiempo para lograr menor humedad) y las segundas dejando determinada cantidad de harina en una atmósfera lo suficientemente húmeda también cierto tiempo (más tiempo para lograr más humedad).

Después de tener las muestras de harina con las humedades deseadas se introduce cada una de ellas en un frasco de vidrio y se cierran perfectamente bien, esto último con el fin de que la humedad no varíe.

## GLUTEN.

El porcentaje de gluten obtenido tanto en condiciones normales de humedad como anormales, puede decirse que no varía, como se ha observado en la práctica; lo único que ha variado durante el procedimiento para la obtención del mismo es la cantidad de agua.

Se dijo en el capítulo II que la cantidad de agua necesaria para obtener el gluten de 10 gr. de harina, varía entre 5 ml y 5.5 ml, pero en la práctica efectuada se observó que para una humedad de 20% solamente se necesitaron 4.5 ml y para una humedad de 8% fueron necesarios 5.9 ml.

Como puede verse en la tabla, el porcentaje de gluten obtenido con diferentes grados de humedad es casi el mismo, y las pequeñas variaciones que se observan no pueden tomarse en cuenta debido a que no todo el procedimiento para la obtención del gluten es mecánico sino que interviene en gran parte la mano del operador.

## MALTOSA.

Las siete muestras de harina con sus diferentes porcentajes de humedad nos dieron la misma cifra de maltosa, demostrando ésto que la humedad no afecta el porcentaje de maltosa contenido en las harinas.

## CENIZAS.

Al principio de este capítulo se dijo que los diferentes grados de humedad sí alteran el contenido de cenizas en las harinas.

A continuación se anotan todos los cálculos efectuados.

Todas las muestras se hicieron por duplicado.

MUESTRA No. 1.

Datos:	Plato vacío	Plato con harina	Plato con cenizas
(A)	25.3950 gr	30.4318 gr	25.4158 gr
(B)	25.3899 gr	29.4117 gr	24.4091 gr
(A)	30.4318		25.4158
	— 25.3950		— 25.3950
	<u>5.0368</u> gr de harina		<u>0.0208</u> gr de cenizas

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{0.0208 \times 100}{5.0368} = 0.412$$

(B)	29.4117		24.4091
	— 24.3899		— 24.3899
	<u>5.0218</u> gr de harina		<u>0.0192</u> gr de cenizas

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{0.0192 \times 100}{5.0218} = 0.383$$

Ahora promediando los dos porcentajes de cenizas obtenidos.

$$\begin{array}{r} 0.412 \\ + 0.383 \\ \hline 0.795 \end{array} ; \quad 0.795 / 2 = 0.397$$

Cenizas con una humedad de 8 % = 0.397 % en base húmeda.

La fórmula que utilizamos para transformar el porcentaje de humedad en base húmeda a base seca es la siguiente:

$$\% \text{ en base seca} = \frac{\% \text{ de cenizas en base húmeda} \times 100}{100 - \% \text{ de humedad}}$$

$$\% \text{ en base seca} = \frac{0.396 \times 100}{100 - 8} = 0.431$$

MUESTRA No. 2 (10% de Humedad)

Datos:	Plato vacío	Plato con harina	Plato con cenizas
(A)	23.1390 gr	28.1519 gr	23.1587 gr
(B)	20.7027 gr	25.7193 gr	20.7221 gr

(A)	28.1519	23.1587
—	23.1390	— 23.1390
	<u>5.0129</u> gr de harina	<u>0.0197</u> gr de cenizas

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{0.0194 \times 100}{5.0129} = 0.393$$

(B)	25.7193	20.7221
—	20.7027	— 20.7027
	<u>5.0166</u> gr de harina	<u>0.0194</u> gr de cenizas

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{0.0194 \times 100}{5.0166} = 0.387$$

Promediando los dos porcentajes obtenidos de cenizas:

$$\begin{array}{r} 0.393 \\ + 0.387 \\ \hline 0.780 \end{array} ; \quad 780 / 2 = 0.390$$

Promedio de cenizas con 10% de humedad = 0.390 en base húmeda.

$$\% \text{ en base seca} = \frac{0.390 \times 10}{100 - 12} = 0.433$$

MUESTRA No. 3 (12% de Humedad)

Datos:      Plato vacío                      Plato con harina                      Plato con cenizas

(A) 20.2407 gr                      25.2835 gr                      20.2602 gr  
 (B) 21.8362 gr                      26.8593 gr                      21.8554 gr

(A)      25.2835                                      20.2602  
       — 20.2407                                      — 20.2407  
       —————                                      —————  
           5.0428 gr de harina                      0.0195 gr de cenizas

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{0.0195 \times 100}{5.0428} = 0.386$$

(B)      26.8593                                      21.8554  
       — 21.8362                                      — 21.8362  
       —————                                      —————  
           5.0231 gr de harina                      0.0192 gr de cenizas

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{0.0192 \times 100}{5.0231} = 0.382$$

Promediando los dos porcentajes de cenizas obtenidos:

$$\begin{array}{r} 0.386 \\ + 0.382 \\ \hline 0.768 \end{array} ; \quad 0.768 / 2 = 0.384$$

Promedio de cenizas con 12% de humedad = 0.384 en base húmeda.

$$\% \text{ en base seca} = \frac{0.384 \times 100}{100 - 12} = 0.436$$

MUESTRA No. 4 (14% de Humedad)

Datos:      Plato vacío                      Plato con harina                      Plato con cenizas

(A) 19.9872 gr                      24.9939 gr                      20.0057 gr  
 (B) 22.1418 gr                      27.1503 gr                      22.1601 gr

(A)      24.9939                      20.0057  
         — 19.9872                      — 19.9872  
         —————  
           5.0067 gr de harina                      0.0185 gr de cenizas

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{0.0185 \times 100}{5.0067} = 0.370$$

(B)      27.1503                      22.1601  
         — 22.1418                      — 22.1418  
         —————  
           5.0085 gr de harina                      0.0183 gr de cenizas

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{0.0183 \times 100}{5.0085} = 0.367$$

Promediando los dos porcentajes obtenidos:

$$\begin{array}{r} 0.370 \\ + 0.367 \\ \hline 0.737 \end{array} \quad ; \quad 0.737 / 2 = 0.368$$

Promedio de cenizas con 14% de humedad = 0.368% en base húmeda.

$$\% \text{ en base seca} = \frac{0.368 \times 100}{100 - 14} = 0.428$$

MUESTRA No. 5 (16% de humedad)

Datos:      Plato vacío                      Plato con harina                      Plato con cenizas

(A) 22.2305 gr                      27.2621 gr                      22.2485 gr

(B) 22.1665 gr                      27.1968 gr                      22.1844 gr

	(A)	27.2621		22.2485	
		— 22.2305		— 22.2305	
		<u>5.0316</u>	gr de harina	<u>0.0181</u>	gr de cenizas

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{0.0181 \times 100}{5.0316} = 0.360$$

	(B)	27.1968		22.1844	
		— 22.1665		— 22.1665	
		<u>5.0303</u>	gr de harina	<u>0.0179</u>	gr de cenizas

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{0.0179 \times 100}{5.0303} = 0.356$$

Promediando los dos porcentajes obtenidos:

$$\begin{array}{r}
 0.360 \\
 + 0.356 \\
 \hline
 0.716
 \end{array}
 \quad ; \quad
 0.716 / 2 = 0.358$$

Promedio de cenizas con 16% de humedad = 0.358% en base húmeda.

$$\% \text{ en base seca} = \frac{0.358 \times 100}{100 - 16} = 0.426$$





MUESTRA No. 7 (20% de Humedad)

Datos:	Plato vacío	Plato con harina	Plato con cenizas
(A)	25.9038 gr	31.0005 gr	25.9210 gr
(B)	19.4301 gr	24.4322 gr	19.4469 gr

$$\begin{array}{r}
 \text{(A)} \quad 31.0005 \\
 \quad \quad \text{-- } 25.9038 \\
 \hline
 \quad \quad 5.1967 \text{ gr de harina}
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 25.9210 \\
 \quad \quad \text{-- } 25.9038 \\
 \hline
 \quad \quad 0.0172 \text{ gr de cenizas}
 \end{array}$$

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{0.0172 \times 100}{5.1967} = 0.338$$

$$\begin{array}{r}
 \text{(B)} \quad 24.4322 \\
 \quad \quad \text{-- } 19.4301 \\
 \hline
 \quad \quad 5.0021 \text{ gr de harina}
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 19.4469 \\
 \quad \quad \text{-- } 19.4301 \\
 \hline
 \quad \quad 0.0168 \text{ gr de cenizas}
 \end{array}$$

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{0.0168 \times 100}{5.0021} = 0.336$$

Promediando los dos porcentajes obtenidos:

$$\begin{array}{r}
 0.338 \\
 + 0.336 \\
 \hline
 0.674
 \end{array}
 \quad ; \quad 0.674 / 2 = 0.337$$

Promedio de cenizas con 20% de humedad = 0.337% en base húmeda.

$$\% \text{ en base seca} = \frac{0.337 \times 100}{100 - 20} = 0.421$$

Como puede verse, conforme la humedad de la harina va aumentando el porcentaje de cenizas disminuye en forma considerable en base húmeda, mientras que en base seca aumenta.

Por el contrario, al disminuir la humedad, el porcentaje de cenizas aumenta paulatinamente en base húmeda y también en base seca (naturalmente partiendo de la humedad normal, o sea 14%).

De lo anterior se deduce que una variación de humedad con respecto a las condiciones normales (14%) sí afecta la calidad de la harina; ya que como se dijo en el capítulo II, entre más cenizas contenga una harina su calidad disminuye y también un contenido mínimo de cenizas, fuera de lo especificado, afecta la calidad de la harina.

### *PROTEINAS.*

La cantidad de proteínas contenida en una harina es de gran importancia pues puede decirse que es el factor principal del que depende la calidad y por lo tanto la aceptación por el panadero de la misma.

En la práctica efectuada se demuestra que entre mayor sea la humedad de una harina, el contenido de proteínas es menor.

Como en los análisis anteriores, con cada muestra de harina (con su respectiva humedad) se obtuvo el contenido de proteínas en ella. Todos los cálculos efectuados se pondrán a continuación y al final de este capítulo se hará un cuadro resumen con todos los resultados obtenidos.

Cada muestra se hizo por duplicado.

MUESTRA No. 1 (8% de humedad)

Datos:	Cantidad de harina	ml de NaOH utilizados
(A)	2 gr	29.5 ml
(B)	2 gr	29.0 ml

La fórmula para obtener el % de proteínas es:

$$\frac{\text{ml de NaOH} \times 625 \times 0.001401}{\text{gr de muestra}}$$

$$(A) \frac{29.5 \times 625 \times 0.001401}{2} = 12.91\%$$

$$(B) \frac{29.0 \times 625 \times 0.001401}{2} = 12.70\%$$

% de proteínas con 8% de humedad = 12.8 en base húmeda.

$$\begin{aligned} \text{\% de proteínas con 8\% de humedad} &= \frac{12.8 \times 100}{100 - 8} \\ &= 13.9 \text{ en base seca.} \end{aligned}$$

MUESTRA No. 2 (10% de humedad)

Datos: Cantidad de harina ml de NaOH utilizados

(A) 2 gr 27.3 ml

(B) 2 gr 27.4 ml

$$(A) \frac{27.3 \times 625 \times 0.001401}{2} = 11.95\%$$

$$(B) \frac{27.4 \times 625 \times 0.001401}{2} = 11.99\%$$

% de proteínas con 10% de humedad = 11.97 en base húmeda.

$$\begin{aligned} \text{\% de proteínas con 10\% de humedad} &= \frac{11.97 \times 100}{100 - 10} \\ &= 13.3\% \text{ en base seca.} \end{aligned}$$

MUESTRA No. 3 (12% de humedad)

Datos:	Cantidad de harina	ml de NaOH utilizados
(A)	2 gr	25.5 ml
(B)	2 gr	27.4 ml

$$(A) \frac{25.5 \times 625 \times 0.001401}{2} = 11.16$$

$$(B) \frac{27.4 \times 625 \times 0.001401}{2} = 11.42$$

% de proteínas con 12% de humedad = 11.29% en base húmeda.

$$\begin{aligned} \text{\% de proteínas con 12\% de humedad} &= \frac{11.29 \times 100}{100 - 12} \\ &= 12.8\% \text{ en base seca.} \end{aligned}$$

MUESTRA No. 4 (14% de humedad)

Datos:	Cantidad de harina	ml de NaOH utilizados
(A)	2 gr	24.8 ml
(B)	2 gr	24.2 ml

$$(A) \frac{24.8 \times 625 \times 0.001401}{2} = 10.85$$

$$(B) \frac{24.2 \times 625 \times 0.001401}{2} = 10.59$$

% de proteínas con 14% de humedad = 10.72% en base húmeda.

$$\begin{aligned} \text{\% de proteínas con 14\% de humedad} &= \frac{10.72 \times 100}{100 - 14} \\ &= 12.4\% \text{ en base seca.} \end{aligned}$$

MUESTRA No. 5 (16% de humedad)

Datos:	Cantidad de harina	ml de NaOH utilizados
(A)	2 gr	23.0 ml
(B)	2 gr	23.5 ml

$$(A) \frac{23.0 \times 625 \times 0.001401}{2} = 10.02$$

$$(B) \frac{23.5 \times 625 \times 0.001401}{2} = 10.18$$

% de proteínas con 16% de humedad = 10.10% en base húmeda.

$$\% \text{ de proteínas con 16\% de humedad} = \frac{10.10 \times 100}{100 - 16}$$

= 12.0% en base seca.



MUESTRA No. 6 (18% de humedad)

Datos:	Cantidad de harina	ml de NaOH utilizados
(A)	2 gr	22.5 ml
(B)	2 gr	21.2 ml

$$(A) \frac{22.5 \times 625 \times 0.001401}{2} = 9.85$$

$$(B) \frac{22.2 \times 625 \times 0.001401}{2} = 9.28$$

% de proteínas con 18% de humedad = 9.56% en base húmeda.

$$\begin{aligned} \text{\% de proteínas con 18\% de humedad} &= \frac{9.56 \times 100}{100 - 18} \\ &= 11.65\% \text{ en base seca.} \end{aligned}$$

MUESTRA No. 7 (20% de humedad)

Datos:	Cantidad de harina	ml de NaOH utilizados
(A)	2 gr	20.00 ml
(B)	2 gr	20.60 ml

$$(A) \frac{20.0 \times 625 \times 0.001401}{2} = 8.75$$

$$(B) \frac{20.6 \times 625 \times 0.001401}{2} = 9.01$$

% de proteínas con 20% de humedad = 8.88% en base húmeda.

$$\% \text{ de proteínas con 20\% de humedad} = \frac{8.88 \times 100}{100 - 20}$$

= 11.1% en base seca.

## *ABSORCION DE AGUA.*

La absorción de agua en la harina varía ampliamente de acuerdo con la humedad de la misma.

Lo anterior se ratificó en casi todos los análisis efectuados a las muestras de harina, tales como gluten, expansión del gluten, panificación, etc.

Como se dijo en el punto anterior, al final de este capítulo se puede ver claramente en un cuadro resumen la absorción de agua con los diferentes grados de humedad.

## *EXPANSION DEL GLUTEN Y PANIFICACION.*

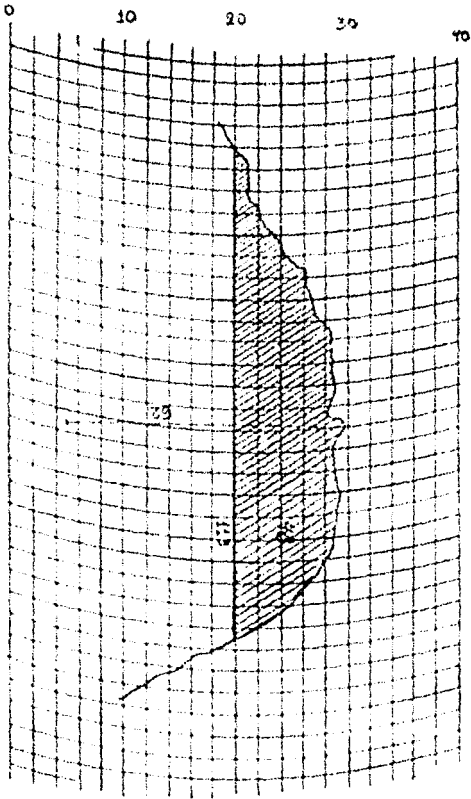
Se hicieron diferentes gráficas con cada una de las muestras de harina y los resultados obtenidos fueron casi los mismos, por lo que concierne a la estabilidad, retención del gas, y superficie; en lo único que se observó una diferencia notable fue en la absorción de agua para tener la masa en las condiciones adecuadas.

Las diferencias a que me refiero se deben a que la preparación de la masa se hace a mano, a que la levadura utilizada no siempre es la misma, etc., por lo tanto estas diferencias no pueden tomarse en cuenta.

En la panificación sucede lo mismo y también lo que varía es la cantidad de agua que hay que añadirle a la harina para la preparación del pan.

Las gráficas obtenidas se pondrán a continuación.

GRAFICA No. 1

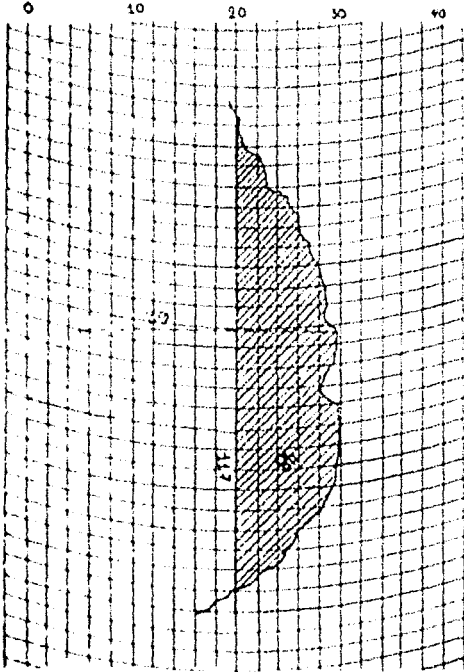


8% de Humedad

13 ml de agua.

Estabilidad .....	113
Retención al gas .....	62
Superficie .....	48

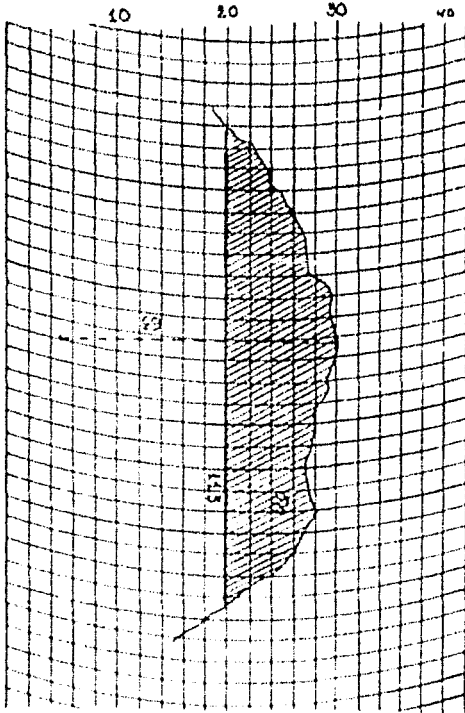
GRAFICA No. 2



10% de Humedad  
12.5 ml de agua.

Estabilidad .....	117
Retención al gas .....	62
Superficie .....	48

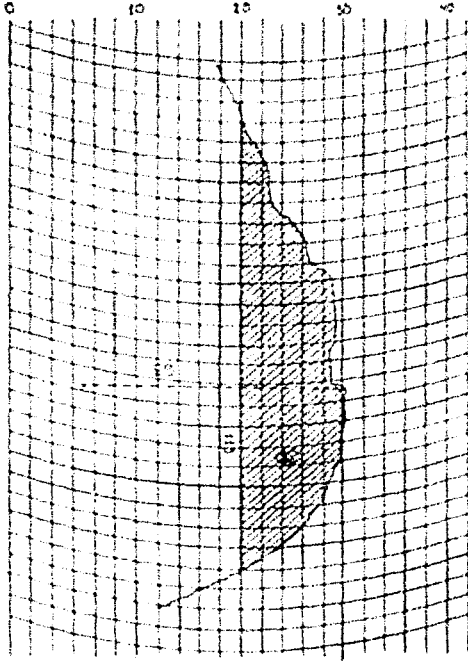
GRAFICA No. 3



12% de Humedad  
11.5 ml de agua.

Estabilidad .....	113
Retención al gas .....	63
Superficie .....	50

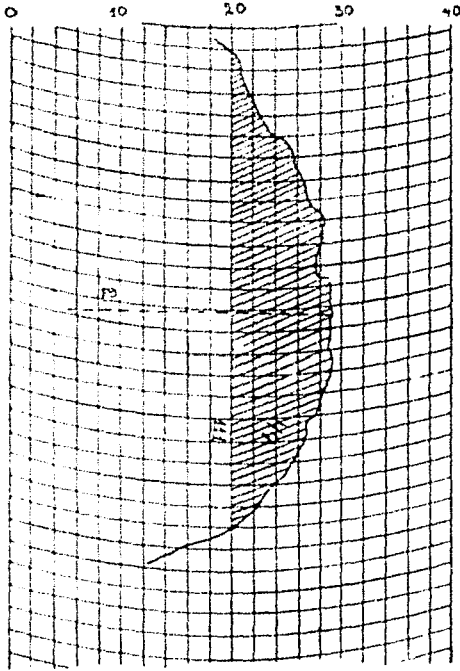
GRAFICA No. 4



14% de Humedad  
11.1 ml de agua.

Estabilidad .....	113
Retención al gas .....	63
Superficie .....	48

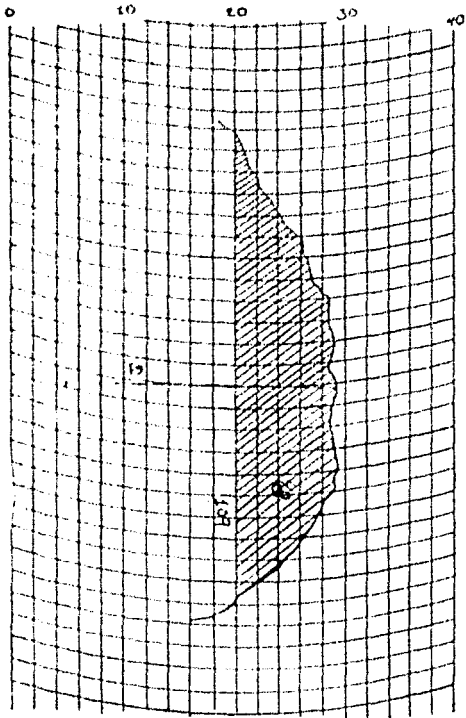
GRAFICA No. 5



16% de Humedad  
10.0 ml de agua.

Estabilidad .....	111
Retención al gas .....	61
Superficie .....	49

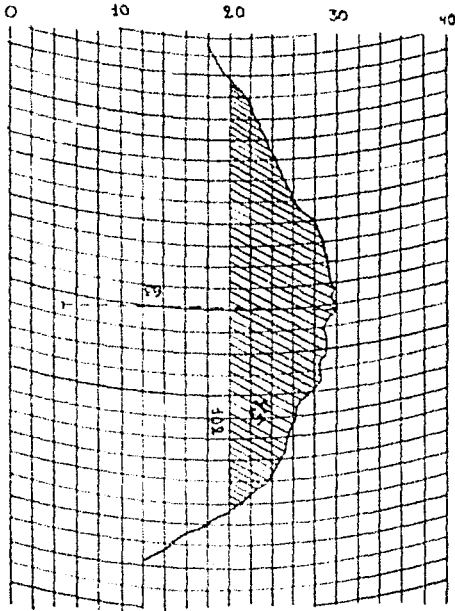




GRAFICA No. 6

18% de Humedad  
9.4 ml de agua.

Estabilidad .....	119
Retención al gas .....	61
Superficie .....	48



GRAFICA No. 7

20% de Humedad  
8.7 ml de agua

Estabilidad .....	102
Retención al gas .....	63
Superficie .....	45

## CUADRO RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

HUMEDAD	8 %		10 %		12 %		14 %		16 %		18 %		20 %	
	B.S.	B.H.	B.S.	B.H.	B.S.	B.H.	B.S.	B.H.	B.S.	B.H.	B.S.	B.H.	B.S.	B.H.
GLUTEN	10.89	32.48	11.00	32.50	10.96	32.44	10.96	32.49	10.96	32.45	10.99	32.48	10.90	32.40
MAGDASA	1.01	0.93	1.03	0.93	1.06	0.94	1.09	0.94	1.12	0.94	1.15	0.93	1.17	0.94
PROTEINAS	13.90	12.80	11.97	13.30	11.29	12.80	10.72	12.40	10.10	12.00	9.56	11.65	9.00	11.10
CENIZAS	0.431	0.397	0.433	0.390	0.436	0.384	0.428	0.388	0.425	0.358	0.420	0.345	0.421	0.357
ABSORCION	13.0 cc		12.5 cc		11.5 cc		11.3 cc		10.0 cc		9.4 cc		8.7 cc	
ESTABILIDAD	113		117		113		113		111		115		105	
RETENCION AL GAS	62		62		63		63		61		67		63	
SUPERFICIE	48		48		50		48		49		48		45	

VARIACION DEL PESO Y LA HUMEDAD DE LA HARINA  
SEGUN EL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO

PESO INICIAL	HUMEDAD INICIAL	Después de 7 días de almacenada		Después de 14 días de almacenada		Después de 21 días de almacenada	
		PESO	HUMEDAD	PESO	HUMEDAD	PESO	HUMEDAD
44 Kgr	8 %	43.994	7.99	43.692	7.40	43.452	7.28
44 Kgr	10 %	43.992	9.98	43.631	9.19	43.395	8.99
44 Kgr	12 %	43.891	11.96	43.596	10.00	43.389	9.72
44 Kgr	14 %	43.989	13.97	43.503	12.87	43.358	12.54
44 Kgr	16 %	43.998	15.77	43.435	14.77	43.275	14.01
44 Kgr	18 %	43.985	17.65	43.412	16.74	43.228	15.77
44 Kgr	20 %	43.981	19.61	43.401	18.50	43.211	17.71

NOTA:

La variaciones que sufre la harina en cuanto a su peso y humedad, se verifican durante las primeras tres semanas (21 días) de almacenada, de ahí en adelante puede considerarse que permanece constante.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES

Las conclusiones que se obtienen de este trabajo, pueden dividirse en varias partes, atendiendo los diferentes capítulos del mismo.

A) Por los resultados obtenidos en el capítulo III, se concluye que el mejor método práctico de determinar el contenido de humedad, se logra con la estufa a 100 C (pérdida de peso por secado), pues aunque se requiere de una hora para poder hacer la determinación, se tiene la ventaja de que a la vez se puede determinar la humedad hasta de 16 muestras y ese tiempo se puede aprovechar en otras determinaciones (gluten, expansión del gluten, proteínas, etc.).

Este método tiene también la ventaja de que no se requiere de ninguna especialización para hacer las determinaciones, por su extraordinaria sencillez y los resultados que se obtienen son muy precisos; se puede decir que es el método "tipo" ya que es lo más común en los molinos.

Los demás aparatos mencionados en el capítulo III no reúnen todas estas ventajas pues, por ejemplo, los resultados obtenidos con el Hidrositómetro son también muy exactos pero sólo puede determinarse la humedad de una muestra cada vez, además de que el aparato debe estar en un lugar especial donde no haya corriente de aire, debido a la gran sensibilidad de la balanza.

La determinación de humedad mediante el Brown-Duvel es más complicada puesto que el aparato también lo es y una ligera distracción o error hace variar notablemente los resultados.

El Tag-Happenstall es de manejo sencillo y rápido, los resultados coinciden con bastante exactitud con los obtenidos mediante la estufa pero es lento, debido a que es necesario trazar curvas de calibración.

Lo ideal en la práctica sería reunir en un solo método exactitud, sencillez, economía y rapidez; y podemos decir con seguridad que el método por secado mediante la estufa reúne a satisfacción los 3 primeros factores y no tan satisfactoriamente el último, pero esto queda compensado con lo dicho en párrafos anteriores (se puede aprovechar este tiempo en otras determinaciones).

- B) Con respecto al capítulo IV se ha observado el hecho de que varíe el % de agua no afecta el contenido de gluten, de maltsa, a la panificación ni la expansión del gluten; pero si tiene influencia sobre el contenido de proteínas, cenizas y principalmente en la absorción de agua

La absorción se refiere a la cantidad de agua que usamos en la prueba del amasijo. Para el objeto de comparación, ésta se calcula sobre una base de humedad de 14%. El contenido de humedad y absorción también se computa como se recibió. La absorción de una harina es grandemente afectada por el contenido de su humedad y por el equipo o maquinaria de amasado. Los panaderos que cuentan con máquinas revolventoras o amasadoras de alta velocidad, pueden agregar a la masa una cantidad bastante apreciable de agua a la masa, que no se consigue en panaderías equipadas con maquinaria de poca velocidad. El tipo de masa elaborada también ejerce influencia sobre la absorción. Por lo tanto, las cantidades fijadas al factor absorción, no pueden ser aplicables a todas las panaderías; pero de todos modos son bastante comparativas. Por ejemplo: si el laboratorio reporta una absorción del 64% sobre cierta harina y el panadero sólo puede agregarle un 59%, esta misma diferencia se mantendrá en las subsecuentes muestras analizadas.

Así, si el laboratorio indica que otra harina tiene una absorción de 60%, el panadero, bajo las mismas condiciones, sólo podrá agregarle un 55%.

El rendimiento por costal, bajo ciertas condiciones de la panadería está sujeto por completo a la absorción.

El rendimiento se expresa en Kg de masa; algunas veces, como vía de comparación, se compara con el rendimiento de la harina "alta patente". El rendimiento porcentual es superfluo cuando se conoce el porciento de absorción.

Una harina con absorción de 60% produce 264 bastones de 1 Kgr de masa por saco de 44 Kgr

- C) Para todas las determinaciones llevadas a cabo en esta tesis el % óptimo de Humedad es de 14%. Esto coincide con las normas de calidad, la costumbre de los molineros y con las exigencias de los panaderos.

## CAPITULO VI

### BIBLIOGRAFIA

ROMULO ESCOBAR.—Enciclopedia Agrícola y de conocimientos afines. Vol III. Editorial Escuela Particular de Agricultura de Cd. Juárez. Chih.

.....—Enciclopedia Universal Ilustrada Europeo Americana. Editorial Espasa Calpe. S. A. Madrid, 1927.

L. FIESER y M. FIESER.—Química Orgánica. Editorial Atlante. S. A. México. D. F. 1948.

S. C. PRESCOTT y C. G. DUNN.—Microbiología Industrial. Editorial Aguilar. S. A. Madrid. 1952.

IGNACIO PUIG.—Manual de Industrias y Bebidas. Editorial Sopena. Buenos Aires.

.....—Sonderdruck aus Die Müllerei, Heft 35 von Mühlen und Mühlenbau. Sept., 1950.



.....—Die Müllerei. Fachschrift für wirtschaftliche und technische Förderung von Mühlen und Mühlenbau. Stuttgart, 1961.

.....—Der Mühlernbetrieb, von Otto Kubosky, 1942.

KENT-JONES y AMOS.—Química moderna de los cereales. Edición Aguilar. Madrid.

BAILLY-BAILLIERE.—Harinas y Féculas, Madrid. 1955.

CLYDE H. BAILEY.—The constituents of wheat and wheat products. 1944.

.....—Conferencia de las Naciones Unidas sobre el trigo.

FRITZ ULLMANN.—Enciclopedia de Química Industrial. Editorial Gustavo Gili, S. A. Barcelona, 1952.