

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**MÉTODOS PARA EVALUAR LA CALIDAD EN TRIGOS CRISTALINOS
(*Triticum durum*), SEMOLINAS Y PASTAS ALIMENTICIAS.**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
QUÍMICA DE ALIMENTOS

PRESENTA

ALMA ESCAMILLA ESTRADA

MÉXICO, D.F.

2001





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.

JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE PROF. FEDERICO GALDEANO BIENZOBAS

VOCAL PROFA. FRANCISCA ITURBE CHINAS

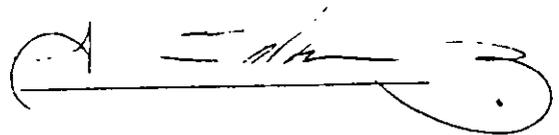
SECRETARIO PROF. ALFREDO SALAZAR ZAZUETA.

PRIMER SUPLENTE PROFA. MARÍA DE LOURDES GÓMEZ RÍOS.

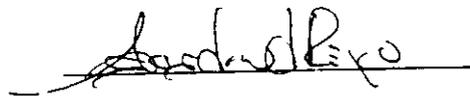
SEGUNDO SUPLENTE PROFA. MA. DEL ROCÍO SANTILLANA HINOJOSA.

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE CEREALES- INIFAP Y CIMMYT,
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD, MOLINO DE TRIGO EL PILAR.

DR. ALFREDO SALAZAR ZAZUETA.
ASESOR



Q.F.B. AGUSTÍN REYO HERRERA
SUPERVISOR TÉCNICO.



ALMA ESCAMILLA ESTRADA
SUSTENTANTE



En memoria de mi padre.

Siempre tuviste las palabras perfectas que me consolaran,
tu preocupación porque las cosas fueran perfectas,
tu cariño y consejos han estado conmigo y
me acompañarán toda mi vida.
Te quiero papi.

AGRADECIMIENTOS.

A mi querida Universidad Nacional Autónoma de México, porque en ella pasé ocho hermosos años de mi vida, donde conocí a mis mejores amigos y viví momentos inolvidables, por haberme formado como profesionista y ser humano y por haberme otorgado el privilegio y honor de ser universitaria.

A la Facultad de Química, que fue mi casa por cinco años y a sus profesores que fueron mi guía.

Al Dr. Alfredo Salazar Zazueta, por su apoyo, su tiempo y sus consejos, sobre todo por su paciencia.

Al Q.F.B. Agustín Reyó Herrera, por sus valiosos consejos, su tiempo y orientación.

A los Profesores Lourdes Gómez y Federico Galdeano, por su tiempo, por sus atinados consejos y comprensión.

A la Q.A. Marisa Ortega por su ayuda incondicional y valioso apoyo para la realización de este trabajo.

Al Molino de Trigo El Pilar, especialmente al Ing. Antonio Galindo y al personal del Laboratorio de Control de Calidad, por el apoyo recibido para realizar este trabajo.

Al Laboratorio de Tecnología de Cereales INIFAP y CIMMYT, por la ayuda otorgada para la realización de este trabajo.

DEDICATORIAS.

A Dios por su infinito amor.

A mi madre. Por todo tu amor, tu apoyo, comprensión, paciencia, sacrificios y porque has sido mi ejemplo de mujer fuerte y amorosa. Gracias a ti he alcanzado mis metas y logrado mis sueños. Agradezco a Dios la bendición de tenerte como mi mami, te quiero mucho.

A mi hermano. Porque gracias a ti sé que puedo ser más fuerte de lo que pensaba, te quiero hermano.

A mi hermana. Porque siempre has sido un poco amiga, maestra, confidente, consejera, ejemplo y orgullo. Porque gracias a ti he logrado y aprendido muchas cosas y porque me has dado una de las lecciones más importantes en mi vida y es que aún cuando las circunstancias sean muy difíciles, es posible salir adelante cuando en realidad lo deseas y trabajas duro. Te quiero Ali.

A mis tíos Gustavo y José Luis Escamilla, por su cariño y apoyo sobre todo en los momentos más difíciles.

A la Nena y tía Hilda, por su cariño y ternura.

A Mishell Angélica. Por tu amistad y cariño, por tus consejos y jalones de orejas, por tu franqueza, el apoyo sincero que siempre me has dado y en especial por tu ayuda en la realización de este trabajo.

A Angelito y Luisillo, por su cariño y amistad. Gracias Angelito por ser mi "Angelito de la guarda" y por tus múltiples consejos.

A Grace Kelly "de la vida", por tu amistad, cariño y ternurita, por tu apoyo y las buenas pláticas.

A mis "primas" y "primo". Grace, Angelito, Karlita Chacón, Ranita, Anjalí, Isaldy, Carluca y Emmanuelillo, gracias por su amistad, cariño y ternura, por todo lo que compartimos, por las largas noches de estudio y pláticas "constructivas", por los buenos consejos, su ayuda y apoyo. Los quiero mucho.

A Lulú Gómez, Reyito y Lucy por sus consejos y sincero apoyo.

A mis queridos amigos, Itzel, Dulce, Normita, Noé, Carlitos que han sido y serán parte muy importante en mi vida.

A Claudia, Arlette y Josecito, por su apoyo y sabios consejos.

A todas las personas de quienes recibí un buen consejo, que me dieron la mano aún sin conocerme y de quienes aprendí algo.



ÍNDICE.

	Página
INTRODUCCIÓN.	1
OBJETIVOS.	4
JUSTIFICACIÓN.	5
CAPÍTULO I. EL TRIGO.	
1.1 CLASIFICACIÓN.	6
1.2 PRODUCCIÓN.	7
1.3 CARACTERÍSTICAS GENERALES.	10
CAPÍTULO II. MÉTODOS PARA EVALUAR LA CALIDAD FISICOQUÍMICA DE LOS TRIGOS CRISTALINOS.	
2.1 MÉTODOS PARA EVALUAR LA CALIDAD FÍSICA (APARIENCIA GENERAL, MATERIAL EXTRAÑO, GRANOS DAÑADOS).	13
2.1.1 MÉTODO DE INSPECCIÓN VISUAL.	18
2.1.2 MÉTODO DE ZARANDA-INSPECCIÓN VISUAL.	19
2.2 MÉTODOS PARA DETERMINAR EL CONTENIDO HUMEDAD.	21
2.2.1 MÉTODO DIELECTRICO (MOTOMCO).	21
2.2.2 MÉTODO DE HORNO A 130°C.	23



2.2.3	MÉTODO DE HORNO A VACÍO MODIFICADO.	26
2.3	MÉTODOS PARA DETERMINAR EL PESO HECTOLÍTRICO.	28
2.3.1	MÉTODO EMPLEANDO EL WINCHESTER BUSHEL METER.	30
2.3.2	MÉTODO EMPLEANDO UNA PROBETA DE VIDRIO.	31
2.4	MÉTODOS PARA DETERMINAR EL PESO DE 1000 GRANOS.	32
2.4.1	MÉTODO 1. CONTADOR DE SEMILLAS.	33
2.4.2	MÉTODO EMPLEANDO BALANZA ANALÍTICA.	33
2.5	MÉTODOS PARA DETERMINAR EL ÍNDICE DE DUREZA.	34
2.5.1	MÉTODO EMPLEANDO LA PERLADORA.	34
2.5.2	MÉTODO DEL ÍNDICE DE TAMAÑO DE PARTÍCULA (PSI).	36
2.5.3	MÉTODO DE ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO CERCANO.	37
2.6	MÉTODO PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE CENIZAS.	38
2.7	MÉTODO PARA DETERMINAR LA ACTIVIDAD DE LA ENZIMA α -AMILASA (NÚMERO DE CAIDA O FALLING NUMBER).	39
2.8	MÉTODOS PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE PROTEÍNA.	47
2.8.1	MÉTODO KJELDAHL.	48
2.8.2	MÉTODO POR ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO CERCANO.	51
2.9	MÉTODOS DE SEDIMENTACIÓN.	53
2.9.1	MÉTODO DE SEDIMENTACIÓN PARA TRIGOS CON ALTO CONTENIDO DE PROTEÍNA (ZELENY MODIFICADO).	54
2.9.2	MÉTODO DE SEDIMENTACIÓN CON SDS.	59

**CAPÍTULO III. MÉTODOS PARA EVALUAR CALIDAD MOLINERA.**

- | | | |
|-----|---|----|
| 3.1 | MOLIENDA EXPERIMENTAL PARA EVALUAR LA CALIDAD MOLINERA DE TRIGOS CRISTALINOS. | 63 |
| 3.2 | DIFERENCIAS ENTRE LA MOLIENDA DE TRIGOS CRISTALINOS Y TRIGOS COMUNES. | 68 |

CAPÍTULO IV. MÉTODOS PARA EVALUAR CALIDAD FISICOQUÍMICA EN SEMOLINAS.

- | | | |
|-------|--|----|
| 4.1 | MÉTODOS PARA DETERMINAR LA DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA (GRANULOMETRÍA). | 72 |
| 4.1.1 | MÉTODO DE CUATRO TAMICES. | 73 |
| 4.1.2 | MÉTODO DE CINCO TAMICES. | 74 |
| 4.2 | MÉTODO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE CENIZAS. | 75 |
| 4.3 | MÉTODOS PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE PECAS. | 77 |
| 4.3.1 | MÉTODO DE MICA CUADRICULADA. | 78 |
| 4.3.2 | MÉTODO DE LOS PLATOS DE VIDRIO. | 78 |
| 4.4 | MÉTODOS PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE PIGMENTOS. | 79 |
| 4.5 | MÉTODOS PARA DETERMINAR COLOR. | 81 |
| 4.5.1 | DETERMINACIÓN DE COLOR POR INSPECCIÓN VISUAL. | 81 |
| 4.5.2 | DETERMINACIÓN DE COLOR EMPLEANDO EL AGTRON. | 82 |
| 4.6 | MÉTODOS PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD. | 85 |
| 4.6.1 | MÉTODO DE ESTUFA A 130°C. | 85 |
| 4.6.2 | MÉTODO DEL PLATO DE ALUMINIO. | 85 |



4.7	MÉTODOS PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE GLUTEN.	87
4.7.1	MÉTODO DE LAVADO A MANO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE GLUTEN HÚMEDO Y SECO.	90
4.7.2	MÉTODO DE LAVADO EN MÁQUINA PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE GLUTEN HÚMEDO.	91
 CAPÍTULO V. MÉTODOS PARA EVALUAR CALIDAD REOLÓGICA.		
5.1	FARINOGRAMA.	93
5.1.1	MÉTODO DE PESO CONSTANTE DE HARINA (PESO VARIABLE DE MASA)	97
5.1.1.1	PROCEDIMIENTO EMPLEANDO LA CAJA DE MEZCLADO GRANDE.	97
5.1.1.2	PROCEDIMIENTO EMPLEANDO LA CAJA DE MEZCLADO PEQUEÑA.	99
5.1.2	MÉTODO DE PESO CONSTANTE DE MASA.	100
5.1.2.1	PROCEDIMIENTO EMPLEANDO LA CAJA DE MEZCLADO GRANDE.	100
5.1.2.2	PROCEDIMIENTO EMPLEANDO LA CAJA DE MEZCLADO PEQUEÑA.	101
5.2	MIXOGRAMA.	104



CAPÍTULO VI. MÉTODOS PARA ELABORAR PASTAS Y EVALUAR SU CALIDAD.

6.1	DEFINICIÓN DE PASTA.	109
6.2	CLASIFICACIÓN.	109
6.2.1	CLASIFICACIÓN POR SU COMPOSICIÓN.	109
6.2.2	CLASIFICACIÓN POR SU FORMA.	110
6.3	ELABORACIÓN DE PASTAS EN PLANTA PILOTO.	112
6.3.1	MATERIAS PRIMAS.	112
6.3.2	PROCESO DE PRODUCCIÓN.	115
6.4	ELABORACIÓN DE PASTAS A NIVEL LABORATORIO.	127
6.4.1	MÉTODO MANUAL.	127
6.4.2	MÉTODO A MACRO ESCALA.	128
6.5	MÉTODOS PARA EVALUAR LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DE LAS PASTAS.	130
6.5.1	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS PASTAS CRUDAS.	130
6.5.1.1	COLOR.	130
6.5.1.1.1	MÉTODO COLORIMÉTRICO.	130
6.5.1.1.2	MÉTODO ESPECTROFOTOMÉTRICO.	132
6.5.1.2	APARIENCIA.	133
6.5.1.2.1	PASTA ESTRELLADA.	134
6.5.1.2.2	PASTA CON BURBUJAS.	135
6.5.1.2.3	PASTA APELMAZADA.	135
6.5.1.2.4	PASTA CON PUNTOS BLANCOS EN SU SUPERFICIE.	136



6.5.2	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD CULINARIA DE LAS PASTAS.	137
6.5.2.1	CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DURANTE EL COCIMIENTO.	137
6.5.2.1.1	TIEMPO DE COCIMIENTO.	137
6.5.2.1.1.1	MÉTODO DE LOS 12 min.	138
6.5.2.1.1.2	MÉTODO DE LOS 5 min.	138
6.5.2.1.1.3	MÉTODO DEL MINUTO.	139
6.5.2.1.1.4	MÉTODO DE LOS 10 min.	140
6.5.2.1.2	PORCENTAJE DE SEDIMENTACIÓN.	141
6.5.2.1.2.1	MÉTODO DE SEDIMENTACIÓN LIBRE.	141
6.5.2.1.2.2	MÉTODO DE SEDIMENTACIÓN FORZADA.	141
6.5.2.1.3	ÍNDICE DE TOLERANCIA AL COCIMIENTO.	143
6.5.2.1.3.1	MÉTODO DE LOS FRAGMENTOS.	143
6.5.2.1.3.2	MÉTODO DE LAS TRES PIEZAS.	144
6.5.2.2	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE CALIDAD DE LAS PASTAS COCIDAS.	144
6.5.2.2.1	GRADO DE ABSORCIÓN.	144
6.5.2.2.2	GRADO DE HINCHAMIENTO.	145
6.5.2.2.2.1	MÉTODO DEL VOLUMEN ABSORBIDO.	145
6.5.2.2.2.2	MÉTODO SIMPLE.	147
6.5.2.3	CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DE CALIDAD DE LAS PASTAS COCIDAS.	148
	DISCUSIÓN.	151



CONCLUSIONES.	163
ANEXOS.	
1. MUESTREO Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA: TRIGOS.	168
2. MUESTREO Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA: SEMOLINAS.	174
3. MUESTREO Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA: PASTAS.	176
4. ACONDICIONADO PARA MOLIENDA EXPERIMENTAL.	177
5. FORMAS MIXOGRÁFICAS PARA CLASIFICAR LA FUERZA DE MEZCLADO DE SEMOLINAS DE TRIGOS CRISTALINOS.	179
6. MÉTODO "TEN SELECTED ORDINATE" PARA EL MÉTODO ESPECTROFOTOMÉTRICO PARA DETERMINAR COLOR EN PASTAS.	180
7. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CUATRO VARIEDADES DE TRIGOS CRISTALINOS QUE SE CULTIVAN EN MÉXICO.	181
8. FARINOGRAMAS DE SEMOLINAS DE TRIGOS CRISTALINOS A 31.5% DE ABSORCIÓN.	186
9. CUADRO DE MÉTODOS PARA EVALUAR LA CALIDAD EN TRIGOS CRISTALINOS, SEMOLINAS Y PASTAS ALIMENTICIAS.	187
BIBLIOGRAFÍA.	191

INTRODUCCIÓN



INTRODUCCIÓN.

El trigo cristalino (*Triticum durum*) está clasificado en nuestro país como trigo del Grupo V, dicha clasificación está hecha con base en la funcionalidad del gluten, el cual, para el caso de trigos cristalinos, se describe como gluten corto, fuerte y tenaz. En estos trigos se requiere un alto contenido de proteína para considerarlos aptos para la industria de elaboración de pastas alimenticias.

Las pruebas que se aplican a los granos se usan para determinar su calidad y su uso potencial, en este caso, su capacidad para producir pastas, así como para predecir el posible comportamiento que tendrán durante la molienda, el procesamiento y la calidad del producto final. Existen varios factores importantes que nos ayudan a seleccionar al trigo cristalino para la producción de pastas de alta calidad. En general, la calidad tecnológica del trigo cristalino, involucra las siguientes características:

- ◆ Las características extrínsecas del grano,
- ◆ Las características intrínsecas del grano,
- ◆ El rendimiento molinero (cantidad de semolina extraída contra la cantidad de trigo procesado),
- ◆ Las características de la semolina,
- ◆ La calidad del producto terminado.

La semolina, es el producto principal de la molienda de trigos cristalinos y se emplean en la producción de pastas debido a su composición química y a las propiedades reológicas del gluten, las cuales se relacionan con las características culinarias del producto final (la pasta). Su concentración elevada de pigmentos carotenoides imparte el color amarillo y, las propiedades de las proteínas del gluten fuerte y elástico, están relacionadas con el tiempo de cocción y textura de las pastas. En general, los productos de pasta hechos



a partir de esta clase de trigos tienen una mayor estabilidad a la cocción que los elaborados con trigos harineros (*Triticum aestivum*) ya que no tienden a desintegrarse, a ponerse pegajosos cuando se hierven o a hacerse pastosos si se dejan en el agua después de ser cocidos (13, 28).

La calidad del trigo y de la semolina no son los únicos factores que se deben tomar en cuenta para obtener pasta de alta calidad, también debe tenerse especial cuidado durante el proceso, ya que las condiciones bajo las cuales se produce la pasta influyen sobre la calidad del producto final.

Debido a lo anterior, es de gran importancia evaluar los factores que se relacionan con la calidad del producto final pues de ellos dependerá la aceptación que tenga el consumidor por el producto.

La calidad culinaria de una pasta puede ser interpretada de distinta manera, de acuerdo a los hábitos culinarios de los consumidores, debido a esto, las pruebas para evaluarla varían entre países e incluso dentro de un mismo país. Uno de los atributos más importantes de la calidad culinaria de una pasta es la capacidad de este producto para mantener una textura adecuada después de la cocción.

Por otra parte, es muy importante destacar la necesidad de uniformizar las condiciones bajo las cuales se realicen las pruebas, seguir cuidadosamente los procedimientos y especificar que método se utilizó y si se realizaron variaciones a los mismos. Pues, un muestreo mal realizado, un seguimiento erróneo de algún procedimiento o simplemente no especificar que metodología se utilizó puede llevar a confusión en los resultados e inclusive a una decisión equivocada.

Asimismo, un solo ensayo no es suficiente para determinar la calidad del trigo, de la semolina o de la pasta, por lo que es necesario realizar una serie de pruebas cuyos resultados provean información más completa y útil.



Los diferentes métodos que se describen en este trabajo son los que se realizan comúnmente en un Laboratorio de Control de Calidad y algunos de ellos están descritos en el manual de la Asociación de Químicos de Cereales titulado: Métodos Aprobados por la Asociación de Químicos de Cereales, AACC 2000. Otros se han obtenido de diversas fuentes bibliográficas y de experiencias en el laboratorio de control de calidad del Molino de Trigo El Pilar, los Laboratorios de Tecnología de Cereales del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

Este trabajo pretende establecer una serie de métodos para evaluar eficientemente el trigo cristalino, las semolinas y las pasta alimenticias. Así como, explicar claramente cada una de las características de calidad que se evalúan. Asimismo, se aportan resultados obtenidos en el laboratorio lo que servirá para orientar sobre los resultados que se suelen obtener en los análisis de trigos cristalinos que se cultivan en el país, las semolinas y las pastas alimenticias.



OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL.

Desarrollar un documento que comprenda información clara sobre las características de calidad de los trigos cristalinos, las semolinas y las pastas alimenticias, así como, diferentes métodos que se pueden utilizar para evaluarlas. De tal manera que sirva de apoyo al trabajo experimental que realizan investigadores, estudiantes y personal del departamento de calidad de las industrias.

OBJETIVOS PARTICULARES.

1. Aportar información sobre cada una de las características de calidad que se evalúan en los trigos cristalinos (*Triticum durum*), las semolinas y las pastas alimenticias.
2. Establecer de manera general diferentes métodos para evaluar las características de calidad de los trigos cristalinos (*Triticum durum*), las semolinas y las pastas alimenticias.
3. Determinar las ventajas y desventajas de cada uno de los métodos que se presentan.

JUSTIFICACIÓN



JUSTIFICACIÓN.

Con base en la experiencia adquirida en una industria molinera, fue posible notar una serie de deficiencias en los métodos utilizados para evaluar las características de calidad de los trigos cristalinos, las semolinas y las pastas alimenticias, así como en la interpretación de los resultados. Esto ocasionaba que continuamente se presentaran problemas entre dicho molino y la industria pastera.

De lo anterior, surgió la necesidad de desarrollar un documento que sirva de apoyo para evaluar las características de calidad de los trigos cristalinos, las semolinas y las pastas alimenticias, aportando información clara y una serie de métodos generales para evaluar dichas características.

CAPÍTULO I



CAPÍTULO I.

EL TRIGO.

1.1 CLASIFICACIÓN.

La clasificación de los trigos en México para su comercialización, se hace con base en la funcionalidad del gluten, como se indica en la Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación del trigo en México con base a la funcionalidad del gluten.

Grupo	Denominación	Características del Gluten
I	Fuerte	Gluten fuerte y elástico, apto para la industria mecanizada de panificación y mejorador de trigos suaves.
II	Medio fuerte	Gluten medio fuerte y elástico, apto para la industria artesana o semimecanizada de panificación, es mejorador de trigos suaves.
III	Suave	Gluten débil o suave pero extensible apto para la industria galletera y elaboración de tortilla, buñuelos, etc.
IV	Tenaz	Gluten corto o poco extensible pero tenaz, apto para la industria pastelera, galletera y elaboración de donas.
V	Cristalino	Gluten corto y tenaz, apto para la industria de pastas.

Fuente: Serna, 1996; ASERCA, 1997.

En México encontramos un gran número de variedades de cada uno de los grupos antes mencionados que se comercializan actualmente. Entre éstas, se encuentran las variedades que recomienda el INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias) para su siembra según se indica en la Tabla 2.



Tabla 2. Mosaico de variedades recomendado por el INIFAP para su siembra en el sur del estado de Sonora para el ciclo otoño-invierno 1998-1999.

GRUPO	I	II	III	IV	V
VARIEDADES	RAYÓN F89	ARIVECHI M92	CUCURPE S86	BACANORA T88	ALTAR C84
	OASIS F86	TOBARITO M97	SALAMANCA S75		ACONCHI C89
	HUITES F95	INIFAP M97	CORTAZAR S94		RAFI C97
	ENEIDA F96	PÁPAGO M86			NÁCORI C97
	ARANDAS F89				TOPACIO C97

Fuente: INIFAP, 1998.

1.2 PRODUCCIÓN.

El trigo es uno de los principales cultivos en México y en el mundo. En nuestro país es el segundo cereal más consumido.

La importancia del trigo en México se observa en los siguientes aspectos: por la variedad de alimentos que se obtienen a partir de su molienda y por ser parte importante de la dieta de la población. El valor nutritivo del trigo es mayor que el de los demás cereales, tales como, maíz, arroz, cebada y es comparable con el de la avena (29).

En México aproximadamente el 95% de la cosecha de trigo se obtiene durante el ciclo otoño-invierno. En este ciclo, se siembra en los meses de noviembre, diciembre y enero y se trilla a finales de marzo, abril, mayo y principios de junio. Como no se alcanza la temporada de lluvias su cultivo es necesariamente de riego.



Los volúmenes de producción más fuertes se obtienen de la región Noroeste, conformada por Sonora, Sinaloa y Baja California Norte, la cual ha aportado en los últimos tres ciclos, aproximadamente el 55% de la producción de trigo nacional. Le sigue la región del Bajío en donde los principales productores son Guanajuato, Michoacán y Jalisco que han aportado alrededor del 35% junto con otros como Querétaro (28).

El resto de la producción se obtiene en el ciclo primavera-verano, que se trilla en los meses de octubre, noviembre y diciembre, principalmente en Puebla, Tlaxcala, Estado de México y en menor escala en Chiapas y Oaxaca, todos ellos bajo condiciones de temporal (28).

En el estado de Sonora, en función de las características del suelo y clima de la región, la mayor parte del trigo que se obtiene es de trigos cristalinos (*Triticum durum*), principalmente de las variedades Aconchi C-89 y Altar C-84. Por otra parte, en Sinaloa tradicionalmente se venían sembrando variedades de trigos harineros (*Triticum aestivum*) correspondientes al grupo I y II, pero para el ciclo 95-96 la mayor parte de la superficie se sembró con variedades del grupo V (Altar y Aconchi) influenciados por las exportaciones que se iniciaron en ese estado.

La mayor parte de la producción de Sonora se obtiene al sur del estado, principalmente en los Distritos de Cajeme (Valle del Yaqui) y de Navojoa (Valle del Mayo) los cuales aportan más del 70% de la producción del estado, siendo la mayor parte de trigo cristalino, mientras que en el norte la producción es principalmente de trigos panificables (grupos I y II).

Para el productor del campo, el trigo a cultivar debe ser resistente a enfermedades, de ciclo acorde a las condiciones climatológicas de la región y que proporcione un rendimiento alto. El molinero se concentra únicamente en las propiedades del grano, los cuales deberán ser uniformes, libres de impurezas, con un contenido de humedad bajo y tanto el contenido y la calidad de proteína, así como el rendimiento molinero deberán ser



altos. En contraste, el consumidor no tiene contacto con el grano ni con los productos de molienda, por lo que demanda una buena apariencia, color, textura, etc. de los productos terminados (pan, tortilla, galletas y pastas), cuyas características son el resultado del estado de la calidad de los granos de trigo.

Debido a que los productores han encontrado cultivos más rentables como el maíz y el garbanzo entre otros factores, la producción nacional de trigo ha presentado un descenso a partir de 1994, acumulando un decremento de más del 18% en 1995 y 1996. Con base en la información presentada en el Seminario de la Industria Molinera de 1992, como se indica en la Tabla 3.

Tabla 3. Producción de los diferentes grupos de trigo en los años de 1992 y 1996.

TRIGO	1992	1996
GRUPO I	17%	17%
GRUPO II	30%	14%
GRUPO III	33%	42%
GRUPO IV	11%	1%
GRUPO V	9%	26%

Fuente: ASERCA, 1997.

Como podemos observar, se presentó una reducción considerable en la producción de los trigos para panificación. Esta reducción en los trigos panificables se debe a que las variedades de estos grupos son más susceptibles a las enfermedades y su rendimiento es menor a los que presentan los trigos cristalinos, esto orilla al productor a sembrar variedades que se desarrollen con mayor rendimiento para elevar sus ingresos. Mientras que la producción de trigo cristalinos tuvo un fuerte crecimiento (28).

En lo que respecta al trigo cristalino, el cual es el tema principal de este trabajo, podemos ver más claramente como su producción va en aumento de acuerdo con los datos de la Tabla 4 para 1997 y 1998 (30,32).

**Tabla 4. Producción de trigo cristalino en México en los años 1997 y 1998.**

Estado	Año	Superficie sembrada* (Ha)	Superficie cosechada (Ha)	Producción (Ton)
Sonora	1997	114 881	114 797	811 617
Sonora	1998	162 138	162 088	1 015 038

Fuente: SAGAR-CEA, 1997-1998.

*Cultivos de negro.

El hecho de que la producción en el país sea mayormente de trigo cristalino y por lo tanto, menor de los trigos panificables, obliga a realizar importaciones de estas variedades.

1.3 CARACTERÍSTICAS GENERALES.

El trigo *durum* (*Triticum durum*), comúnmente llamado trigo cristalino se cultiva predominantemente en el noroeste del país. Mientras que en Estados Unidos se cultiva en climas secos y fríos (Dakota del Norte) y en Canadá en Manitoba (5, 19).

La mayoría de las variedades de trigo *durum* son de color ámbar y endospermo duro, es alargado y tiene forma de cuerno o gancho en uno de sus extremos; además, carece de vellosidades (Figura 1. Trigo Cristalino). El grano de trigo *durum* presenta un gluten que varía de medio fuerte a fuerte dependiendo del porcentaje de proteína, tiene alta concentración de pigmento amarillo (carotenoides) y baja concentración de lipoxidasa (enzima que destruye los pigmentos durante el procesamiento de la semolina, disminuyendo así el color amarillo en el producto terminado) (5).

El grano debe dar un máximo rendimiento de semolina de tamaño uniforme, libre de pecas.



Figura 1. TRIGO CRISTALINO.

En la Tabla 5 se observa la composición química del trigo panadero y del trigo cristalino. Ambos presentan diferencias sobre todo en lo que respecta al contenido de proteína y de pigmentos carotenoides.

Tabla 5. Composición química de trigos panaderos y trigos cristalinos.

COMPONENTE	TRIGOS PANADEROS	TRIGOS CRISTALINOS
PROTEÍNA	11.5-17.0%	9.0-18.0%
EXTRACTO ETÉREO	1.8-2.8%	1.8-3.8%
FIBRA CRUDA	2.8-3.0%	2.4-3.1%
CENIZAS	1.8-2.0%	1.8-2.1%
CARBOHIDRATOS	75.2-82.1%	75.4-82.0%
PIGMENTOS		2-8ppm

Fuente: Fabriani & Lintas, 1988; Williams, 1988; Serna, 1996.

Una de las características de los trigos cristalinos que realmente los distingue de los trigos comunes es su alta concentración de pigmentos carotenoides. El endospermo de los trigos cristalinos contiene cerca del doble de concentración de pigmentos carotenoides respecto al endospermo de los trigos panaderos, y el color amarillo impartido por estos pigmentos ha distinguido a las pastas hechas de trigos cristalinos de aquellos productos



elaborados con otros trigos. Además, el trigo cristalino contiene cantidades muy inferiores de enzima lipoxidasa respecto a las encontradas en los trigos comunes, esta es otra de las razones por las que estos últimos no producen pastas amarillas (15).

Los trigos cristalinos contienen mayores porcentajes de proteína que los trigos comunes. Esto parece ser el resultado del ambiente bajo el cual han sido desarrollados; condiciones semiáridas, generalmente producen bajos rendimientos de cosecha de trigos con alto contenido de proteína.

Las masas elaboradas a partir de trigos cristalinos, son fuertes y estables, pero fluyen bajo presión y no exhiben el grado de elasticidad encontrado en las masas de trigos panaderos.

La principal diferencia entre los trigos cristalinos y los trigos comunes, en lo que respecta a la industria de elaboración de pastas alimenticias, es que las pastas hechas de trigos cristalinos tienen mayor estabilidad cuando son sometidas al proceso de cocción, no tienden a desintegrarse ni a convertirse en una masa cuando se conservan en el agua después del cocimiento. Además, poseen color amarillo, preferido por los consumidores (1,2,28).

CAPÍTULO II



CAPÍTULO II.

MÉTODOS PARA EVALUAR LA CALIDAD FISICOQUÍMICA DE TRIGOS CRISTALINOS (*Triticum durum*).

Las pruebas que se aplican a los granos son usadas para determinar su calidad y uso potencial, así como predecir el posible comportamiento que tendrán durante la molienda, el procesamiento y la calidad del producto final.

Las pruebas que comúnmente se realizan son las siguientes:

2.1 MÉTODOS PARA EVALUAR LA CALIDAD FÍSICA (APARIENCIA GENERAL, MATERIAL EXTRAÑO, GRANOS DAÑADOS).

A. APARIENCIA GENERAL.

El trigo cristalino debe de estar libre de cualquier olor extraño y libre de insectos. Debe presentar color amarillo ámbar, de apariencia vítrea, con una sección transversal translúcida y endospermo duro, además debe estar libre de vellosidades (1).

B. MATERIAL EXTRAÑO.

Es el material presente en el lote que es ajeno al mismo, el cual, además de mermar, sirve de protección y substrato a los insectos y pueden afectar el color, sabor, olor y en general, la calidad de los productos. Por otro lado, las piedras, metales y el vidrio pueden dañar los equipos y poner en peligro la salud de los consumidores (1,3).

a) Granos almidonosos y granos suaves:

Son los granos distintos al trigo cristalino, granos almidonosos, que constituyen una adulteración debido a que al mezclarse con los trigos cristalinos, reducen los rendimientos molineros pues se pulverizan con gran facilidad y afectan la calidad de la semolina. Es casi



imposible remover los trigos adulterantes durante el proceso de limpieza que precede a la molienda sin la consecuente pérdida de granos cristalinos de menor tamaño(1,3,31,43).

b) Contaminantes:

Incluye piedras, heces de ratas y contaminantes metálicos y vítreos (3).

c) Otros granos:

Son las semillas de soya, centeno, maíz y otros trigos distintos al trigo cristalino (3).

C. GRANOS DAÑADOS.

Son aquellos que muestran alguna evidencia visual de daño por insectos, calor, hongos, heladas o que están germinados, granos inmaduros y chupados. (1,3,43).

El grano puede dañarse en el campo antes de la trilla, durante la misma o en los procesos de secado o durante el almacenamiento y manejo. Algunos tipos de daño disminuyen la vida de almacenamiento, además de afectar las características del grano (5).

a) Daños ocurridos antes de la trilla:

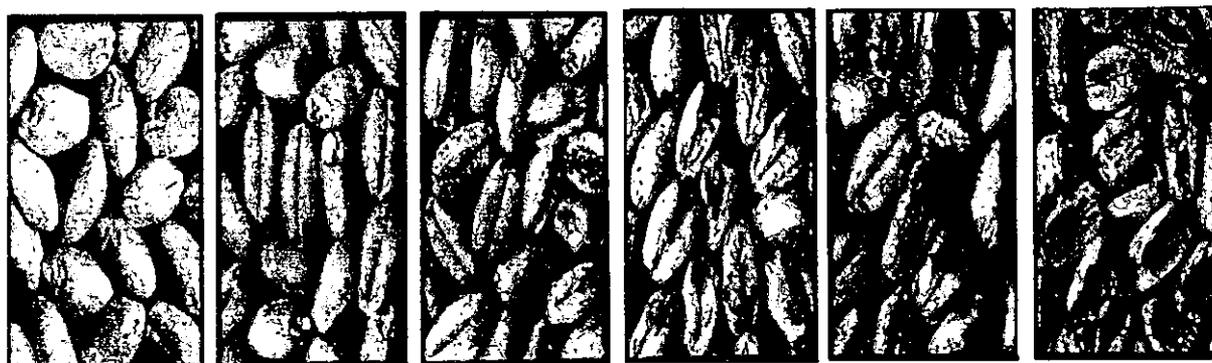
□ Daños por hongos.

El trigo, puede ser atacado por microorganismos tales como hongos, los cuales afectan su calidad. A continuación se explican dos principales ataques que sufre el grano por hongos.

• Carbón parcial o Carbón Karnal

Es causada por hongos (*Neovossia indica* y *Tilletia indica*) que produce una masa de esporas en el grano, las cuales despiden un olor similar al de pescado en descomposición. El carbón parcial no afecta significativamente el rendimiento pero niveles de 3% de granos infectados o mayores alteran la calidad de la semolina y de sus productos. La infección se inicia cerca del embrión del grano, extendiéndose por la acanaladura del grano dejando el pericarpio parcialmente intacto. Dependiendo del grado de infección, el grano pierde peso y

puede llegar a ser expulsado por la máquina trilladora. La porción infectada del grano se sustituye por teliosporas de color café oscuro a negras. Cuando el total del endospermo es reemplazado por teliosporas, es difícil encontrar los granos después de la trilla, debido a que son desmoronados o arrojados por la cosechadora. El grado de infección se detecta mediante una inspección visual de acuerdo a la clasificación de daño causado por este hongo (Figura 1. Grano dañado por carbón parcial.) (11,42).



Fuente: CIMMYT, 2000.

Figura 2. GRANO DAÑADO POR CARBÓN PARCIAL.

De izquierda a derecha se muestra en la Figura 2 en el primer cuadro, la semilla sana sin infección; en el segundo cuadro la semilla presenta trazas de infección cerca de embrión; en el tercer cuadro, la infección abarca un 10% del grano extendiéndose a lo largo de su hendidura; en el cuadro siguiente la infección constituye el 30% del grano, progresando alrededor de un tercio de su hendidura; en el penúltimo cuadro la infección ha afectado el 50% de la hendidura del grano; en el último cuadro se observa que el endospermo del grano ha sido completamente reemplazado por el hongo.

- Punta negra

Es causada por una o varias especies de hongos (*Helminthosporium sativum* y *Alternaria spp.*), los cuales, invaden primeramente al embrión y cuando el daño es severo manchan total o parcialmente el grano. Su detección es igualmente por inspección visual. La diferencia en síntomas entre el carbón parcial y la punta negra es fácilmente identificable, a

un grano con carbón parcial se le pueden extraer esporas con algún objeto punzante que rompa el pericarpio, mientras que, en un grano con punta negra, la mancha se debe a la reacción por la invasión de hongos que ocasiona un cambio en la coloración del pericarpio (11).



Fuente: INIFAP, 2000.

Figura 3. GRANO DAÑADO POR PUNTA NEGRA.

□ Panza Blanca.

Es aquel grano que presenta una apariencia blancuzca o yesosa y opaca en una cuarta parte o más de su superficie, debido al elevado contenido de almidón y, por consecuencia, bajo contenido de proteína. El defecto de panza blanca es ocasionado por condiciones ambientales adversas, específicamente la deficiencia del nitrógeno disponible en el suelo, y entre mayor sea la frecuencia de granos con esta característica, menor será la extracción de semolina. Un grano con alto contenido de proteína se favorece con fertilización nitrogenada (28,41).

□ Germinación.

El ambiente húmedo después de que el grano ha madurado pero antes de la cosecha puede provocar la germinación de algunos granos, los cuales afectan negativamente los rendimientos de molienda. Los granos presentan la nueva plántula o cutícula del germen abierto debido a algunas fases de germinación. Además, tanto el grano como la semolina (o



harina, según sea el caso) presentan una elevada actividad de la enzima α -amilasa y de proteasas, afectando así sus características de calidad (3, 5, 10).

□ Quemaduras.

Cuando se presentan fuertes heladas en el campo, se observan quemaduras en el salvado y en ocasiones, la decoloración del mismo afectando tanto al embrión como al endospermo, provocando bajos rendimientos de molienda y alto contenido de cenizas (41).

□ Granos inmaduros y Chupados.

Son los granos verdes; los cuales, reducen el rendimiento de molienda. Los granos chupados también afectan a éste al ser removidos durante las operaciones de limpieza. Son el resultado de condiciones ambientales adversas como son: falta de agua, altas temperaturas o enfermedades, etc. (5, 38).

b) Daños ocurridos durante la cosecha:

Si la máquina trilladora no se ajusta bien, puede llegar a romper los granos, los cuales son removidos durante las operaciones de limpieza disminuyendo así los rendimientos de molienda.

c) Daños ocurridos durante los procesos de secado, almacenamiento y manejo:

Durante los procesos de secado y almacenamiento, pueden darse un calentamiento excesivo que puede afectar la calidad del gluten. Este tipo de daño se identifica por la decoloración del grano, además del daño que puede sufrir el gluten, el cual puede ocurrir aún cuando la temperatura no sea lo suficientemente elevada como para causar la decoloración.

El secado artificial rápido puede provocar la formación de pequeñas fisuras en el grano, lo que conduciría a un rompimiento excesivo de los granos durante su manejo en etapas posteriores.



Durante el almacenamiento, pueden también ocurrir daños causados por insectos, los cuales se identifican por inspección visual, notándose pequeños orificios en el grano, e incluso pueden encontrarse restos de insectos dentro de éste. El daño puede ser tan grave que el grano llegue a romperse o partirse (41).

Por otra parte, es importante considerar el contenido de humedad del grano pues determina las condiciones de almacenamiento, las cuales deben ser controladas, pues aún cuando se almacene un grano con un contenido de humedad adecuado, si las condiciones de almacenamiento no son apropiadas, al grano sufrirá daños. Este punto se discutirá con mayor profundidad más adelante.

Es importante mencionar que se debe tomar una muestra representativa del lote del grano que se va a evaluar, esto es posible siguiendo el procedimiento indicado en el Anexo 1. Es igualmente importante hacer notar que todas las pruebas restantes que en este capítulo se mencionan (a partir de la determinación de Humedad), se realizan al trigo limpio, de lo contrario los resultados que se obtengan serán erróneos.

2.1.1 MÉTODO DE INSPECCIÓN VISUAL (38).

APLICACIÓN.

Al grano entero antes de ser sometido al proceso de limpieza.

MATERIAL Y APARATOS.

1. Balanza.
2. Lupa (opcional).

PROCEDIMIENTO.

1. Tomar una muestra representativa del lote del grano de acuerdo a lo descrito en el Anexo 1.
2. Homogeneizar la muestra.



3. Pesar 100g de muestra.
4. Extender los 100g de muestra sobre una mesa de color claro.
5. Observar las características de los granos cristalinos y anotar.
6. Separar los granos distintos al trigo cristalino y clasificarlos.
7. Separar los granos de trigo cristalino dañados y clasificarlos por tipo de daño.
8. Pesar los distintos grupos encontrados en los puntos 6 y 7.
9. Reportar como porcentaje de trigos dañados (especificando el porcentaje que se obtuvo para cada daño) y como porcentaje de trigos distintos al trigo cristalino.

2.1.2 MÉTODO DE ZARANDA-INSPECCIÓN VISUAL (53).

APLICACIÓN.

Al grano entero antes de ser sometido al proceso de limpieza.

MATERIAL Y APARATOS.

1. Zaranda o un equipo similar para limpieza experimental del grano, por ejemplo el equipo Emerson (Figura 4) o la Zaranda Carter (Figura 5), etc.
2. Balanza.

PROCEDIMIENTO.

1. Tomar una muestra representativa del lote del grano de acuerdo a lo descrito en el Anexo 1.
2. Homogeneizar la muestra.
3. Pesar una cantidad de trigo tal que se pueda obtener una cantidad suficiente de muestra limpia y que pase a través del equipo con facilidad.
4. Obtener el trigo limpio y las diferentes fracciones de materia ajena al trigo limpio y clasificarlas por inspección visual de acuerdo al tipo de daño y materia extraña.
5. Registrar los pesos de la muestra de trigo inicial (trigo sin limpiar), el trigo limpio y la materia extraña extraída y granos dañados.
6. Reportar los resultados en porcentaje.

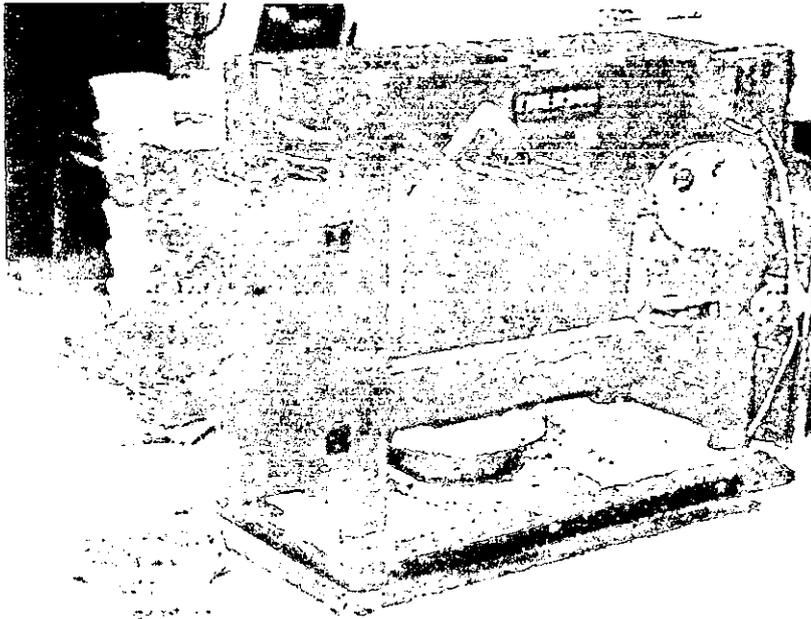


Figura 4. EQUIPO EMERSON.



Figura 5. ZARANDA CARTER.



2.2 MÉTODOS PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD.

Esta prueba da una idea de la cantidad de materia seca que el comprador está obteniendo y proporciona información sobre el manejo del grano durante su almacenamiento. La humedad crítica es generalmente de 14% pues con este contenido de humedad, la mayor parte del agua del grano está ligada y por lo tanto, no disponible para los microorganismos. Un contenido de humedad mayor, hace al grano más susceptible al deterioro lo que dificulta y encarece su manejo.

Por otra parte, el costo del grano se establece tomando como referencia 14% de humedad. Los granos con mayor humedad son penalizados pues tienen menos sólidos y son menos estables durante el almacenamiento. Esto es debido a que una humedad elevada favorece el desarrollo de hongos que causan decoloración del grano y aspecto mohoso, además de malos olores y la consecuente pérdida de calidad. Si el contenido de humedad es excesivo pueden desarrollarse levaduras que llevarán a cabo procesos fermentativos produciendo olores rancios y afectando la calidad del grano. Si los olores a rancio o a humedad son muy pronunciados, pueden llegar a conservarse durante la molienda del grano y presentarse en la semolina o harina y en sus productos. Por otra parte, si la humedad es lo suficientemente alta, puede ocurrir la germinación del grano (1,3,5).

El contenido de humedad determina también los requerimientos de acondicionado del cual hablaremos más ampliamente en el siguiente capítulo.

2.2.1 MÉTODO DIELECTRICO (MOTOMCO) (4).

APLICACIÓN.

Se aplica a todos los granos limpios de los que se cuente con las cartas de conversión.



MATERIAL Y APARATOS.

1. Aparato para determinar humedad Motomco, modelo 919 y cartas de conversión. (U.S. Manufacturer Motomco Inc., 89 Terminal Ave., Clark, NJ 07066. En Canadá, NEL modelo 919 por Nuclear Enterprises Ltd., Winnipeg, Canadá).
2. Balanza analítica con una precisión de $\pm 0.5\text{g}$.
3. Recipientes impermeables para guardar las muestras.
4. Tapones agujerados de hule ajustables a los matraces Erlenmeyer que se emplearán en la prueba. El termómetro se inserta en el tapón y el bulbo debe quedar colocado aproximadamente en el centro de la muestra.
5. Termómetros, de un rango de -10 a 110°F (-25 a 45°C) con divisiones de 1° y con división de medio grado en todos los puntos.

PROCEDIMIENTO.

1. Preparación de la muestra.
 - 1.1 Obtener una muestra representativa según se indica en el Anexo 1 y limpiarla.
 - 1.2 Transferir inmediatamente la muestra al matraz Erlenmeyer y taparlo con el tapón de hule, al cual previamente se le ha insertado el termómetro (Nota 1).
2. Calibración.
 - 2.1 Encender el aparato colocando el interruptor en "ON". El aparato no necesita de un período de calentamiento, una vez encendido está listo para su uso.
 - 2.2 Colocar la "Función" en calibrar ("CAL") y girar la perilla de calibración siguiendo las instrucciones del fabricante.
3. Determinación de la Humedad.
 - 3.1 Colocar el interruptor en la posición de operación ("OP").
 - 3.2 Después de que el termómetro se equilibre con la temperatura de la muestra en el matraz Erlenmeyer, leer y registrar la temperatura.
 - 3.3 Pesar la cantidad específica de muestra húmeda que indica la tabla de conversión correspondiente y colocarla en la celda del aparato (Nota 2).



- 3.4 Empujar el cargador de la celda y soltarlo en el fondo hasta que la muestra se encuentre depositada de manera uniforme en la celda para la prueba. Retirar el cargador de la celda e invertirlo para preparar al mecanismo para la siguiente prueba.
- 3.5 Observar la lectura y registrarla. Estimar las lecturas hasta cerca de 0.1 de división de la escala.
- 3.6 De acuerdo a la carta correspondiente, convertir las lecturas a porcentajes de humedad asegurándose de aplicar la correlación para la temperatura.
- 3.7 El circuito de calibración y el de operación del Motomco son lineales en todos los niveles

NOTAS.

1. Se considera despreciable cualquier ganancia o pérdida de humedad debida a un recipiente parcialmente lleno. Además de que esta condición permite mezclar la muestra asegurando su uniformidad.
2. El Motomco promedia los contenidos de humedad de las mezclas de granos húmedos y de granos secos.

2.2.2 MÉTODO DE HORNO A 130°C (4).

APLICACIÓN.

Se aplica a muestras con un contenido de humedad menor al 13%, soya, harina, farina, semolina y grano limpio.

MATERIAL Y APARATOS.

1. Molino de Laboratorio Wiley o algún otro molino que pueda moler al mismo grado y finura.
2. Estufa capaz de mantener la temperatura a $130^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ de manera uniforme por toda la estufa. El termómetro debe estar situado al nivel de la parte superior de los pesafiltros pero no debe estar directamente encima de éstos.
3. Pesafiltros que tengan un diámetro de 55mm y una altura de 15mm aproximadamente. Deben ser de aluminio de calibre ancho y provistos de tapas o cubiertas que embonen



adecuadamente en los platos de manera que queden tapados ajustadamente y que por otro lado puedan ser colocados en las bases de los platos cuando se encuentren dentro de la estufa. Tanto el plato como la tapa del pesafiltro deben ser marcados con el mismo número. Antes de ser usados es necesario poner los pesafiltros a peso constante (Nota 1).

4. Desecador que contenga alúmina activada o algún agente desecante equivalente que se tenga disponible (Nota 2). Se debe cuidar que el desecador cierre herméticamente para evitar ganancia de humedad debida al ambiente.
5. Balanza analítica de una precisión de al menos 1mg.
6. Pinzas.

PROCEDIMIENTO.

1. Poner los pesafiltros a peso constante y registrar su peso (P_p donde el peso del pesafiltro 1 sería indicado como P_{p1} y así sucesivamente).
2. Moler de 30 a 40g de muestra en el molino, dejando la menor cantidad posible en éste (Nota 3). Mezclar rápidamente con una cuchara o espátula y transferir inmediatamente una porción de 2 a 3g a un pesafiltro a peso constante (la prueba debe hacerse al menos por duplicado). Tapar el pesafiltro y pesar (P_2).
3. Destapar los pesafiltros y colocarlos en la repisa de la estufa poniendo las tapas debajo de su plato correspondiente. Insertar la repisa de la estufa al nivel del bulbo del termómetro. Después de que la estufa haya recobrado su temperatura de trabajo, calentar por 60min exactamente (Nota 4).
4. Retirar la repisa de la estufa, cubrir los pesafiltros rápidamente con ayuda de pinzas y transferir al desecador tan rápido como sea posible. Pesarse los pesafiltros una vez que se encuentren a temperatura ambiente (P_3), lo cual normalmente sucede a los 45 ó 60min.
5. Determinar la pérdida de peso debida a la humedad. Los resultados para una misma muestra pueden variar en un 0.2% de humedad máximo, de lo contrario se debe repetir la determinación.



CÁLCULOS.

1. Calcular el peso inicial de la muestra (P_1) restando el peso del pesafiltro (P_p) al peso del pesafiltro con la muestra húmeda (P_2).

$$P_1 = P_2 - P_p$$

2. Determinar el peso de la muestra seca (P_{ms}) restando el peso del pesafiltro (P_p) al peso del pesafiltro con la muestra seca (P_3).

$$P_{ms} = P_3 - P_p$$

3. Calcular la pérdida de peso debida a la humedad (A), como se indica:

$$A = P_1 - P_{ms}$$

4. Calcular el porcentaje de humedad de la muestra como sigue:

$$\% \text{Humedad de la muestra} = (A / P_1) \times 100.$$

NOTAS.

1. Pesafiltros a peso constante. Esto quiere decir que debe registrarse el peso de los pesafiltros libres de humedad, el cual debe de ser constante, para lograrlo se debe llevar a cabo el siguiente procedimiento:

- Colocar los pesafiltros limpios en la estufa a 130°C por 1h.
- Enfriar en un desecador.
- Una vez a temperatura ambiente, se registra el peso del pesafiltro (P_i).
- Se repite el procedimiento y se compara el peso inicial (P_i) con el segundo peso (P_f), si la diferencia entre ambos es del orden de décimas de mg, se registra el peso para tomarlo en cuenta en los cálculos. Si la diferencia es mayor, entonces se repite la operación tantas veces sean necesarias hasta llegar al peso constante.

El peso suele permanecer constante en unas pocas décimas de miligramo por un año aproximadamente siempre y cuando los pesafiltros se hayan manejado adecuadamente y limpiado con un paño suave.

2. No se recomienda usar la sílica gel ni el CaCl_2 anhidro.



3. Desmantelar y limpiar el molino entre muestras.
4. La estufa tarda de 15 a 20min en recuperar su temperatura de trabajo después de que se introduce una muestra o se llena (con 24 pesafiltros aproximadamente). Si se requiere mayor tiempo para que la estufa recupere su temperatura, es mejor no usarla.

2.2.3 MÉTODO DEL HORNO A VACÍO MODIFICADO (4).

APLICACIÓN.

Aplicable a harina, semolina y granos molidos, a alimentos y productos fermentados.

MATERIAL Y APARATOS.

1. Pesafiltros de aluminio de 55mm de diámetro, no más de 40mm de profundo y con cubiertas.
2. Desecador, hermético. Se puede usar CaO como agente desecante.
3. Horno de vacío provisto de un termómetro que pueda ser introducido en el horno de tal manera que la punta del bulbo se encuentre al nivel de la parte superior de los pesafiltros; conectado a un aparato secador de gas para permitir que el aire seco se introduzca al horno cuando la presión sea liberada, y con una bomba de vacío capaz de mantener una presión de 25mm de Hg o menor.

PROCEDIMIENTO.

1. Poner los pesafiltros a peso constante (Nota 1).
2. Pesar una muestra bien mezclada de aproximadamente 2g en los pesafiltros cerrados.
3. Colocar los pesafiltros (con sus tapas flojas pero sin ser removidas) en el horno y se secan a 98–100°C hasta peso constante (durante 5h aproximadamente) a presión parcial de vacío (25mm Hg o menos). Dejar que el aire seco entre al horno para regresar a la presión atmosférica.
4. Inmediatamente después de que es proceso de secado ha terminado, se aprietan las tapas de lo pesafiltros, transferirlos al desecador y pesar una vez que alcancen la temperatura ambiente.



5. Reportar el residuo como los sólidos totales y la pérdida de peso como el contenido de humedad.

CÁLCULOS.

$$\% \text{Sólidos Totales} = \frac{(P_{ms+p} - P_p) \times 100}{P_{mh}}$$

$$\% \text{Humedad} = 100 - \% \text{Sólidos Totales}$$

Donde:

P_{ms+p} es el peso del pesafiltro más la muestra seca.

P_p es el peso del pesafiltro a peso constante.

P_{mh} es el peso de la muestra húmeda o inicial.

NOTAS.

1. Peso constante: se lleva a cabo secando los pesafiltros (abiertos) a 98-100°C, enfriándolos en el desecador y una vez que su temperatura se haya equilibrado con el ambiente, se registra su peso. Se toman las mismas precauciones que en los métodos anteriores.
2. Cuando se seca una gran cantidad de muestras al mismo tiempo, es probable que el tiempo de secado requerido para alcanzar el peso constante, sea mayor a 5h.

También se cuenta con el método de Horno de dos pasos modificado, el cual se utiliza para evaluar muestras con más de 13% de humedad, donde la pérdida de humedad durante la molienda podría resultar excesiva. Este método es largo (de 14 a 16h) y su uso no es muy frecuente en granos donde la humedad crítica es 14% como habíamos mencionado. Otro método es el de Secado a 135°C, que se recomienda para evaluar humedad en muestras sobre las cuales no se determinará grasa (4,31).



2.3 MÉTODOS PARA DETERMINAR EL PESO HECTOLÍTRICO.

El peso hectolítrico (kg/hl) o peso por bushel (lb/bu) se relaciona con el tamaño, la forma y la densidad real del grano y, por lo tanto con la textura del endospermo o con el contenido de proteína y el estado de salud del grano. Los granos vítreos o con mayor contenido de proteína tienen una mayor densidad aparente, en contraste, los granos con mayor humedad o dañados por insectos o por condiciones ambientales desfavorables tienen menor peso hectolítrico (1,3,16).

Esta prueba se lleva a cabo pesando una muestra de grano representativa que ocupa un volumen estandarizado, es decir la densidad aparente del grano. Se realiza en el aparato Winchester Bushel Meter (Figura 6). A mayor peso hectolítrico, mayor es el porcentaje de endospermo y en general mayor es el rendimiento de molienda; por tanto, esta determinación constituye también un índice aproximado del rendimiento de molienda. Se ha reportado que un valor de peso hectolítrico de aproximadamente 73.4 kg / hl (57 lb / bu) tiene relativamente poca influencia en el rendimiento de molienda, a valores más bajos el rendimiento molinero suele caer a la misma proporción que decrece el peso hectolítrico. Por ejemplo: los trigos chupados pueden tener un peso hectolítrico de 37.9 kg / hl (45 lb / bu) o menos.

Los factores que tienden a reducir los valores de peso hectolítrico son: granos dañados, chupados por sequía o enfermedad, almidonosos, material extraño en general y un alto contenido de humedad. Granos sanos, vítreos y de bajo contenido de humedad tienden a dar mayores valores de peso por hectolitro. La uniformidad de la muestra y, la forma y el tamaño del grano son factores importantes que afectan el peso hectolítrico, debido a la manera en la cual se orientan en el recipiente empleado para la prueba.

El factor de conversión de lb/bu a kg/hl es de 1.247; un hectolitro es igual a 100 litros y un bushel equivale a 2150.42 pulg.³ ó 36.37 L (Tabla 6). En Canadá se usa el Bushel Imperial que equivale a 2219.36 pulgadas³ (5,38).

**Tabla 6. Factores de conversión para la prueba de Peso Hectolítrico.**

Sistema Inicial	Factor de Conversión	Sistema Final
Libra / Bushel Winchester	1.032	Libra / Bushel Imperial
Libra / Bushel Imperial	0.969	Libra / Bushel Winchester
Libra / Bushel Winchester	10297	Kilogramos / Hectolitro
Kilogramos / Hectolitro	0.777	Libra / Bushel Winchester
Libra / Bushel Imperial	1.247	Kilogramos / Hectolitro
Kilogramos / Hectolitro	0.802	Libra / Bushel Imperial

Fuente: Pomeranz, 1988.

Los factores de conversión se multiplican por el valor en el Sistema Inicial. Estos valores son válidos para reportar una serie de datos solo si se han usado recipientes del mismo tamaño para las pruebas.

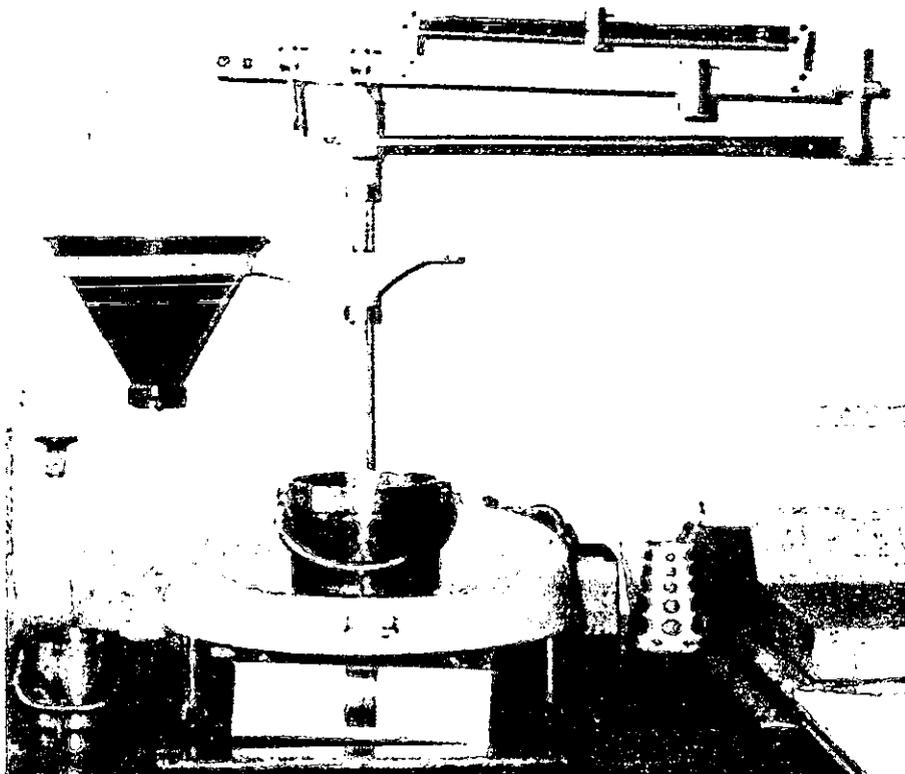


Figura 6. WINCHESTER BUSHEL METER.

2.3.1 MÉTODO EMPLEANDO EL WINCHESTER BUSHEL METER (4).

APLICACIÓN.

Se aplica a granos enteros y limpios.

MATERIAL Y APARATOS.

1. Aparato Winchester Bushel Meter.
2. Una paleta, hecha de madera dura con bordes suaves y redondeados, de 12 pulg. de longitud, 3/8 de pulg. de espesor y de 1 3/8 de pulg. de ancho, aproximadamente.

PROCEDIMIENTO.

La prueba de peso por bushel debe de realizarse a muestras que hayan sido previamente sometidas a un proceso de limpieza.



1. Colocar una cantidad suficiente de grano, de tal manera que al momento de llenar la olla del aparato, se desborde el grano. Colocar la tolva sobre el recipiente, con la salida (o abertura) directamente sobre el centro de la olla, entonces permitir que el grano fluya hacia la olla.
2. Remover el exceso de grano con la paleta. Para esto, se coloca la paleta en la orilla del recipiente, ligeramente y sin sacudirla; retirar el grano sobrante con la paleta en posición vertical haciendo tres movimientos en zig-zag a lo largo de la olla. Colgar la olla en el brazo, balancear los pesos y registrar el peso.

2.3.2 MÉTODO EMPLEANDO UNA PROBETA DE VIDRIO. (38).

APLICACIÓN.

A granos enteros y limpios.

MATERIAL Y APARATOS.

1. Probeta de 1L, 500ml ó 250ml.
2. Balanza analítica.

PROCEDIMIENTO.

1. Determinar el peso de una probeta de 1L, 500ml ó 250ml por triplicado y calcular el promedio.
2. Depositar en la probeta suficiente cantidad de trigo de tal manera que llegue perfectamente a la marca superior de la misma (indicada por el volumen de 1L, 500ml ó 250ml).
3. Pesar la probeta con el grano y registrar el dato.
4. Calcular el peso de los granos por el volumen de la probeta utilizada y extrapolarlo a kilogramos por hectolitro.



2.4 MÉTODOS PARA DETERMINAR EL PESO DE 1000 GRANOS.

La prueba del peso de mil granos es función del tamaño del grano y de su densidad y, por lo general se encuentra entre los 30 a 40g ó hasta 55g para granos cristalinos sanos y bien madurados, siendo en promedio de 35g. De cierta manera, provee información similar a la obtenida por medio de la prueba del peso hectolítrico pues mide indirectamente el tamaño promedio del grano.

Un valor bajo de peso de 1000 granos es provocado por la presencia de granos chupados (debido por lo general a condiciones ambientales desfavorables en el campo) lo cual afecta negativamente al rendimiento de molienda.

Puesto que los granos densos tienen una mayor proporción de endospermo respecto al resto del grano que los granos menos densos, se podría esperar que el peso de 1000 granos sea una prueba más confiable para predecir el rendimiento molinero que la prueba de peso hectolítrico. De hecho, se cuenta con evidencia de que el peso de 1000g determinado por medio de un contador de semillas, puede ser útil para predecir el rendimiento.

Se ha observado que el tamaño del grano afecta el rendimiento molinero únicamente cuando el porcentaje de granos pequeños es alto y se encontró que, en muchos casos si se separan los granos pequeños de los grandes y se muelen cada uno por separado, se puede incrementar la eficiencia de la molienda comercial. En general, a mayor tamaño del grano (mayor densidad), mayor será la proporción de endospermo respecto al salvado y por lo tanto mayor será el rendimiento molinero (5,31).

La efectividad de esta prueba como herramienta para predecir los rendimientos de molienda se ve disminuida por los siguientes factores: la heterogeneidad de los granos, el grosor del salvado, la forma del grano y las impurezas que no se pueden separar, los cuales vician la relación teórica entre el tamaño del grano y el rendimiento molinero



La prueba de 1000 granos no se relaciona con ningún factor de calidad excepto con los rendimientos de molienda (5,6).

2.4.1 MÉTODO DEL CONTADOR DE SEMILLAS (45).

APLICACIÓN.

Al grano entero y limpio.

MATERIAL Y APARATOS.

1. Contador de semillas (Por ejemplo: marca Numigral).
2. Balanza granataria.

PROCEDIMIENTO.

1. Pesar una muestra de granos e introducirla en el contador de semillas. Registrar el peso.
2. Hacer la prueba por duplicado.

2.4.2 MÉTODO EMPLEANDO BALANZA ANALÍTICA (53).

APLICACIÓN.

Al grano entero y limpio.

MATERIAL Y APARATOS.

1. Balanza analítica.

PROCEDIMIENTO.

1. Contar 50 granos del lote a analizar (hacer la prueba por triplicado).
2. Pesar los 50 granos y extrapolar el peso para expresarlo en g/1000 granos.



2.5 MÉTODOS PARA DETERMINAR EL ÍNDICE DE DUREZA.

Se define como la resistencia que opone el grano a la ruptura o bien, el poder o el tiempo requerido para moler cierta cantidad de grano, es la cantidad de material raspado o el tamaño de partícula del material molido, lo cual se determina por tamizado (donde la proporción de semolina que atraviesa el tamiz fino está relacionado con la dureza), sedimentación o centrifugación.

La dureza afecta la facilidad con que se desprende el salvado del endospermo. En los trigos harineros y cristalinos, las células del endospermo se separan con mayor limpieza y permanecen en general, intactas mientras que en trigos suaves, el endospermo tiende a fragmentarse quedando tanto unido al salvado como desprendido (31).

La dureza afecta la molienda pues entre más duro sea el grano, el daño que sufra el almidón será mayor. Además la presión y el desgaste de los molinos se incrementa.

A continuación se presentan tres métodos para evaluar la dureza del grano.

2.5.1 MÉTODO EMPLEANDO LA PERLADORA (38).

APLICACIÓN.

Al grano entero y limpio.

MATERIAL Y APARATOS.

1. Perladora Strong Scott modelo 17810 o un equivalente (Figura 7).
2. Balanza granataria.

PROCEDIMIENTO.

1. Pesar 20g de muestra de grano.
2. Introducirlo a la perladora y llevar a acabo la prueba por 1min.
3. Pesar la cantidad de material que se desprende del grano.



4. Mediante el peso de perlado, obtener el porcentaje de dureza.

NOTAS.

1. La forma del grano tiene una gran influencia en los resultados. Así, los granos alargados como el trigo cristalino, son más fáciles de perlar que los granos redondeados, lo que los hace ver más suaves de lo que realmente son.
2. Con los valores de porcentaje de dureza que se obtengan, podemos clasificar al trigo, según se explica en la Tabla 7.

Tabla 7. Clasificación del trigo de acuerdo a su porcentaje de dureza.

% DUREZA	CLASIFICACIÓN
<30	Extremadamente duro
31-40	Muy duro
41-45	Duro
46-50	Medianamente duro
51-55	Medianamente suave
56-60	Suave
61-65	Muy suave
66	Extremadamente suave

Fuente: Salazar & Rodríguez, 1980.

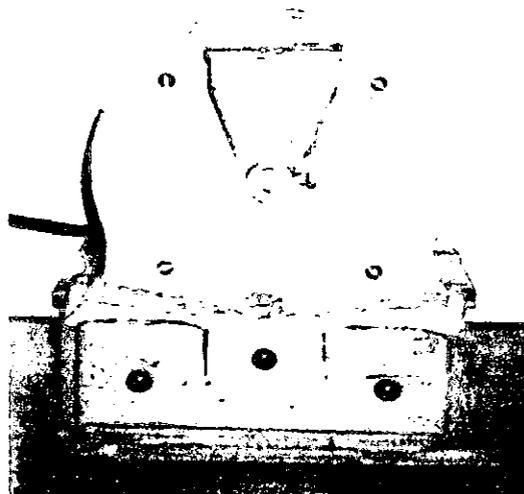


Figura 7 A. PERLADORA STRONG SCOTT.



Figura 7 B. GRANOS PERLADOS. De izquierda a derecha: Trigo suave, Trigo panadero y Trigo cristalino.

2.5.2 MÉTODO DEL ÍNDICE DE TAMAÑO DE PARTÍCULA (PSI) (4,38).

APLICACIÓN.

Al trigo entero y limpio.

MATERIAL Y APARATOS.

1. Balanza analítica.
2. Molino experimental, por ejemplo: Udy Cyclone, KT-3303 o KT-30 o un similar.



3. Tamizador.
4. Malla de abertura de $74\mu\text{m}$ (No. 200 U.S.).
5. Cronómetro.

PROCEDIMIENTO.

1. Pesar 22 a 23g de grano limpio (con un contenido de humedad del 11-13%).
2. Moler en el molino seleccionado.
3. Mezclar y tamizar 10g de trigo molido por 10min. en el tamizador, empleando una malla de $75\mu\text{m}$.
4. Pesar la cantidad de producto que pase a través de la malla.
5. Calcular el resultado en porcentaje y expresarlo como %PSI (Partide Size Index).

2.5.3 MÉTODO DE ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO CERCANO (38).

APLICACIÓN.

Al grano entero y limpio.

MATERIAL Y APARATOS.

1. Aparato de espectroscopía de infrarrojo cercano.
2. Molino Udy ciclone o un similar.

PROCEDIMIENTO.

1. Moler el grano.
2. Mezclar el grano molido e introducirlo al aparato y realizar la lectura.

NOTA.

1. Este método es rápido y puede utilizarse para determinar tanto la dureza como el porcentaje de cenizas, proteína, humedad.
2. Se calibra con los valores del método PSI.



2.6 MÉTODO PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE CENIZAS.

Este parámetro se correlaciona con el rendimiento de molienda de semolina. El trigo típico tiene aproximadamente un contenido de cenizas promedio de 1.5%, pero los minerales no se distribuyen uniformemente en el grano, por lo que el endospermo puede tener un 0.3%, mientras que el salvado puede contener un 6%. Por esta razón, la prueba de cenizas es también conveniente para detectar la presencia de salvado en la semolina (15). Por otra parte, el contenido de cenizas del grano, varía considerablemente dependiendo de la zona geográfica, el tipo de suelo, las condiciones climáticas durante el crecimiento del grano, etc. La variedad, sin embargo, normalmente no constituye un factor que influya en el contenido de ceniza del grano.

MÉTODO DE MUFLA ELÉCTRICA (4).

APLICACIÓN.

Aplicable al grano molido.

MATERIAL Y APARATOS.

1. Mufla eléctrica.
2. Crisoles de porcelana.
3. Desecador.
4. Pinzas para crisol.
5. Parrilla para llevar a cabo la ignición de la muestra.
6. Balanza analítica.
7. Espátula.

PROCEDIMIENTO.

1. Pesar 3 a 5 g de muestra en un crisol a peso constante(P1) (Nota 1).
2. Llevar a cabo la ignición de la muestra en la parrilla hasta que ya no se despidan vapores.



3. Colocar el crisol en la mufla previamente calentada a 575-590°C, donde permanecerá por dos horas o hasta que las cenizas sean de color blanco o gris claro (Nota 2).
4. Transferir el crisol con las pinzas para crisol, al desecador y dejar enfriar. Posteriormente se pesa el crisol con las cenizas(P2).
5. Reportar el porcentaje de cenizas hasta la primera cifra decimal.

CÁLCULOS.

$$\% \text{CENIZAS} = \frac{\text{Peso del residuo}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

Donde:

Peso del residuo = peso del crisol con cenizas(P2) – peso del crisol a peso constante (P1)

NOTAS.

1. Esto quiere decir que el crisol debe estar previamente calentado en la mufla para eliminar humedad y sustancias como grasa que puedan inducir a un error en la determinación; así como, enfriado y pesado.
2. Si las cenizas presentan color negro es necesario enfriar el crisol y adicionar unas gotas de agua destilada para disolver las cenizas, quemar en la parrilla y nuevamente introducir a la mufla, esta acción facilita el proceso.

2.7 MÉTODO PARA DETERMINAR LA ACTIVIDAD DE LA ENZIMA α -AMILASA (NÚMERO DE CAIDA O FALLING NUMBER).

El grado de germinación de los granos afecta negativamente la calidad de la pasta por lo que es necesario realizar una prueba que ayude a determinar dicho factor. La prueba Índice de α -Amilasa (Falling Number) se correlaciona de manera importante con la actividad α -amilasa, la cual constituye un buen indicador del grado de germinación del trigo.



La cantidad de α -amilasa en un grano sano es muy pequeña, pero su actividad se incrementa durante la germinación. A diferencia de la α -amilasa, la β -amilasa se encuentra en grandes cantidades aún en granos sanos y su cantidad permanece prácticamente sin cambio durante la germinación, por esta razón, la prueba se basa en la actividad amilolítica de la α -amilasa.

La enzima α -amilasa hidroliza el almidón. Ésta es una endoenzima que degrada al azar, los enlaces glucosídicos α -1,4. El resultado de su acción es una rápida disminución del tamaño de las moléculas de almidón y con ello, la reducción de la viscosidad de la solución de almidón, su pH óptimo de acción es de 4.5 y resiste altas temperaturas. Trabaja mucho más rápido sobre almidón gelatinizado que sobre almidón nativo. Los cereales sanos e intactos tienen bajos niveles de α -amilasa, mientras que los granos que han sufrido procesos de germinación, presentarán altos niveles de esta enzima. La actividad de la α -amilasa disminuye durante la producción de pastas (especialmente durante el secado a altas temperaturas, como por ejemplo a 80°C) y más rápidamente durante la cocción. La actividad de esta enzima provoca altos niveles de azúcares (como maltosa) en la pasta y por consecuencia, incrementa la cantidad de sedimento en el agua de cocimiento (principalmente en azúcares simples), la masa carece de elasticidad y la pasta seca presenta una gran tendencia a fracturarse y romperse mientras que la pasta cocida tiende a ser delicada presentando características de cocción pobres (31,34).

El instrumento que se utiliza para medir la actividad de la α -amilasa, se llama Hagber Falling Number (Figura 8) utiliza el principio de la gelatinización rápida de una suspensión de harina con la subsecuente medición de la licuefacción del almidón a través de la acción de la enzima α -amilasa. Comúnmente se le llama tiempo de caída (Falling Number) porque mide el tiempo en segundos requerido para mover y permitir al agitador del viscómetro caer a una determinada distancia a través de una suspensión acuosa caliente de harina en la cual se está llevando a cabo la licuefacción. La actividad de la enzima es inversamente proporcional al valor FN.

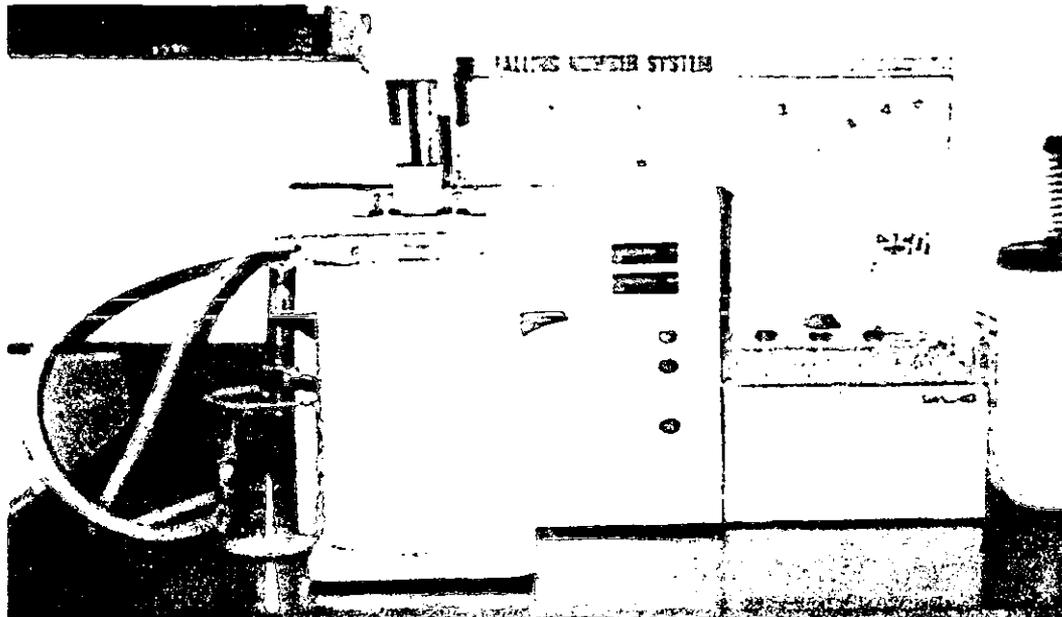


Figura 8 A. HAGBER FALLING NUMBER

MÉTODO PARA DETERMINAR EL ÍNDICE DE α -AMILASA (4,6).

APLICACIÓN.

Es aplicable a harina integral, harina de trigo, y de otros granos pequeños y cereales malteados.

MATERIAL Y APARATOS.

1. Aparato para la determinación del valor Falling Number: Falling Number, AB, Box 32702, S-12611, Stockholm, Sweden.
2. Termómetro. National Bureau of Standard o un equivalente, calibrado en 0.1°C y con una precisión de $\pm 0.3^{\circ}$.
3. Molino. Debe producir harina integral con una distribución de tamaño de partícula como sigue:



Micrones (μm)	Porcentaje (%)
>500	0-10
>210 pero <500	25-40
<210	75-50

Se sugieren los siguientes:

- a) Pulverizador Weber con malla de 0.5mm (Pulverizer Machinery, Div. of MikroPul Corp., 10 chatman Rd., Summit, NJ 07901).
- b) Udy Ciclone con malla de 0.024 pulgadas (UD Corp., 1898 Flatiron Ct. Boulder, CO 80301).
4. Pipeta automática que pueda despachar $25 \pm 0.3\text{ml}$.

PROCEDIMIENTO.

- Baño de agua a temperatura de ebullición.

El agua del baño debe ser agua destilada. El valor Falling Number (FN) se ve afectado por la temperatura de ebullición del agua del baño, la cual está en función de la presión atmosférica, por lo tanto en lugares a elevadas alturas pueden obtenerse valores FN mayores a aquellos obtenidos al nivel del mar. No se debe ajustar la temperatura de ebullición del baño pues induce a resultados erróneos. Por ello deben de realizarse los siguientes cálculos:

A. Para harina integral.

Si la altitud del laboratorio es menor a 610m (2000pies) (temperatura del baño superior a 98°C), los resultados se reportan sin hacer correcciones.

Si la altitud del laboratorio es mayor a 610m (2000pies) (temperatura del baño inferior a 98°C), los resultados se deben corregir mediante la siguiente fórmula:

$$FN_{aj} = 10^{\log_{10}(FN_{sl})}$$



Donde:

$$\begin{aligned}\log_{10} (FN_{sl}) &= 1 \times \log_{10} (FN_{alt}) \\ &- (1.63093 \times 10^{-4} \times E) \\ &+ (2.63576 \times 10^{-8} \times E \times E) \\ &+ [5.75030 \times 10^{-5} \times \log_{10} (FN_{alt}) \times E] \\ &- [1.06922 \times 10^{-8} \times \log_{10} (FN_{alt}) \times E \times E]\end{aligned}$$

FN_{alt} = valor original de FN medido a la altitud del laboratorio,

E = elevación o altitud del laboratorio en pies,

FN_{sl} = corrección del valor de FN al nivel del mar.

B. Para harina de trigo o semolina.

Si la altitud del laboratorio es menor a 760m (2500pies) (temperatura del baño superior a 97.5°C), los resultados se reportan sin hacer correcciones.

Si la altitud del laboratorio es mayor a 760m (2500pies) (temperatura del baño inferior a 97.5°C), el valor Falling Number se corrige como sigue:

$$\begin{aligned}FN_{sl} &= - 849.41 \\ &+ [0.4256 \times 10^{-5} \times E \times E] \\ &+ [454.19 \times \log_{10} (FN_{alt})] \\ &- [0.2129 \times 10^{-5} \times \log_{10} (FN_{alt}) \times E \times E]\end{aligned}$$

Los aparatos pueden contar con tablas de corrección de valores.



- Determinación.
 1. Se pesan $7 \pm 0.05\text{g}$ de muestra de la granulometría especificada anteriormente y se adicionan al un tubo seco especial para la determinación de FN, posteriormente se inclina el tubo a un ángulo de 45° . Se adicionan 25ml de agua destilada a $22 \pm 2^\circ\text{C}$ en el mismo tubo.
 2. El tubo se tapa con el tapón de hule y se agita en posición vertical de 20 a 30 veces (hacia arriba y hacia abajo) con el objeto de lograr la suspensión de agua y harina.
 3. La parte superior de la suspensión se desecha con el agitador del viscosímetro.
 4. El tubo del viscosímetro se coloca junto con el agitador en el baño de agua y simultáneamente se empieza a correr el tiempo (esta acción no debe tomar más de 30 a 60seg). El agitador, debido a su propio peso cae durante la licuefacción del almidón por acción de la α -amilasa.
 5. Registrar el tiempo en segundos.
 6. Retirar rápidamente el tubo del baño. Mantener al tubo bajo el chorro de agua de la llave y retirar el agitador del viscosímetro. El gel formado se remueve del tubo fácilmente con ayuda de una espátula de mango alargado. Se limpia el agitador del viscosímetro con el cepillo para los tubos de FN. Usar chorro de aire para eliminar cualquier remanente de gel y agua (Figura 8 B).

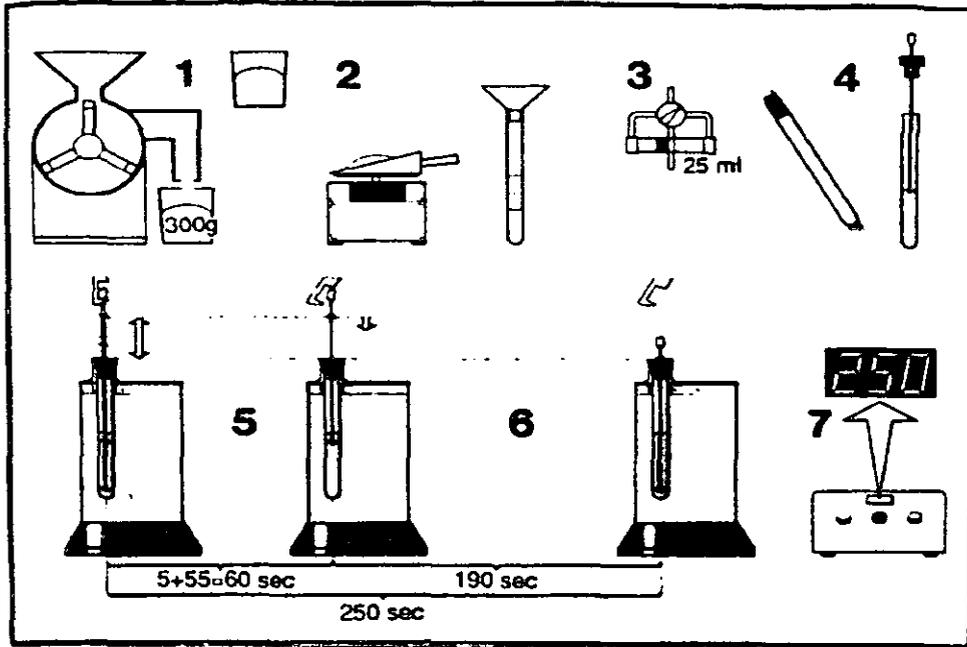


Figura 8 B. *PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA ACTIVIDAD α -AMILASA.*

La Figura 8 B Ilustra el procedimiento para determinar el Índice de α -Amilasa: 1) Preparación de la muestra; 2) Pesar; 3) Dispensar; 4) Agitación; 5) Revolver; 6) Medir y 7) Obtener el resultado.

CÁLCULOS.

Reportar el valor de Falling Number con base en 14% de humedad, usando la siguiente fórmula:

$$FN_{\text{(base 14\% humedad)}} = \frac{100 - 14}{100 - \% \text{humedad de la muestra}} \times FN_{\text{(tal como se obtiene)}}$$

El valor de Falling Number es inversamente proporcional a la actividad de α -amilasa.



NOTA.

1. Se ha reportado que el nivel del agua del baño, la temperatura del agua, el peso de la muestra, el volumen del agua usada, el tamaño de partícula de la harina, el molino usado, el método de suspensión de harina, la severidad del mezclado y el blanqueado de la harina afectan el valor falling number (6).
2. Si se prefiere pesar la muestra con base en 14% de humedad, se puede usar la siguiente tabla:

Peso de la muestra corregido por el contenido de humedad					
Contenido de Humedad (%)	Peso de la muestra (base 14% humedad)	Contenido de Humedad (%)	Peso de la muestra (base 14% humedad)	Contenido de Humedad (%)	Peso de la muestra (base 14% humedad)
8.0	6.54	10.8	6.75	13.6	6.97
8.2	6.56	11.0	6.76	13.8	6.98
8.4	6.57	11.2	6.78	14.0	7.00
8.6	6.59	11.4	6.80	14.2	7.02
8.8	6.60	11.6	6.81	14.4	7.03
9.0	6.62	11.8	6.83	14.6	7.04
9.2	6.63	12.0	6.84	14.8	7.07
9.4	6.64	12.2	6.86	15.0	7.08
9.6	6.66	12.4	6.87	15.2	7.10
9.8	6.67	12.6	6.89	15.4	7.12
10.0	6.69	12.8	6.90	15.6	7.13
10.2	6.70	13.0	6.92	15.6	7.15
10.4	6.72	13.2	6.94	16.0	7.17
10.6	6.73	13.4	6.95	16.2	7.18



2.8 MÉTODOS PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE PROTEÍNA.

El contenido de proteína de los trigos cristalinos varía dependiendo de la variedad, de factores ambientales y, características del suelo. Esta clase de trigos se caracteriza por tener contenido de proteína mas alto que los trigos panaderos. Desde el punto de vista nutricional, ambas clases de trigos presentan bajo contenido de lisina y triptofano (1,28).

La mayor parte de la proteína se encuentra en el endospermo, rodeando a los gránulos de almidón. Éstas son responsables de la calidad culinaria de las pastas, un alto contenido de proteína se relaciona con un gluten fuerte y, por lo tanto, con una buena calidad culinaria. Trigos con un contenido de proteína mayor al 13%, producen pastas con buenas características de calidad mientras que, los trigos con un contenido de proteína menor al 11%, producen pastas con características culinarias pobres (1,28,29,31).

El contenido de proteína se puede determinar eficientemente por medio de espectroscopía de infrarrojo cercano y por el método Kjeldahl, para cuantificar N_2 . Éste último, se utiliza para calibrar el método de espectroscopía, asegurando así su confiabilidad.

En el método Kjeldahl, el nitrógeno proteico se reduce y transforma en sulfato de amonio mediante una digestión en caliente de una muestra seca con ácido sulfúrico concentrado en presencia de un catalizador. El amonio es entonces liberado del sulfato por medio de una destilación en presencia de Hidróxido de sodio y se recibe en un volumen conocido de una solución estándar de ácido. Esta solución se titula y de la cantidad de ácido que no haya reaccionado determina la cantidad de nitrógeno y se convierte en proteína, multiplicando el porcentaje de nitrógeno por 5.7 en el caso del trigo y semolina y por 6.25 para alimentos (1, 31, 33).



2.8.1 MÉTODO KJELDAHL (4,31,45).

APLICACIÓN.

Se aplica a granos molidos de todas las clases, semolina, harina y alimentos, empleando los diferentes factores para convertir a porcentaje de proteína.

MATERIAL Y APARATOS.

1. Matraces Kjeldahl de 800ml de capacidad con tapón de goma.
2. Equipo Kjeldahl de digestión y de destilación.
3. Balanza analítica.
4. Espátula.
5. Cubeta para hielo.
6. Probetas de 500ml.
7. Matraces Erlenmeyer de 500ml.
8. Bureta graduada de 50ml.
9. Agitador magnético con mosca de agitación.
10. Pipetas graduadas de 10ml.
11. Termómetro de -10 a 100°C.
12. Soporte universal y pinzas para bureta.

REACTIVOS.

1. Ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4 al 95-98%, aproximadamente), libre de nitrógeno.
2. Catalizador: 0.04g sulfato de cobre anhidro ($CuSO_4$) y 15g sulfato de potasio (K_2SO_4) o de sodio (Na_2SO_4), grado reactivo, libre de nitrógeno. De 0.5 a 1g de piedras porosas.
3. Piedras para controlar la ebullición, gránulos o polvo de ZN, grado reactivo.
4. Solución de NaOH (Nota 1) ó Pastillas de NaOH.
5. Indicador: rojo de metilo. Preparación: disolver 1g de rojo de metilo en 200ml de alcohol (95%).
6. Solución estándar de H_2SO_4 0.1N. Adicionar 50.4mL de ácido sulfúrico a 18L de agua. Titular contra el estándar de NaOH usando rojo de metilo como indicador.



7. Solución estándar de NaOH 0.1N. Pesar 73g NaOH por 18L de agua y estandarizar. La estandarización se puede llevar a cabo con ftalato ácido de potasio puro disuelto en agua (libre de CO₂) usando fenolftaleína como indicador. 0.5108g de ftalato neutralizan 25mL de una solución 0.1N de NaOH.

PROCEDIMIENTO.

1. Pesar de 1g de muestra (Nota 2) y colocarlos en papel delgado libre de nitrógeno.
2. Adicionar al matraz Kieldahl la muestra pesada, el catalizador (ver reactivo 2) y 20ml de H₂SO₄ concentrado.
3. Llevar a cabo la digestión en el aparato de digestión Kieldahl por 90min. o hasta que la solución se torne transparente verdoso, lo que indica la total destrucción de la materia orgánica.
4. Enfriar el matraz a una temperatura inferior a los 25°C (no permitir que cristalice).
5. Adicionar cuidadosamente 250-275ml de agua fría.
6. Enfriar nuevamente.
7. Añadir una pequeña cantidad de Zn en polvo (equivalente a la punta de la espátula). Agitar cuidadosamente.
8. Se adicionan entonces, muy cuidadosamente y resbalando por la pared, 25g de pastillas de NaOH o 50ml de solución de NaOH concentrada enfriada.
9. Inmediatamente llevar a cabo la destilación en el equipo Kieldahl.
10. El destilado se recoge en un matraz Erlenmeyer con 25ml del ácido estándar diluido hasta un volumen de 50ml con agua y agregar 2 gotas de indicador rojo de metilo. Se destila hasta un volumen de 150ml.
11. Titular el exceso de ácido de la solución con NaOH 0.1N. anotar el volumen de NaOH utilizado, usando rojo de metilo como indicador.
12. Llevar a cabo el mismo procedimiento para el blanco, utilizando la misma cantidad de papel sin muestra.



CÁLCULOS.

Para calcular %Nitrógeno de la muestra se realiza la siguiente operación:

$$\% \text{Nitrógeno}(\text{N}_2) = \frac{(\text{mlB} - \text{mlM}) \cdot \text{N} \cdot 0.01401 \cdot 100}{\text{gramos de muestra}}$$

Donde:

mlB es el volumen de NaOH 0.1N utilizado para la titulación del blanco y que debe ser mayor al utilizado en la titulación de la muestra.

mlM es el volumen de NaOH 0.1N utilizado para la titulación de la muestra.

N es la normalidad del NaOH, que en este caso debe ser de 0.1N.

El porcentaje de proteína se calcula de la siguiente manera:

$$\% \text{Proteína en la muestra} = \% \text{Nitrógeno} \times \text{Factor}$$

$$\text{Factor} = 5.7 \text{ (en el caso del trigo, harina, semolina y pan)(Nota 3).}$$

$$\% \text{Proteína (base 14\% humedad)} = \frac{\% \text{Proteína} \times (100-14)}{100-\% \text{Humedad}}$$

$$\% \text{Proteína (base seca)} = \frac{\% \text{Proteína} \times 100}{100-\% \text{Humedad}}$$

O también puede hacerse el cálculo directo como indica la siguiente ecuación:

$$\% \text{Proteína} = \frac{(\text{mlB} - \text{mlM}) \cdot \text{N} \cdot 1.4007 \cdot \text{Factor}}{\text{gramos de muestra}}$$

NOTAS.

1. Para preparar la solución de NaOH disolver 450g de NaOH en 1L de agua. Es necesario tener estricto cuidado, tomar precauciones como el uso de lentes de protección pues es



una solución muy fuerte y requiere de agitación constante por tiempo prolongado para la total disolución de las pastillas de NaOH.

2. Como se mencionó, esta prueba puede ser utilizada para determinar el porcentaje de proteína de granos en general o alimentos, pero deben molerse finamente antes de ser evaluados. La semolina y la harina, se evalúan sin este tratamiento previo.
3. Factor = 6.25 (para otros granos); 6.38 (para productos lácteos) y 6.25 (para muestras de origen desconocido).

2.8.2 MÉTODO POR ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO CERCANO(4).

APLICACIÓN.

Para evaluar trigos de todas las clases, semolina y harina.

MATERIAL Y APARATOS.

1. Espectrofotómetro de infrarrojo cercano como por ejemplo el Aparato Dickey John Instalab 600, Technicon InfraAlyzer 350 o algún otro aparato de infrarrojo cercano, previamente calibrado por el método Kjeldahl (Figuras 9 A y 9 B).
2. Molino capaz de moler muestras a un tamaño de partícula de 1mm o menos. Como por ejemplo: el molino Udy Corp o puede utilizarse otro molino, pero éste deberá de especificarse en los resultados, además de que deberá ser utilizado tanto para moler las muestras que calibrarán el aparato como las muestras de análisis rutinario.

PROCEDIMIENTO.

Calibración:

1. Debe de leerse el manual del aparato para poder llevar a cabo la calibración adecuada del mismo.
2. Se seleccionan mínimo 40 muestras que cubran todo el rango de proteína y humedad que se espere tendrán las muestras que se analizarán posteriormente (Nota 1).
3. Se muelen las muestras de un en una, se mezclan y se introducen en la celda para análisis del aparato. Se registran los datos según instrucciones del fabricante.



4. Las muestras estándar se deben evaluar al menos por duplicado.

Análisis rutinario de las muestras.

1. Antes de cada día de sesión de trabajo, se deben revisar los procedimientos de acuerdo a las instrucciones del fabricante.
2. Se muele la muestra (Nota 2) en el mismo aparato y bajo las mismas condiciones que las muestras con que se calibró el aparato, se mezclan perfectamente.
3. Se colocan en la celda del aparato dando dos o tres golpes ligeros contra la mesa para permitir que la muestra se distribuya uniformemente en la celda.
4. Introducir la celda en el aparato y anotar la lectura del aparato.

NOTAS.

1. En algunos aparatos como el Dickey John Instalab 600, es posible evaluar el porcentaje de color y de grasa, por lo que, también se debe contar con muestras que tenga un porcentaje de grasa y color que sea tan amplio como para cubrir todo el rango en el que podrían encontrarse las muestras que se analizarán de rutina y evitar errores en la determinación.
2. En el caso de la semolina y harina, no es necesario dar ningún tratamiento previo a la muestra sólo homogeneizarla.



Figura 9 A. TECHNICON INFRAALYZER 350

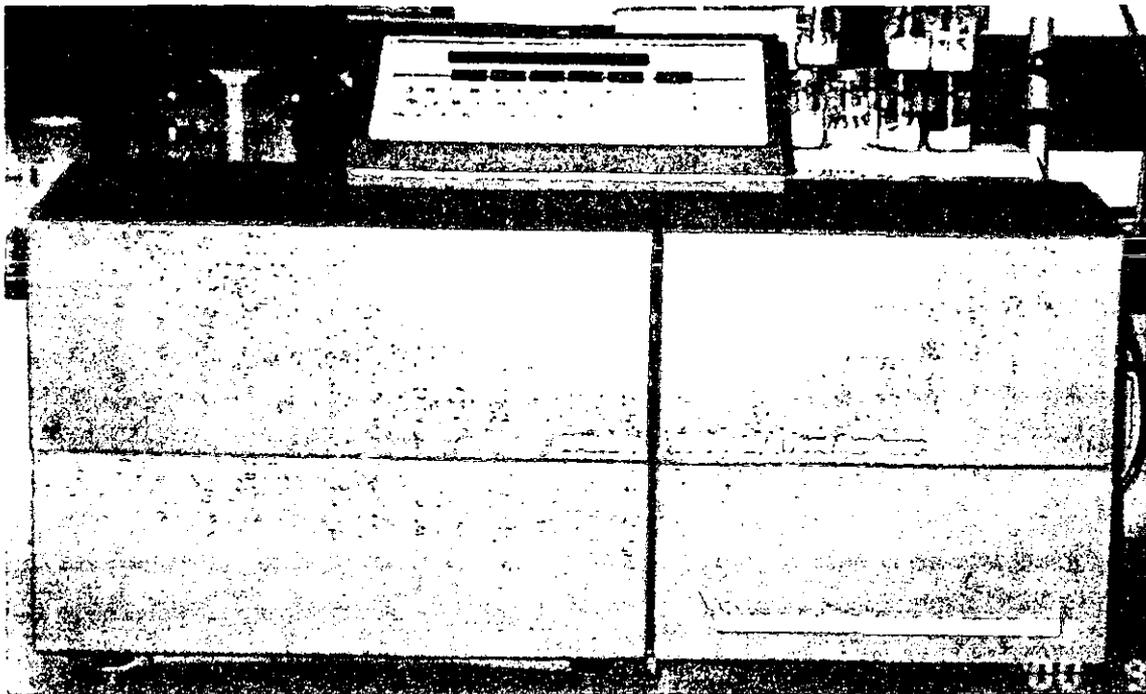


Figura 9 B. INFRATEC, 1255 FOOD & FEED ANALYZER.

2.9 MÉTODOS DE SEDIMENTACIÓN.

La prueba de sedimentación mide la calidad de las proteínas del gluten. Se define como el volumen de sedimento (predominantemente proteína y almidón) del grano molido o la semolina, suspendido en una solución de una mezcla de ácido láctico-alcohol isopropílico o bien, ácido láctico-SDS. Refleja la cantidad y calidad del gluten (3,31).

Dos pruebas de sedimentación se han empleado para evaluar eficientemente trigos cristalinos: Prueba de sedimentación para trigos con alto contenido de proteína o Zeleny modificado y la prueba de sedimentación con dodecil sulfato de sodio, DSS (cuyas siglas en inglés son SDS).



La prueba de Zeleny modificado tiene el mismo principio que la de Zeleny y se basa en la velocidad de sedimentación de las partículas de proteína cuando absorben agua en una solución de ácido láctico-isopropanol (45). En esta prueba, las muestras con un contenido de gluten más alto, tienen mayor sedimentación.

La prueba de sedimentación con SDS proporciona un estimado de la fuerza del gluten. Depende del grado de hidratación de las proteínas. Las moléculas de proteína del gluten se asocian con moléculas lipídicas y la hidratación de las proteínas se facilita por la adición de un detergente suave que es el dodecil sulfato de sodio. La muestra molida se agita en presencia de ácido láctico y dodecil sulfato de sodio. Las proteínas con una buena capacidad de hidratación darán suspensiones estables. La altura de la suspensión, después de un procedimiento estándar de agitación y reposo se relacionan directamente con la fuerza del trigo de manera que a mayor volumen, más fuerza.

Los factores que afectan la prueba de sedimentación SDS son: condiciones ambientales donde se cultivó el grano, un contenido de proteína muy alto y una variación muy grande el tamaño de partícula de la muestra.

Debido a que el SDS es afectado por la calidad y cantidad de proteína, con el fin de evitar alguna interpretación errónea, el valor de SDS se divide entre el contenido de proteína para obtener el Índice SDS donde entre más grande sea, mejor fuerza del trigo (46,47).

2.9.1 MÉTODO DE SEDIMENTACIÓN PARA TRIGOS CON ALTO CONTENIDO DE PROTEÍNA. ZELENY MODIFICADO (4).

Este método se basa en la determinación del volumen de sedimentación resultante de una mezcla acidulada de agua y semolina o grano molido.



APLICACIÓN.

Aplicable al grano molido y también puede ser utilizado para determinar el sedimento en semolina.

MATERIAL Y APARATOS.

1. Molino Wiley o Udy o un equivalente.
2. Tamiz de malla No. 100 (Estándar U.S. no. 100 tejido de tela de alambre), de 8 pulgadas de diámetro equipado con un recipiente hondo o plato.
3. Tamizador (opcional).
4. Probeta graduada de 100ml con tapón de vidrio. Las probetas deben de tener una distancia de 180 a 185mm entre la marca de cero y el fondo y una marca de 100ml en la parte superior.
5. Cronómetro.
6. Mezclador (opcional). Soporte de 23 x 12 x 2 pulgadas aproximadamente. El soporte está diseñado de tal manera que la probeta pueda colocarse de manera rápida y segura, mientras el mezclador está en movimiento. La velocidad de giro debe ser de 40 veces por minuto, aproximadamente.

REACTIVOS.

1. Alcohol isopropílico al 99-100% libre de nitrato o un equivalente (Reactivo 1).
2. Solución de azul de bromofenol 4mg/L (Reactivo 2).
3. Dilución de ácido láctico (Reactivo 3). Tomar 250ml de ácido láctico al 85% grado USP y aforar a 1 litro de agua. Calentar a reflujo la dilución del ácido láctico por 6h sin pérdida de volumen (Nota 2).
4. Mezclar perfectamente 120ml del Reactivo 3 y 133.2ml del Reactivo 1 y aforar a 1L con el Reactivo 2. Estandarizar a 0.33 +/- 0.01N contra una solución de KOH 0.10N. El contenido de cenizas no debe exceder las 2ppm. Proteger de la evaporación (Reactivo 4).



PROCEDIMIENTO.

1. Moler aproximadamente 50g de trigo.
2. Tamizar el grano molido en la malla No. 100 equipada con una recipiente hondo, agitándolo con las manos o mecánicamente en un tamizador por 1.5min. La agitación se hace horizontalmente con movimientos circulares, de tal manera que en cada punto de la malla se realicen movimientos circulares de aproximadamente 2pulg. de diámetro a una velocidad de 200 movimientos por min. Si la agitación se realiza a mano, el tamiz se coloca en una superficie lisa y uniforme y la agitación se realiza como se indicó. El rendimiento debe ser de 25g aproximadamente (Nota 2).
3. Colocar 3.2g de muestra (Nota 6) en una probeta graduada de 100ml con tapón de vidrio.
4. De manera simultánea se empieza a tomar el tiempo con el cronómetro y se adicionan 50ml de solución de azul de bromofenol (Reactivo 2). Mezclar la muestra y la solución moviendo la probeta horizontalmente hacia la derecha y hacia la izquierda en un espacio de 7pulg., 12 veces en cada dirección en 5seg. Se debe arrastrar la muestra en toda la suspensión durante el mezclado.

Los pasos 5,6 y 7 se siguen en caso de usar un mezclado mecánico y los pasos 8, 9 y 10 en caso de un mezclado manual.

- Mezclado Mecánico.

5. En este caso se usa un mezclador que desarrolle movimientos como los descritos en el aparato 5. Colocar la probeta en el mezclador y mezclar por 5min.
6. Retirar la probeta del mezclador y adicionar 50ml del Reactivo 4. Mezclar en el mezclador por 10min.
7. Retirar la probeta del mezclador. Inmediatamente, colocar la probeta sobre su base y dejar reposar por 5min exactamente.



- Mezclado Manual.
8. En el caso del mezclado manual, al final de los primeros 2min (Nota 4), mezclar el contenido de la probeta de la siguiente manera: colocar la probeta completamente invertida y enderezarla como si tuviera un pivote en el centro. Realizar esta acción de manera uniforme por exactamente 18 veces en 30seg. Dejar reposar 1.5min.
 9. Adicionar 50ml del Reactivo 4 y mezclar inmediatamente invirtiendo la probeta cuatro veces como se indicó en el paso 8. Dejar reposar 1.75min.
 10. Mezclar 30seg como en el paso 8, dejar reposar 1.5min. Mezclar nuevamente por 15seg y colocar rápidamente la probeta sobre su base. Dejar reposar por 5min exactamente.

Los siguientes pasos se siguen para ambos mezclados.

11. Después de los 5min, leer el volumen en ml de sedimento en la probeta (estimando décimas de ml). Éste es un valor no corregido de sedimentación.
12. Para obtener el valor de sedimentación correcto (base 14% de humedad), se multiplica el valor de sedimentación obtenido de la lectura directa de la probeta (valor no corregido) por su factor correspondiente según la tabla.

Humedad del trigo (%)	Factor
8.0	1.14
8.5	1.10
9.0	1.07
9.5	1.05
10.0	1.03
10.5	1.01
11.0	1.00
11.5	0.99
12.0	0.98
12.5	0.98
13.0	0.98
13.5	0.99
14.0	1.00
14.05	1.02
15.0	1.04
15.5	1.07
16.0	1.10



NOTAS.

1. Las pruebas de sedimentación reflejan diferencias en calidad y cantidad de gluten en el trigo (o semolina) y por lo tanto, es una medida aproximada de la resistencia a la cocción.
2. Asegurarse de que el tamiz está limpio antes de usarse. El material que pase a través del tamiz es esencialmente una harina blanca y se usa para la prueba de sedimentación. La harina debe ser mezclada perfectamente antes de la prueba.
3. Si se dispone de ellas, se pueden usar pipetas automáticas. Las pruebas se pueden correr por grupos de 8. Las pipetas deben estar vacías y ser llenadas a su debido tiempo en menos de 15seg. Si se usan pipetas manuales, deben ser de vaciado rápido. Las pipetas ordinarias suelen vaciarse muy lentamente. Las puntas de las pipetas deben de arreglarse con una lima de tal manera que puedan vaciar su contenido en 5seg aproximadamente.
4. Si se prefiere correr la prueba en grupos de 4 muestras, se debe seguir el siguiente orden respetando los tiempos:

Tiempo tomado en cronómetro en minutos y segundos							
Muestra	Adición de agua	Mezclar por 30seg	Adición de ácido, mezclar 4 veces	Mezclar por 30seg	Mezclar por 15seg	Reposo	Lectura
1	0:00	2:00	4:00	6:00	8:00	8:15	13:15
2	0:30	2:30	4:30	6:30	8:30	8:45	13:45
3	1:00	3:00	5:00	7:00	9:00	9:15	14:15
4	1:30	3:30	5:30	7:30	9:30	9:45	14:45

Cada operación se debe empezar en el tiempo indicado. Si se desea correr 8 muestras en un grupo, se deben seguir intervalos de 15seg para cumplir con el horario de la tabla, y es necesario mezclar dos muestras simultáneamente por 30seg. Uno de cada par estará 15seg fuera de horario. Se usa un horario diferente cuando se trabaja con un mezclador mecánico.



Desviaciones de 10 a 15seg durante los pasos 4 al 7 (ó 10) no son serias. Sin embargo, se debe enfatizar que la lectura del valor directo de la probeta (valor no corregido) se debe hacer exactamente a los 5min después del último mezclado.

5. En la aplicación del procedimiento anterior, la línea que marca la separación entre el sobrenadante y el sedimento, es regularmente nítida y distinguible, de tal manera que las lecturas se pueden hacer hasta por ml e incluso estimarlas a décimas de ml (0.1ml). Las determinaciones por duplicado del valor de sedimentación (ml de sedimento después de 5min de reposo) normalmente concuerdan en mínimo de 1ml. La temperatura de los reactivos debe estar entre los 20 y 30°C, lo cual tiene un efecto mínimo en los resultados. El período de 5min de reposo se debe tomar con exactitud, debido a que en este punto, la sedimentación aún está en progreso a una velocidad muy rápida. Las lecturas tomadas a mayores intervalos de tiempo presentan diferencias pequeñas entre trigos buenos y de poca calidad de cocción; las lecturas tomadas a intervalos de tiempo menores tienden a ser algo erróneas.
6. En el caso de la semolina, el procedimiento empieza en este paso.
7. El valor de sedimentación (base 14% humedad) se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Valor de sedimentación} = \frac{\text{ml de sedimento} \times (100-14)}{100- \% \text{Humedad}}$$

2.9.2 SEDIMENTACIÓN CON SDS (4,45,47,48).

APLICACIÓN.

A trigos cristalinos y otros trigos y a semolina.

MATERIAL Y APARATOS.

1. Molino Udy cyclone o un similar.
2. Agitador tipo vortex.
3. Agitador horizontal oscilatorio.



4. Probetas graduadas de 25ml con tapón.
5. Buretas de 25ml.
6. Soporte universal y pinzas para bureta.

REACTIVOS.

1. Reactivo 1. Colorante CBB R250 (Coomasie Brilliant Blue): disolver 10mg de CBB en un litro de agua destilada (Nota 1).
2. Reactivo 2. Solución de ácido láctico:agua (1:8 v/v): mezclar 10ml de ácido láctico al 85% con 80ml de agua destilada.
3. Reactivo 3. Dodecil sulfato de sodio SDS (lauril sulfato de sodio): Disolver 20g de SDS en agua destilada y aforarlo a 1L.
4. Reactivo 4. Solución de trabajo, ácido láctico y SDS al 2%: Mezclar 10ml del Reactivo 2 con 480ml del Reactivo 3. (Nota 2).

PROCEDIMIENTO.

1. Pesar 1.2g de trigo molido o 1g de semolina.
2. Transferir la muestra pesada a una probeta de 25ml.
3. Adicionar 8ml del reactivo 1 e inmediatamente tapar la probeta y mezclar en el vortex por 10seg o hasta que las partículas estén completamente húmedas.
4. Dejar reposar por 2.5min. y agitar en el vortex por 3 a 5seg.
5. Dejar reposar y agitar nuevamente a los 4.75min. después de haber empezado la prueba, la agitación debe ser de 2 a 3seg. Adicionar inmediatamente 12ml del reactivo 4.y agitar por 1min. en un agitador horizontal oscilatorio
6. Dejar reposar la probeta en posición horizontal por 14min.
7. Leer entonces el volumen de sedimento hasta una precisión de 0.5ml.

NOTAS.

1. El reactivo 1 se utiliza solamente para colorear la fase líquida facilitando así la determinación del volumen de sedimento.



- Esta solución debe ser preparada cada que se inicie una sesión de trabajo, aunque se ha visto que una solución de 2 días de almacenamiento puede dar buenos resultados.
- Las proporciones de Reactivo 2 y 3 para preparar el Reactivo 4, están dadas en la siguiente tabla.

Número de muestras	ml Ácido láctico-agua (1:8v/v)*	ml SDS 2%*
20	10	480
40	15	720
60	20	960
80	25	1200
100	30	1440
120	35	1680
140	40	1920
160	45	2160
180	50	2400
200	55	2640
220	60	2880
240	65	3120
260	70	3360
280	75	3600
300	80	3840

*Estas proporciones se utilizan para evaluar trigos cristalinos.

- Las soluciones 1 y 4 se deben usar a temperaturas entre 19 y 21°C para evitar efectos de la temperatura sobre la velocidad de sedimentación (debido a cambios en la viscosidad de la fase líquida). Temperaturas arriba de 22°C tienden a dar valores de sedimentación más bajos mientras que lo opuesto sucede con temperaturas por debajo de 18°C.
- Los valores de sedimentación con SDS dependen de las condiciones ambientales donde se cultivó el trigo, entre otros factores, por ello es importante establecer una tabla de interpretación de SDS con base a las muestras que se analizan de rutina en cada



laboratorio, indicando cuales con las condiciones de cultivo del grano que se está analizando. A continuación se presenta una tabla de valores de sedimentación SDS obtenida del análisis de muestras de trigos cristalinos que fueron cultivados por riego y donde los factores que afectan la salud del grano, están ausentes.

Fuerza del gluten	ml de sedimentación SDS	
	Trigo molido	Semolina
Fuerte	10-12	13-18
Medio fuerte	8-10	10-13
Débil	menor a 8	menor a 10

CAPÍTULO III



CAPÍTULO III.

MÉTODOS PARA EVALUAR CALIDAD MOLINERA.

3.1 MOLIENDA EXPERIMENTAL PARA EVALUAR LA CALIDAD MOLINERA DE TRIGOS CRISTALINOS.

El principal objetivo de la molienda experimental o micromolienda es obtener semolina similar a la comercial, de tal manera que pueda proveer información sobre el comportamiento que tendrá el grano en un proceso a nivel comercial esto es, la evaluación del potencial molinero del grano. Y que además, la semolina obtenida pueda utilizarse para hacer posteriores pruebas de calidad que describan las características que se espera que presenten los productos.

A continuación se describe una serie de pasos para realizar una molienda experimental para obtener semolina:

1. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE TRIGO:

Primeramente es necesario evaluar la calidad del lote de trigo, para ello se llevan a cabo pruebas que se han mencionado ampliamente en el capítulo anterior.

2. LIMPIEZA:

Es necesaria para remover el material extraño y granos dañados y contaminantes, ya que su presencia, afecta el rendimiento, la apariencia y la calidad culinaria de la pasta (1,3).

Para llevar a cabo la limpieza en el laboratorio, se puede hacer uso de equipos de limpieza experimentales como las zarandas que son equipos que limpian pequeñas cantidades de trigo, separando las impurezas para su posterior clasificación, como se indicó



en el capítulo anterior. O bien puede usarse otro tipo de limpiadores experimentales, ejemplos de estos son: el Perkins, Emerson, Labofix (Figura 1), etc. O también, puede utilizarse un separador que conste de dos tamices.

En las diferentes industrias molineras existen grandes variaciones en lo que respecta a los sistemas, equipos y número de pasos de limpieza que se aplican. Dependiendo de la industria. se emplean equipos como: Separadores por aspiración, Cribas, Restregadores, Discos y Mesas de gravedad para poder limpiar grandes cantidades de trigo (3,15,16).

3. ACONDICIONADO:

Es la adición de agua al grano cuyos objetivos son:

- a) Separar más efectivamente el pericarpio del endospermo.
- b) Suavizar al endospermo para lograr una mejor reducción de su tamaño. El trigo cristalino se ablanda y se pone opaco como resultado del acondicionamiento.
- c) Hacer al salvado más correoso y menos quebradizo, lo que reduce la contaminación de la semolina con partículas de salvado, produciendo así menor cantidad de cenizas en la semolina, las cuales afectan la calidad de las pastas.

El trigo cristalino, tiene el endospermo más duro que el de los otros trigos, por lo que se acondiciona a un nivel de humedad mayor. Para poder obtener el mayor rendimiento de semolina con una mínima cantidad de harina que en este caso es un subproducto, el trigo debe de acondicionarse a una humedad y en un tiempo de acondicionamiento que varíe de 17 a 17.5% por 16 a 24 h. Si el grano se acondiciona adecuadamente, el endospermo podrá ser reducido de tal manera que se obtenga una distribución de tamaño de partícula adecuado (1,3,16,18).



Figura 1. LIMPIADOR EXPERIMENTAL DE TRIGO LABOFIX-BRABENDER.

4. MOLIENDA Y PURIFICACIÓN:

Durante la molienda, se pretende producir la mayor cantidad de semolina posible, lo cual se logra usando más rodillos de rompimiento o estriados (Figura 2) que en la molienda de trigos panaderos y removiendo impurezas y harina de la semolina con un sistema de limpieza y purificación más exhaustivo (3,18,37).

Para llevar a cabo la molienda experimental, se cuenta con varios tipos de molinos, entre los que se encuentra, el molino Buhler (Figura 3), cuyo producto es de características absolutamente idénticas al obtenido en una molienda comercial. Este aparato presenta las siguientes ventajas: 1) lleva a cabo una molienda automática rápida; 2) los resultados del rendimiento, cenizas, color, cantidad y calidad de gluten son muy similares a los obtenidos comercialmente y son reproducibles; 3) se puede regular su capacidad de 0.5 a 1.5 Kg/h; 4) funciona perfectamente a partir de una sola muestra de 500g y, 5) su operación es automática, sólo basta regular la alimentación y los cilindros (51).

Para moler trigos cristalinos, se debe hacer una modificación al molino Buhler pues los pasos de reducción se omiten. El funcionamiento general del molino consiste en someter



la muestra acondicionada a tres pasos de rompimiento. Este sistema consta de una pareja de rodillos estriados que en el entrehierro los dos llevan la misma dirección. Un rodillo gira a una velocidad dos veces y media más rápida que el otro. Así, además de la compresión que sufre el grano al pasar entre los dos rodillos, hay una acción de corte y rascado. Posteriormente se purifica y de acuerdo al tamaño de partícula se separa la semolina y el resto se somete a un nuevo paso de rompimiento. Nuevamente se purifica y la semolina resultante se combina con la semolina antes separada. Si es necesario se puede hacer otro rompimiento. Durante el proceso se produce harina, la cual es recolectada por separado (Figura 4).

Si el tamaño de partícula es uniforme, la mezcla de semolina y agua para formar una mezcla homogénea, es más fácil. Así, si la semolina no es uniforme, consistiendo tanto en partículas finas como gruesas, las primeras tenderán a absorber más rápido que las partículas gruesas, lo que resultará en partículas blancas en la pasta. Por otra parte, la presencia de partículas muy gruesas, de más de $500\mu\text{m}$ que no absorben el agua fácilmente, pueden producir manchas en la pasta seca (16).

En la evaluación de la molienda experimental, se consideran dos factores: el porcentaje de extracción (gramos de semolina / gramos de trigo) y el contenido de cenizas del producto (semolina). Donde, a menor contenido de cenizas mayor brillo del producto y, por lo tanto, el trigo es de mejor calidad, además de que se relaciona con un molino experimental eficiente (3,31). Cuando se incrementa el porcentaje de extracción, hay mayor cantidad de salvado que se va al producto y con esto el color se hace más oscuro y la cantidad de cenizas aumenta, lo cual no es conveniente pues afecta la calidad del producto.

El rendimiento de molienda o porcentaje de extracción, se obtiene pesando los productos de la molienda en el molino experimental y relacionándolos con el peso inicial de la muestra de grano que se introdujo al molino. Los granos limpios o con poco material extraño y con alto peso de 1000 granos y peso hectolítrico, darán mejores rendimientos de molienda. En general, la molienda de trigos cristalinos proporciona menores rendimientos de



molienda que la molienda de trigos panaderos, lo que se debe a la mayor dureza que presentan los trigos cristalinos, en general los rendimientos de semolina del orden de 65-70% con un 5 a 6% de harina, se consideran aceptables (36, 37, 38).

MATERIAL Y APARATOS.

1. Molino experimental: molino automático Buhler modelo MLU-202 modificado para moler trigos cristalinos.
2. Mecanismo de Limpieza. Por ejemplo: el Perkins, Emerson, Labofix, etc. O bien, un separador que conste de dos tamices. Uno de los tamices debe tener una abertura de un diámetro de 3/16 de pulgada tal que permita el paso del trigo mientras se remueve el material extraño más grande que los granos de trigo; el otro tamiz debe tener una abertura lo suficientemente pequeña (3/32 de pulgada) como para retener los granos de trigo, permitiendo el paso del material extraño más pequeño, así como de los granos rotos.
3. Otros. Balanza analítica de capacidad de 3000 ± 1 g, envases o botes para las muestras; cuchara o pala, bandejas; cepillos, pinceles o brochas.

PROCEDIMIENTO.

1. Limpiar la cantidad de trigo que sea necesaria para llevar a cabo la molienda.
2. Acondicionar el trigo de acuerdo a lo descrito en el Anexo 4, reposar toda la noche.
3. Vaciar la cantidad de grano a moler en el receptor de alimentación de molienda (por ejemplo: alimentación 120g/min).
4. Poner en marcha el molino experimental Buhler siguiendo las instrucciones del fabricante.
5. Una vez terminada la molienda, limpiar el equipo y apagar el sistema. Con este sistema se tiene aproximadamente un 62% de extracción para trigos cristalinos. Si incluimos la harina, se llega a un 72% de extracción total (4,51).



CÁLCULOS.

1. Calcular el rendimiento de molienda de la siguiente manera:

$$\% \text{Rendimiento de molienda} = \frac{\text{g de semolina} \times (100 - \% \text{humedad de la semolina}) \times 100}{\text{g de trigo} \times (100 - \% \text{humedad del trigo})}$$

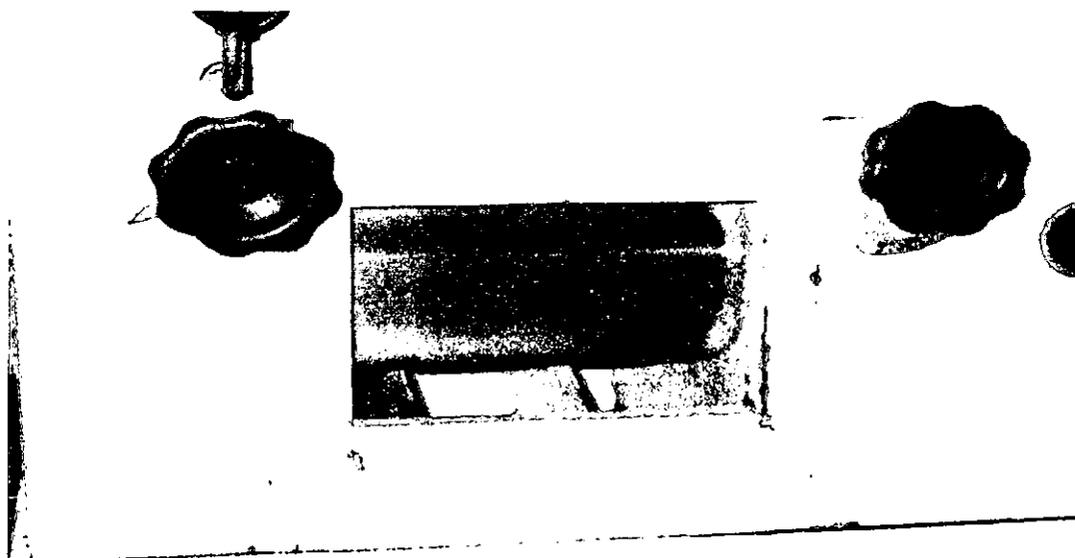


Figura 2. RODILLOS ESTRIADOS.

3.2 DIFERENCIAS ENTRE LA MOLIENDA DE TRIGOS CRISTALINOS Y LA MOLIENDA DE TRIGOS COMUNES.

El objetivo de la molienda de los trigos cristalinos es producir semolina y el objetivo de la molienda de trigos comunes es producir harina.

Debido a las características de los trigos cristalinos y al producto que se desea obtener, el proceso de molienda es diferente al proceso que se sigue para moler trigos comunes.



En lo que respecta al acondicionamiento, la cantidad de agua que se agrega y los tiempos de acondicionado son mayores pues el tiempo necesario para que el contenido de humedad en el grano se equilibre aumenta con la dureza del grano, además, mientras en los trigos comunes se pretende llegar a un 15-15.5% de humedad, en los trigos cristalinos se requiere de un 17-17.5% (15).

Como hemos mencionado, la dureza de los trigos cristalinos es superior a la que presentan los trigos comunes por ello, el consumo de energía y el desgaste de los molinos se incrementa pues la presión entre los rodillos es mayor. Así mismo, se reduce la capacidad de molienda del molino.

Por otra parte, el proceso de trituración de los trigos comunes consta de 3 a 4 bancos de trituración, mientras que la trituración de trigos cristalinos consta de 6-8 bancos. Además, el proceso de reducción que se lleva a cabo en la molienda de trigos comunes, se elimina en la molturación de trigos cristalinos.

Finalmente, el proceso de purificación de la semolina es más exhaustivo y consta de mayor número de purificadores para poder obtener una semolina muy limpia, eliminando en lo más posible las partículas de salvado y harina.

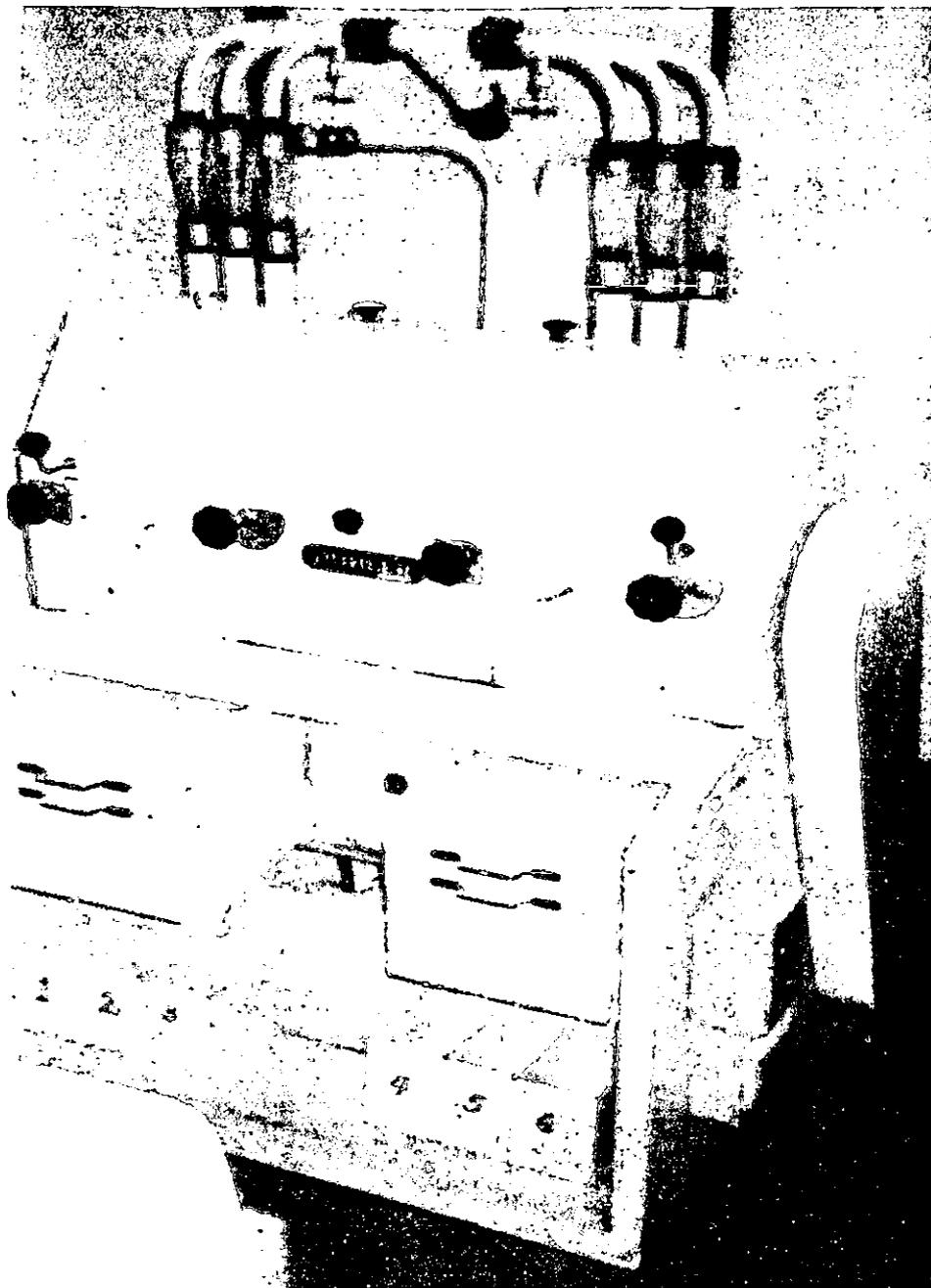


Figura 3. MOLINO EXPERIMENTAL BUHLER MLU202.

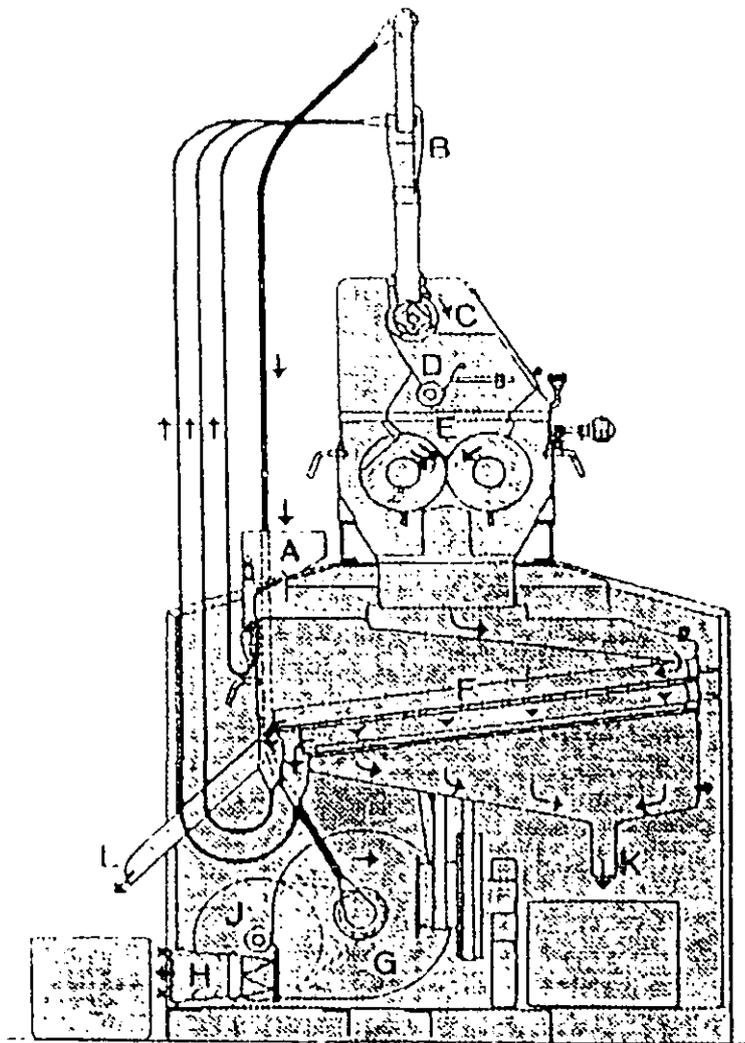


Figura 4. DIAGRAMA DE OPERACIÓN DEL MOLINO EXPERIMENTAL BUHLER MLU-202.

En la Figura 4, podemos observar el diagrama de operación del molino experimental Buhler MLU-202, donde **A** es la entrada del producto; **B**, los ciclones; **C**, las esclusas; **D**, alimentación; **E**, molienda; **F**, cernido; **G**, ventilador; **H**, filtro de mangas; **J**, propulsión; **K**, salidas de los productos y **L**, salida de harina para forraje y del salvado.

CAPÍTULO IV



CAPÍTULO IV.

MÉTODOS PARA EVALUAR CALIDAD FISICOQUÍMICA EN SEMOLINAS.

Semolina se define como el producto principal del proceso de molienda del trigo cristalino, cuyo tamaño de partícula se caracteriza por pasar a través de un tamiz No.20 U.S.(clasificación en Estados Unidos) y no más del 3% por el tamiz No.100 U.S., para la elaboración de pastas de buena calidad.

Las semolinas deben poseer ciertas cualidades para la fabricación de pastas de buena calidad, como son: un tamaño de partícula adecuado, color amarillo brillante, ausencia de partículas de salvado y alto contenido proteico (gluten) (2,16,18,36).

Los métodos para evaluar la calidad de las semolinas tienen el objetivo de medir las características relacionadas con el comportamiento fisicoquímico de las mismas durante el procesamiento de pasta y que están relacionadas con la calidad del producto final. Las más importantes son: distribución del tamaño de partícula, contenido de cenizas, humedad y pigmentos, contenido de proteína y gluten, color y número de pecas.

4.1 MÉTODO PARA DETERMINAR LA DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑO DE PARTÍCULA (GRANULOMETRÍA).

La granulometría de la semolina difiere de país en país. El tamaño de partícula de la semolina no debe ser ni muy grueso ni muy fino, así pues, la molienda tiene como objetivo producir semolina con partículas de tamaño mediano con una mínima producción de harina. Los productores de pasta prefieren una semolina de tamaño de partícula de 550 a 150 μ m, de 450 a 130 μ m o hasta 350 a 130 μ m, pero generalmente las partículas de semolina



quedan dentro del rango de 488 a 142 μ m. La semolina debe ser lo más uniforme posible en tamaño, de tal manera que se pueda desarrollar la masa adecuadamente durante la producción de pastas (1,2,5).

Mediante la determinación de la distribución del tamaño de partícula podemos determinar el porcentaje de finos o harina de trigo cristalino (que es lo que se retiene en el plato), lo cual es una de los principales parámetros que un productor de pasta evalúa pues afecta negativamente la calidad de las pastas.

4.1.1 MÉTODO DE CUATRO TAMICES(53).

MATERIAL Y APARATOS.

1. Tamizador automático (Figura 1).
2. Tamices con las siguientes características:

Malla	Abertura de malla (μ m)
45 (acero)	420
60 GG (nylon)	280
8xxx(nylon)	180
10xxx(nylon)	132
Plato	---

Los tamices pueden ser marca Nyltal, o bien, se pueden emplear otros indicando sus características.

3. Balanza analítica.
4. Espátula.
5. Cronómetro.



PROCEDIMIENTO.

1. Se pesan 100 a 250g de muestra y se colocan en el tamizador.
2. Se tamiza por 10 min.
3. Se colectan las diferentes fracciones y se pesan por separado.
4. El resultado se expresa en porcentaje respecto a la cantidad de muestra inicial.

4.1.2 MÉTODO DE CINCO TAMICES (4,36,41).

MATERIAL Y APARATOS.

1. Tamizador automático.
2. Tamices con las siguientes características:

No. De Malla Estándar U.S.	Abertura de malla (μm)
30	595
40	425
60	250
80	180
100	150
Plato	---

3. Balanza analítica.
4. Espátula.
5. Cronómetro.

PROCEDIMIENTO.

5. Se pesan $100 \pm 0.01\text{g}$ de muestra y se colocan en el tamizador.
6. Se tamiza por 5 min.
7. Se colectan las diferentes fracciones y se pesan por separado.



8. El resultado se expresa en porcentaje respecto a la cantidad de muestra inicial.

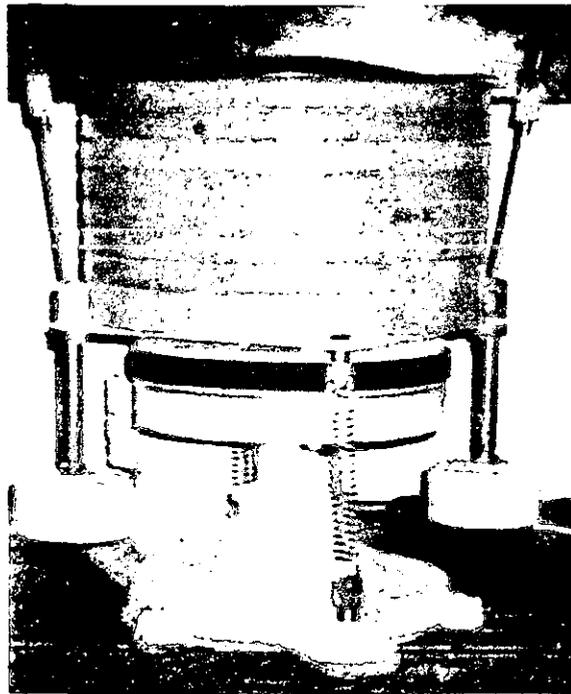


Figura 1. TAMIZADOR AUTOMÁTICO.

4.2 MÉTODO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE CENIZAS (4).

El contenido de cenizas depende de la eficiencia del proceso de molienda, del porcentaje de extracción y del tipo de trigo. Y está relacionado con el rendimiento, color y aspecto de la semolina (3).

Un contenido de cenizas alto se asocia normalmente con una larga extracción o una molienda ineficiente, lo cual puede provocar que la semolina tenga un color opaco. Esto se debe a que el salvado tiene aproximadamente 20 veces más cantidad de cenizas que el endospermo y al encontrarse en mayor proporción en la semolina, aumenta su contenido de cenizas. Por otro lado, un bajo contenido de cenizas también podría indicar una molienda ineficiente, específicamente bajos porcentajes de extracción. Una semolina de trigo durum



de cerca de 65% de extracción (base húmeda) tendrá normalmente un contenido de cenizas de 0.55 a 0.75% (con base en 14% de Humedad) dependiendo tanto del tipo de trigo como de la eficiencia de la molienda (1,2,5).

MATERIAL Y APARATOS.

1. Crisoles de porcelana.
2. Mufla capaz de operar a temperaturas de hasta 600°C.
3. Balanza analítica.
4. Pinzas para crisol.
5. Espátula.
6. Parrilla para llevar a cabo la ignición de la muestra.
7. Desecador.

PROCEDIMIENTO.

1. Pesar 2 g de muestra en un crisol a peso constante(P1) (Nota 1).
2. Llevar a cabo la ignición de la muestra en la parrilla hasta que ya no se despidan vapores.
3. Colocar el crisol en la mufla previamente calentada a 600°C, donde permanecerá por dos horas o hasta que las cenizas sean de color blanco o gris claro (Nota 2).
4. Transferir el crisol con las pinzas para crisol, al desecador y dejar enfriar. Posteriormente se pesa la el crisol con las cenizas(P2).
5. Reportar el porcentaje de cenizas.

CÁLCULOS.

$$\% \text{CENIZAS} = \frac{\text{Peso del residuo}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

Donde:

Peso del residuo = peso del crisol con cenizas(P2) – peso del crisol a peso constante (P1)



NOTAS.

1. Esto quiere decir que el crisol debe estar previamente calentado en la mufia para eliminar humedad y sustancias como grasa que puedan inducir a un error en la determinación; así como, enfriado y pesado.
2. Si la cenizas presentan color negro es necesario enfriar el crisol y adicionar unas gotas de agua destilada para disolver las cenizas, quemar en la parrilla y nuevamente introducir a la mufia, esta acción facilita el proceso.

4.3 MÉTODOS PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE PECAS.

El número de pecas es la cantidad de partículas oscuras (principalmente de salvado) presentes en la semolina y se evalúa por inspección visual.

Los granos dañados (a etapas iniciales) por hongos tienen un tamaño y densidad similares a las de un grano sano por lo que se dificulta su separación durante la limpieza del grano. Estos granos, al molerse con el grano sano, producen partículas negras que aparecen como pecas en la semolina y por consecuencia, en la pasta, lo que afecta su apariencia. Esta es otra razón por la cual es importante evaluar la calidad física del grano (36).

Finalmente es importante mencionar la relación que hay entre el contenido de cenizas y el número de pecas, ya que debido a que la mayor parte de las sustancias inorgánicas del trigo se encuentran en el salvado, cuanto mayor sea el número de partículas de salvado presentes en una semolina, mayor será su contenido de cenizas. En una semolina gruesa, las partículas de salvado (pecas) son claramente visibles y su determinación es muy fácil de hacer (7).



4.3.1 MÉTODO DE MICA CUADRICULADA (36).

APLICACIÓN

Aplica a semolinas.

MATERIAL Y APARATOS

1. Mica o tabla de algún material transparente que se encuentre cuadrículado en su superficie, los cuadros deben tener dimensiones de 1cm^2 teniendo una superficie total de 1dm^2 .

PROCEDIMIENTO.

1. Tomar una muestra representativa de la semolina y homogeneizarla.
2. Colocar una cantidad suficiente de semolina bajo la mica cuadrículada y contar el número de partículas de salvado o pecas que hay en cinco cuadritos.
3. Multiplicar el número de pecas encontradas por 20 y expresar el resultado en Número de pecas / dm^2 .
4. Hacer la determinación por triplicado y calcular el promedio.

4.3.2 MÉTODO DE LOS PLATOS DE VIDRIO (40).

APLICACIÓN

Aplica a semolinas.

MATERIAL Y APARATOS

1. Dos platos de vidrio que tengan marcada una superficie equivalente a 250cm^2 .

PROCEDIMIENTO.

1. Tomar una muestra representativa de la semolina y homogeneizarla.
2. Colocar una cantidad suficiente de semolina entre los platos de vidrio y contar el número de pecas oscuras que hay en un área de 250cm^2 . No se cuentan las partículas blancas o de color claro que no se noten en la pasta.
3. Hacer la determinación por duplicado y calcular el promedio
4. El número de pecas resultantes se expresa en Número de pecas / 250cm^2 .



4.4 MÉTODO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE PIGMENTOS (4).

Los pigmentos carotenoides son los responsables de impartir el color a las semolinas y, consecuentemente a las pastas. Estos pigmentos se dividen en carotenos y xantofilas. Dentro de los carotenos destacan los α β y γ -carotenos y el licopeno. Por su parte, las xantofilas son la forma oxidada de las anteriores, se presentan como ácidos, aldehídos o alcoholes, ejemplos de éstos son: la luteína, cantaxantina y la taraxantina (10, 52).

Los pigmentos se pueden extraer usando solventes orgánicos como es una solución de agua y n-butanol, posteriormente se filtra y cuantifica la intensidad del color espectrofotométricamente a 435.8nm (3).

APLICACIÓN.

Este método se puede emplear para evaluar tanto trigo como semolina, harina y pasta.

MATERIAL Y APARATOS.

1. Espectrofotómetro o colorímetro, transmisión máxima de 435.8nm.
2. Matraz Erlenmeyer de 125ml. con tapón.
3. Embudo.
4. Papel Whatman No. 1.
5. Molino para preparar la muestra (Por ejemplo: el molino Wiley).

REACTIVOS.

1. Solución saturada de alcohol n-butílico con agua.

PROCEDIMIENTO.

Preparación del extracto.

1. Pesar 8 g de muestra en un matraz Erlenmeyer de 125 ml con tapón y adicionar 40 ml de la solución saturada de alcohol n-butílico con agua.
2. Agitar el contenido por un minuto y dejar reposar 16 h (semolina o pasta).



3. Agitar nuevamente el contenido y filtrar a través de papel Whatman No.1 en el tubo de prueba estándar o en la cubeta del espectrofotómetro.
4. Medir la transmisión del extracto a 435.8nm, empleando como blanco el reactivo de alcohol n-butílico.
5. Calcular las ppm con base a β -caroteno y a 14% de humedad. Hacer la determinación por duplicado.

CÁLCULOS.

El contenido de pigmentos del extracto se puede calcular directamente de la lectura de absorbancia a 435.8nm, usando el factor de conversión de 1.6632. Este factor se puede usar para la absortividad del caroteno en una solución saturada de alcohol butílico, donde 1mg de pigmento en 100ml de alcohol n-butílico tiene una densidad óptica de 1.6632 en una cubeta de 1cm a 435.8nm.

NOTAS.

1. El alcohol n-butílico puede ser recuperado por destilación y resaturado con agua para usarse de nuevo (4,33).
2. Para evaluar pigmentos en pastas se debe moler la muestra en un molino Wiley y tamizar usando una malla No. 60 U.S., lo que pase a través de la malla se trata como se indicó arriba (paso 1). En el caso del trigo, la muestra se muele y se tamiza como en el caso de las pastas, pero la extracción se lleva por un tiempo mayor (18h), en el caso de las harinas se da un tiempo de 15 a 30min. Esto es porque la extracción depende de la finura de la muestra y de su naturaleza.
3. La cubeta se debe lavar con varios mililitros del extracto, finalmente llenarla y hacer la lectura.
4. Los pigmentos se reportan como carotenoides pero solo se determinan carotenos y no xantofilas, por lo que los valores obtenidos son relativos, no absolutos.



4.5 MÉTODOS PARA DETERMINAR COLOR.

El color deseable es un tono amarillo claro y brillante, impartido por los pigmentos carotenoides, el cual está relacionado con la eficiencia de la molienda, el porcentaje de extracción y la apariencia del producto final (5).

La prueba de color que suele emplearse es visualmente mediante la hidratación de la harina ya que esto acentúa el color, sin embargo, dos factores podrían afectar esta determinación subjetiva como son: el tamaño de partícula y la cantidad de pigmentos cafés presentes.

En una semolina fina, el color parece ser más claro, pero esto es debido al efecto del incremento de la luz reflejada desde la superficie de las partículas. La presencia de pigmentos cafés en la semolina afecta su apariencia amarilla y hace parecer que el color amarillo es mayor en la semolina, pero estos pigmentos cafés tanto en la pasta seca y aún más en la pasta cocida imparten matices opacos indeseables. La apariencia café en semolina parece ser causada por ciertos tipos de daños en el grano como: granos inmaduros, dañados por heladas, daño microbiano (5,38).

También se puede evaluar el color de la semolina por medio del análisis infrarrojo que presenta la ventaja de ser rápido, no destruye la muestra y es confiable.

4.5.1 DETERMINACIÓN DE COLOR POR INSPECCIÓN VISUAL (4).

APLICACIÓN.

Aplica a semolina y harina.

MATERIAL Y APARATOS.

1. Plato rígido rectangular de hierro galvanizado o de vidrio, de 12 cm de largo por 8 cm de ancho.
2. Espátula.

**PROCEDIMIENTO.**

1. Poner aproximadamente de 10 a 15 g de muestra en el plato de hierro o de vidrio. Ponerla por un lado, tal que forme una línea recta.
2. Colocar de la misma forma la muestra estándar que se usará para establecer la comparación, de tal manera que las orillas de cada muestra queden adyacentes.
3. Mover cuidadosamente una de las porciones de tal manera que queden en contacto ambas muestras y uniformar la superficie con un pequeño golpe, de tal manera que el espesor de la capa de las muestras disminuya de 0.5 cm en medio del plato a una delgada capa en la orilla. La línea de separación entre las dos muestras (muestra problema y estándar) debe ser distinguida. Notar la diferencia en el color.
4. Para enfatizar las diferencias en el color, separe las orillas de la capa para formar un rectángulo y cuidadosamente sumerja el plato con la muestra en agua fría por 1 min.
5. Secar a 100°C y note las diferencias en el color cuando aún se encuentra húmeda y cuando esté completamente seca.

NOTA.

1. Debido a que el contenido de humedad original de la muestra problema ha marcado cierta influencia sobre los resultados de este ensayo, la muestra estándar debe tener aproximadamente la misma humedad que la muestra problema.

4.5.2 DETERMINACIÓN DE COLOR EMPLEANDO EL AGTRON (4).**APLICACIÓN.**

Se puede emplear en la determinación de color en harina y en semolina.

MATERIAL Y APARATOS.

1. Los instrumentos que se sugieren son:
 - a) Instrumento Agtron modelos M-40, M-400-A o M-500-A, establecidos en modo verde para la determinación a una longitud de onda de 546 nm.
 - b) Agtron Modelo F2-61 Verde.



2. Copas Agtron para muestras.
3. Discos estándares de color Agtron, 63 y 85.
4. Pipeta automática con despachador automático y depósito de 25 ml.
5. Reloj indicador de minutos y segundos.
6. Papel para limpiar las lentes.
7. Varilla agitadora de vidrio de 4 mm de diámetro y aproximadamente 113 cm, de longitud provista de un seguro de hule puro semitransparente de 11 mm.

PROCEDIMIENTO.

1. Se recomienda calentar el aparato por un período de 24 h para asegurar que se haya estabilizado.
2. Limpiar la superficie de las copas de las muestras y del depósito de las mismas con papel para lentes. Los fondos de vidrio de las copas para las muestras son de vidrio suave por lo que se recomienda que sean manejados con mucha precaución para evitar rayaduras.
3. Pesar 20 g de muestra problema (semolina) con base en 14 % de humedad en una copa para muestra limpia.
4. Adicionar con la pipeta automática, 25 ml de agua destilada.
5. Agitar la mezcla de agua y semolina con ayuda de la varilla agitadora, de manera uniforme y con movimientos circulares durante de 2 min o hasta que la mezcla de agua y semolina sea uniforme, sin grumos ni semolina seca en suspensión. Durante la agitación, despegar la semolina que se encuentre en las paredes o en el fondo de la copa.
6. Colocar la varilla agitadora en un lugar libre de polvo mientras reposa la mezcla por 5min después de la agitación o hasta que haya transcurrido un tiempo de 7 min después de la adición del agua.
7. Durante los 5 min de reposo, estandarizar el Agtron colocando el disco 63 en el depósito para la muestra y ajustando la escala a una lectura que corresponda al valor certificado en el disco. Retirar el disco inmediatamente después de que se ha llevado a cabo el ajuste con el fin de evitar sobrecalentamiento.



8. De igual manera, colocar el disco estándar 85 y ajustar a la escala a la lectura indicada en el disco.
9. Colocar nuevamente el disco estándar 63 y corroborar que la lectura sea la indicada en el disco (por ejemplo, para el disco de 65 a 45), así mismo, colocar de nuevo el disco estándar 85 y verificar que la lectura sea la indicada (por ejemplo, para el disco de 85 a 94.0). Continuar cambiando los discos y ajustando las escalas (si es necesario) hasta que las lecturas permanezcan constantes.
10. Inmediatamente después de los 5min de reposo y habiendo calibrado el aparato, se procede a colocar la muestra en su depósito y correr la prueba.
11. Verificar nuevamente que las lecturas sean correctas empleando los discos estándares y correr otra muestra. De tal manera que cada que se corra una muestra diferente, se corrobore previamente que las lecturas sean las indicadas en los discos estándares.

NOTAS.

1. Se debe tener mucho cuidado durante el manejo de las copas para las muestras con el fin de evitar que se ensucien o se rayen, ya que si se realizan las lecturas bajo estas condiciones, los valores que se obtengan podrían ser bajos.
2. Asegurarse de que la cantidad, tanto de agua como de semolina (14% de humedad) son correctas. Una mezcla de consistencia inadecuada o falta de uniformidad podría dar valores falsos.
3. Dejar el depósito de la muestra para recibir la copa para la muestra en el instrumento en todo momento pues la temperatura puede influenciar los valores.
4. Durante la calibración del aparato no debe ocurrir un sobrecalentamiento ya que el calentamiento prolongado puede decolorar los discos, por lo tanto, no deben dejarse sobre los aparatos.
5. Debido a que la acción enzimática, se puede incrementar en una muestra húmeda, el ensayo se debe realizar estrictamente en el tiempo estipulado para llevar a cabo la mezcla y las lecturas.



Existen otros aparatos como el Hunter Lab MD-25, Dickey John, etc, que pueden también determinar color en semolinas, sin embargo, el más usado es el Agron.

4.6 MÉTODOS PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD.

Se cuenta con algunas opciones para llevar a cabo esta prueba, a continuación se explican algunas, que son las más comunes y sencillas. Es importante determinar el contenido de humedad de la semolina pues de ésta depende la absorción de agua durante el proceso de producción de las pastas. Además, tiene influencia sobre el almacenamiento y la vida de anaquel de la semolina.

4.6.1 MÉTODO DE ESTUFA A 130°C (4).

Este método ha sido descrito en el Capítulo I pues también se aplica al grano, la diferencia radica en que se omite el paso que corresponde a la molienda y la cantidad de muestra que se pesa es de 10g (4,36).

4.6.2 MÉTODO DEL PLATO DE ALUMINIO (4).

APLICACIÓN.

Se aplica a semolina y harina pero no a trigo molido.

MATERIAL Y APARATOS.

1. Pesafiltros con un diámetro de 55mm y una altura de 15mm aprox., con tapa.
2. Estufa provista de un plato de aluminio de 0.5 pulgadas o más.
3. Regular la temperatura para mantenerla a $140^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ insertando el bulbo del termómetro en el fondo de una lata pequeña que contenga arena fina, descansada directamente sobre un plato de aluminio.
4. Desecador y Pinzas para crisol.

PROCEDIMIENTO.

1. Poner los pesafiltros a peso constante (Nota 1) y registrar su peso (P_p).



2. Pesar aproximadamente 2g de muestra perfectamente mezclada, en un pesafiltro y pesarlo (P_{mh+p}).
3. Colocar tanto el pesafiltro con la muestra como la tapa del mismo en un plato de aluminio y secar por 15min. Tapar el pesafiltro, transferirlo a un plato de aluminio fuera del horno y dejar que se enfríe por 2.5min o hasta que quede frío, registrar el peso (P_{ms+p}). No será necesario usar el desecador si la muestra se pesa durante los primeros 5min posteriores a su enfriamiento.
4. Reportar el residuo o muestra seca como Sólidos Totales y la pérdida de peso como la Humedad.

CÁLCULOS.

1. Calcular el peso inicial de la muestra (P_{mh}) restando el peso del pesafiltro (P_p) al peso del pesafiltro con la muestra húmeda (P_{mh+p}).

$$P_{mh} = P_{mh+p} - P_p$$

2. Determinar el peso del residuo (o muestra seca, P_{ms}) restando el peso del pesafiltro (P_p) al peso del pesafiltro con la muestra seca (P_{ms+p}). Por diferencia, calcular la pérdida de peso debida a la humedad o agua perdida durante el secado (P_h).

$$P_{ms} = P_{ms+p} - P_p$$

$$P_h = P_{mh} - P_{ms}$$

3. Calcular % Sólidos Totales:

$$\% \text{Sólidos Totales} = (P_{ms} / P_{mh}) \times 100$$

y %Humedad:

$$\% \text{Humedad} = 100 - \% \text{Sólidos Totales}$$

NOTAS.

1. Secar los pesafiltros en estufa a 98 ó 100°C, enfriar en desecador y pesar una vez que se encuentren a temperatura ambiente, repitiendo la operación hasta que se encuentren



a peso constante. Para mayor información, consultar la metodología para la determinación de humedad del Capítulo I.

4.7 MÉTODOS PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE GLUTEN.

El Gluten es un residuo húmedo con propiedades elásticas y cohesivas que se forma cuando una harina o semolina es lavada con agua o agua salina, eliminando así el almidón y las proteínas solubles (albúminas y globulinas) (Figura 2). Este complejo está constituido por dos grupos de proteínas principalmente, gliadinas (43%), gluteninas (39%) y otras proteínas (4.4%); además de otros componentes como: lípidos (2.8%), azúcares (2.1%), almidón (6.4%) y algo de celulosa y minerales (28).

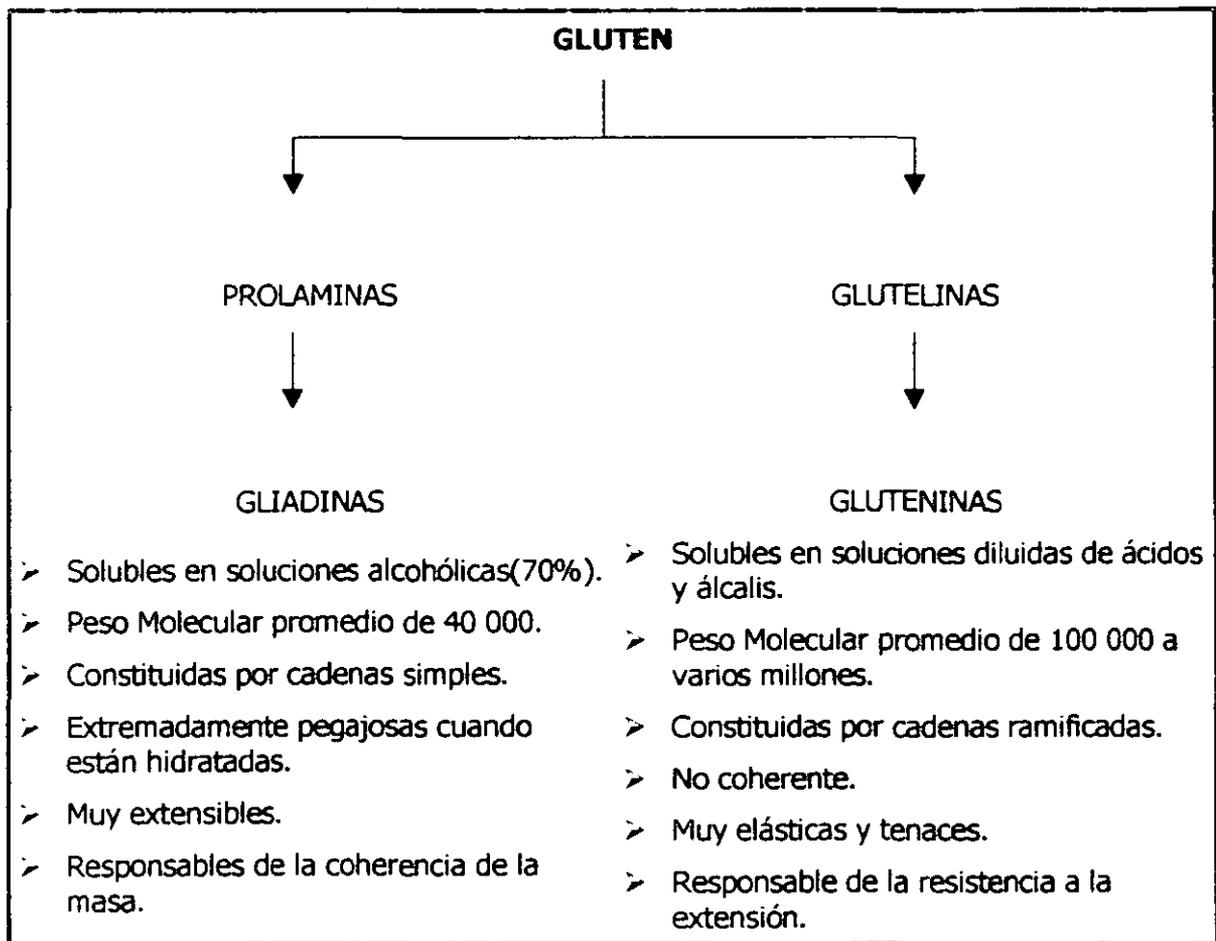
Las gliadinas contribuyen a las características viscosas y las gluteninas a las características elásticas del gluten. Estas proteínas, forman una red o malla capaz de retener los otros componentes de la semolina, principalmente los gránulos de almidón. Una red débil permite la salida de los estos gránulos durante el proceso de cocción de la pasta, lo cual forma una capa de almidón sobre la superficie de la misma haciéndola pegajosa lo que provoca que se aglutine (2,28). Así, las características culinarias dependen principalmente de la calidad y la cantidad de proteínas. Por ello resulta lógico que un contenido proteico elevado conduzca a una buena calidad culinaria, lo que se explica porque a mayor número de cadenas polipeptídicas, mayor es el número de interacciones entre las proteínas con lo que se favorece la formación de una red más resistente (1,33).

Los pasteros prefieren normalmente semolinas con alto contenido protéico (12%) ya que tendrán una cantidad mínima de partículas de semolina almidonosas y esto conducirá a que la hidratación sea más uniforme durante el mezclado y producirá una pasta físicamente fuerte y elástica; la pasta se hidratará adecuadamente durante la cocción y por tanto, los valores de sedimentación serán bajos, además de que se mantendrá firme mientras permanece en el agua de cocimiento y después de ser servida. Semolinas obtenidas a partir de trigo durum pobre en proteína y especialmente aquellas obtenidas a partir de trigos no



durum, darán lugar a pastas que presentarán deficiencias en algunas de las características antes mencionadas (5, 36,44). Sin embargo, cuando los niveles de proteína (o contenido de gluten) son muy altos, pueden surgir algunas dificultades durante el proceso, desde la masa ya que ésta se estirará demasiado durante la extrusión. Estos productos deben entonces ser procesados a bajas absorciones de agua y esto podría resultar en pastas con superficie y color pobres. A bajo contenido de proteína (9-10%), la hidratación es lenta y las absorciones de agua se incrementan y/o se alargan los tiempos de mezclado, lo que conduce a dificultades en el secado de las pastas largas y aún cuando se secan satisfactoriamente, los productos serían más frágiles y con características de cocción pobres.

Tabla 1. Características de las proteínas del gluten.



Fuente: Hosney, 1991.



Cabe mencionar que se ha intentado aumentar el contenido protéico de la semolina, adicionando proteínas de otras fuentes pero esto sólo tiene efecto nutricional y no influencia la calidad de la pasta a excepción de la albúmina de huevo, la cual mejora la calidad culinaria de la pasta (1,44).

Las pruebas para evaluar gluten indican de manera directa la cantidad de gluten presenta en una muestra de semolina. En general, el contenido de gluten húmedo debe ser aproximadamente tres veces mayor al contenido de proteína (Kjeldahl, $N \times 5.7$).

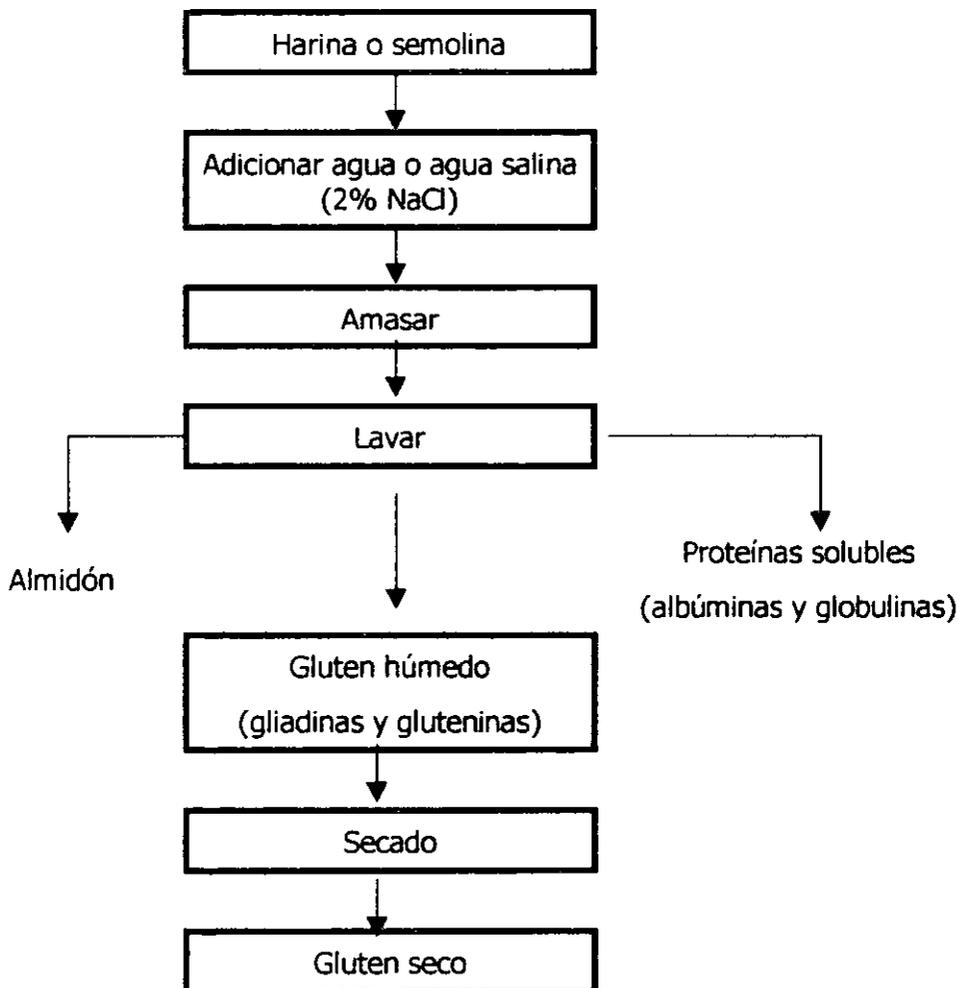


Figura 2. DIAGRAMA GENERAL PARA OBTENER GLUTEN.



4.7.1 MÉTODO DE LAVADO A MANO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE GLUTEN HÚMEDO Y SECO (4).

APLICACIÓN.

Aplicable a harina y semolina.

MATERIAL Y APARATOS.

1. Copa de porcelana o mortero con pistilo.
2. Espátula.
3. Vaso de precipitados de 250ml.
4. Tamiz de malla 60GG.
5. Pesafiltro a peso constante.
6. Balanza analítica.

PROCEDIMIENTO.

1. Pesar 25g de semolina en una copa de porcelana o mortero, adicionar una cantidad suficiente de agua de la llave, empezar con 10ml de agua e incrementar gradualmente hasta formar una bola de masa firme. Se deja reposar la bola de masa en agua a temperatura ambiente por 20-60min.
2. Amasar la bola cuidadosamente bajo el chorro de agua de la llave sobre una malla (de aproximadamente 60GG) hasta que se haya retirado el almidón y todo el material soluble. Esta operación toma 20-30min aproximadamente. Cuando se ha removido la mayor parte del almidón, la bola de gluten se oscurece y adquiere una estructura parecida a una red. Se debe poner una malla No. 100 U.S. bajo la mano del analista mientras está realizando el lavado, ya que de esta forma se evita que se pierda masa y se obtengan resultados erróneos.
3. Para determinar si el gluten es aproximadamente libre de almidón, dejamos que 1 ó 2 gotas del agua de lavado, obtenidas exprimiendo el gluten, caigan en un vaso de precipitados que contenga agua perfectamente clara. Si se encuentra presente el almidón, entonces aparecerá en el agua cierta turbidez.



4. Dejar reposar el gluten obtenido del lavado a mano en agua por 1h, presionar y secar entre las manos tanto como sea posible, formar una bola de gluten, colocar en un pesafiltro a peso constante y determinar el peso como gluten húmedo.
5. Transferirlo a un horno y secarlo a 100°C por 24h y enfriar.
6. Pesarlo como gluten seco expresar los resultados en porcentaje respecto a la muestra de semolina.

NOTA.

El gluten crudo así obtenido no es proteína pura, pues contiene lípidos, ceniza y almidón que no se eliminó durante el lavado.

4.7.2 MÉTODO DE LAVADO EN MÁQUINA PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE GLUTEN HÚMEDO (4).**APLICACIÓN.**

Aplicable a harina, semolina y trigo molido.

MATERIAL Y APARATOS.

1. Aparato para lavar la muestra: Glutomatic (Perten Instrument North America, Inc., Reno)
2. Centrifuga equipada con una malla de poliacrilamida de 840µm.
3. Vaso de precipitados de 250ml.
4. Agitador de vidrio.

REACTIVOS.

Solución amortiguadora. Disolver 300g de NaCl, 6.9g de fosfato monobásico de potasio, 8.1g de fosfato dibásico de sodio anhidro, y aforar a 1L con agua. Mantener esta solución, de pH 6.8, a temperatura ambiente (Nota 1).

PROCEDIMIENTO.

1. Mezclar 10g de semolina (o harina) y aproximadamente 6ml de solución amortiguadora y formar una bola de masa firme, asegurándose de que no se adhiera ningún material al vaso donde se está llevando a cabo la mezcla o a la varilla de mezclado.



2. Colocar la bola de masa en el Glutomatic (Figura 2) y lavar con este aparato por 10min (12min en caso de harina) con la solución amortiguadora a una velocidad de flujo de 2-3 gotas por seg.
3. Retirar el gluten del aparato y lavarlo a mano con la solución amortiguadora por 2min.
4. Secar el gluten hasta tener una consistencia pegajosa al manipularla entre los dedos y/o con las palmas de las manos por 1min aprox. (la harina requiere de 2min aprox.).
5. Centrifugar la muestra de gluten obtenida por 1min.
6. Pesar el gluten inmediatamente en un vidrio de reloj previamente tarado. Reportar como % de Gluten Húmedo.

NOTAS.

1. Otra solución que se puede utilizar para lavar el gluten es una solución de cloruro de sodio al 2%, la cual debe ser preparada antes de usarse.
2. El gluten crudo contiene algunos lípidos, minerales y almidón.

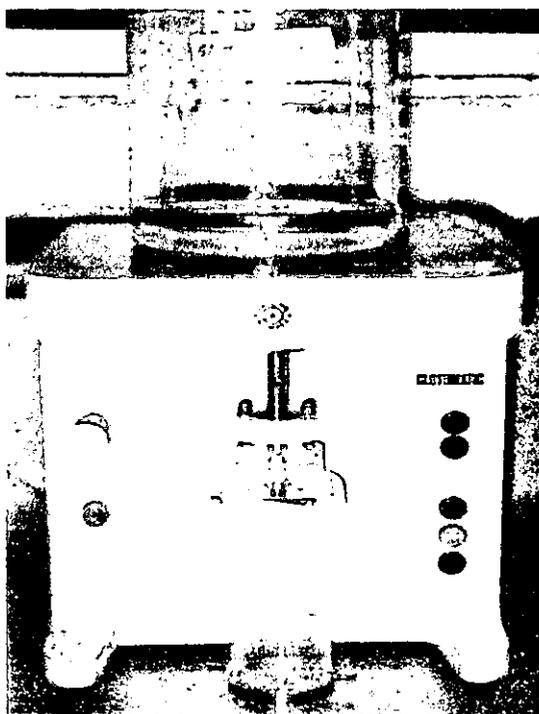


Figura 3. GLUTOMATIC 2100

CAPÍTULO V



CAPÍTULO V.

MÉTODOS PARA EVALUAR CALIDAD REOLÓGICA.

Los instrumentos que se emplean comúnmente para medir las características reológicas en semolinas son el farinógrafo y el mixógrafo.

5.1 FARINOGRAMA.

El farinógrafo (Figura 1) es un aparato que mide y registra la resistencia que ofrece la masa durante un mezclado prolongado y suave (esfuerzo mecánico) a una temperatura constante. La curva obtenida por el farinógrafo llamada farinograma, nos da información sobre la absorción de agua, la estabilidad, el tiempo de desarrollo de la masa, extensión de la misma, tiempo de amasado, entre otras características reológicas

Se ha reportado que aún con un incremento moderado en el contenido de proteína, se registra un marcado descenso en el tiempo de desarrollo con un incremento en la consistencia máxima a índice de tolerancia al mezclado (33,44).

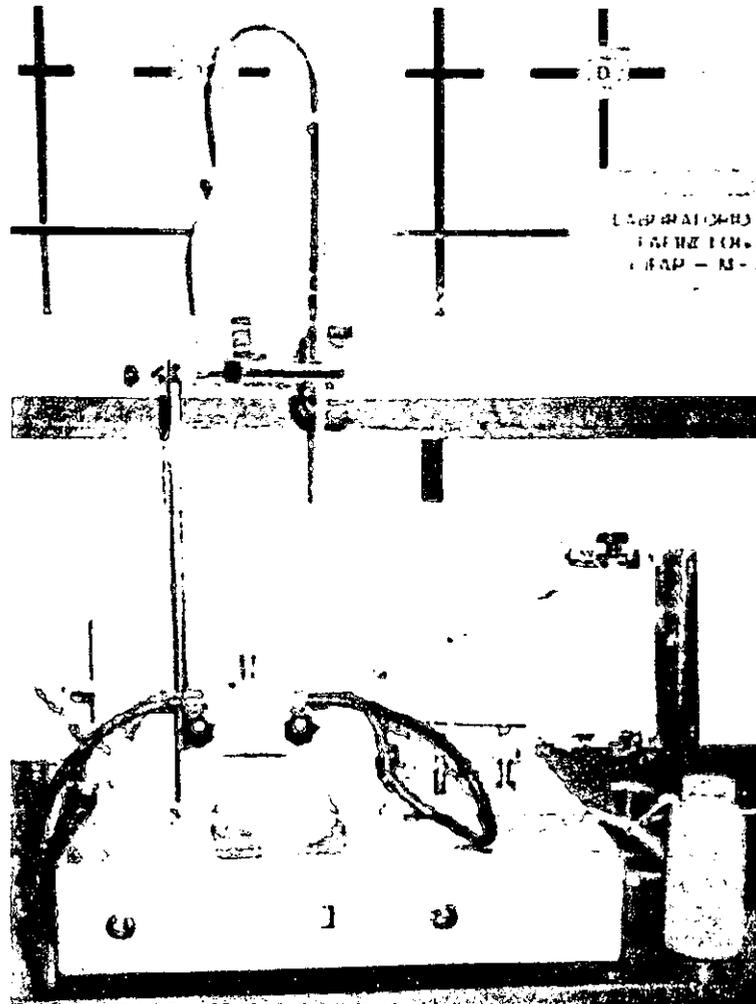


Figura 2. FARINÓGRAFO BRABENDER.

Es necesario que se realicen por lo menos dos pruebas para una misma muestra, la primera sirve para verificar el porcentaje de absorción si es que ya se tiene información al respecto (Nota 1.), y en la segunda prueba se obtiene la curva que servirá para analizar la masa. Cuando no se tiene información sobre los porcentajes de absorción, para lograr la consistencia ideal de la masa (500 unidades farinográficas o Brabender), se hace una determinación por medio de prueba y error (7, 6,38).



Los valores que se pueden obtener de un Farinograma (Figura 2) son varios y todos ellos nos ayudan en el análisis de calidad de las muestras evaluadas. Los que se pueden obtener son los siguientes:

- **Tiempo de Desarrollo (min):** tiempo que tarda la masa en adquirir su consistencia máxima (pico de la curva). Éste es un intervalo, de hasta 0.5min, desde la primer adición de agua hasta el punto de máxima consistencia inmediatamente antes del primer indicio de caída. A este punto se le llama también "pico", "punto máximo" o "tiempo del punto máximo" e incrementa con la fuerza de la masa.
- **Índice de Tolerancia al Mezclado (Unidades Farinográficas):** caída de la consistencia 5min después del tiempo de desarrollo. Es decir, es la diferencia en Unidades Brabender desde el pico máximo de la curva hasta 5min después de que el pico máximo se alcanzó. Las muestras que tienen una buena tolerancia al mezclado, presentan índices de tolerancia bajos; mientras que a mayor índice de tolerancia, más débil es la muestra.
- **Caída a los 20min (Unidades Farinográficas):** Es una medida similar al Índice de tolerancia y es llamada también "drop-off". Se reporta como la diferencia en unidades brabender (UB) entre la línea de 500 UB y el centro de la curva, medido a los 20min a partir de la primera adición del agua, expresado hasta cerca de 5UB. Este valor indica la velocidad de debilitamiento y la fuerza de la semolina (o harina), a mayor valor, más débil es la masa.
- **Tiempo de Llegada (min):** tiempo que tarda la masa en adquirir una consistencia de 500 unidades farinográficas. Es decir, es el primer punto donde la curva intercepta la línea de 500 UB, después de que se empezó el mezclado y se adicionó el agua. En general, el tiempo de llegada se incrementa con el contenido de proteína de la muestra y sirve como medida de la velocidad con que la muestra se hidrata.
- **Tiempo de Caída (min):** tiempo que la masa persiste con una consistencia de 500 UF (o UB) y que siempre ocurre después del tiempo de desarrollo. Es decir, es el punto desde la primer adición de agua hasta donde la curva deja la línea de 500 UB y es igual



a la suma del Tiempo de llegada y la Estabilidad. A mayor tiempo de caída, más fuerte es la muestra.

- **Estabilidad (min):** intervalo de diferencia de hasta 0.5min entre el tiempo de llegada y el de salida o caída e indica la tolerancia de la muestra al mezclado, a mayor fuerza de la masa, mayor es su estabilidad. Si la curva no está centrada exactamente en la línea de 500 UB en la resistencia máxima, por ejemplo, a 490 ó 510 UB, se debe dibujar una línea a 490 ó 510 paralela a la línea de 500 UB. En lugar de tomar la línea de 500 UB, se usa esta nueva línea para determinar el tiempo de llegada, el tiempo de salida y la estabilidad.
- **Absorción (%):** Se define como la cantidad de agua que se necesita o se requiere para centrar la curva del farinograma en la línea de 500UB para una masa de agua y semolina (o harina). Las semolinas más fuertes con alto contenido de proteína y mejor calidad del gluten, se caracterizan por tener mayores porcentajes de absorción.

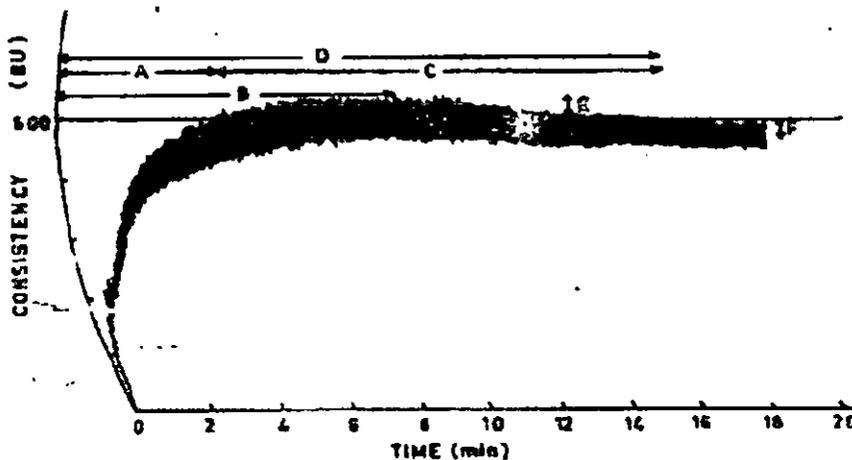


Figura 2. FARINOGRAMA

En la Figura 1, se muestra un farinograma típico, donde A corresponde al tiempo de llegada; B es el tiempo de desarrollo; C es la estabilidad; D es el tiempo de salida; E es el índice de tolerancia al mezclado y F es la caída a los 20 min.



Existen dos métodos para utilizar el farinógrafo, éstos son:

- i. Método de peso constante de semolina.
- ii. Método de peso constante de masa.

Ambos métodos pueden no proporcionar resultados idénticos, por lo que al reportar datos de absorción u otros valores farinográficos se debe especificar cual de los métodos se utilizó.

MATERIAL Y APARATOS.

1. Farinógrafo Brabender, con cajas de mezclado grande (para 300g de muestra) o pequeña (para 50g de muestra). (C.W. Brabender Co., 50 E Wesley St., S. Hackensack, NJ 07606).
2. Balanza granataria.
3. Vaso de precipitados de 500ml.

PROCEDIMIENTO.

- *Métodos para utilizar el farinógrafo.*

Es de gran importancia recordar que en el momento de reportar los resultados se debe especificar que procedimiento se sigue y cual caja de mezclado se emplea.

5.1.1 MÉTODO DE PESO CONSTANTE DE HARINA (PESO VARIABLE DE MASA) (4).

5.1.1.1 Procedimiento empleando la caja de mezclado grande.

1. Determinar el contenido de humedad de la muestra de semolina (o harina) por cualquier de los métodos de horno explicados en el Capítulo III, especificando cual de ellos se utiliza. Una vez determinada la humedad, las muestras se deben de mantener en recipientes cerrados para evitar las posibles variaciones de humedad pues su valor resulta de gran importancia en estas determinaciones.
2. Se pesan 300 ± 0.1 g de muestra (con base en 14% de humedad).



3. Llenar la bureta con agua a temperatura ambiente, asegurándose de que la punta esté llena.
4. Colocar unas cuantas gotas de tinta en la pluma y ponerla en contacto con el punto sobre la gráfica que corresponde al tiempo 9min. encender el aparato y correrlo a la máxima velocidad por 1min hasta que se alcance la línea del minuto cero. En ese instante empezar a adicionar el agua de la bureta por la esquina delantera derecha de la caja, se debe adicionar agua hasta un volumen cercano al de la absorción que se espera tenga la muestra. Cuando la masa se empiece a formar, con ayuda de la espátula de plástico, se retira la masa que haya quedado adherida a las paredes de la caja, empezando del lado derecho por la parte de enfrente y siguiendo en sentido contrario de las manecillas del reloj. Cubrir con la tapa de plástico.
5. Si pareciera que la curva fuera a presentar un nivel por encima de las 500 UB, se adiciona entonces cuidadosamente un poco más de agua. Después de que el agua sea adicionada, se cubre de nuevo la caja con la tapa, para evitar la evaporación del agua.
6. El primer intento de titulación de una muestra tiene, rara vez una resistencia máxima centrada en la línea de 500 UB; por lo tanto, en las subsecuentes pruebas, será necesario realizar un ajuste a la absorción (adicionando más o menos cantidad de agua) con el fin de centrar la curva dentro de un intervalo de 20 UB. Si una titulación presenta una variación en un intervalo más amplio, los cálculos de la curva se verán afectados. Se puede usar como guía para corregir los valores preliminares de titulación considerar que la diferencia entre cada línea horizontal (es decir, 20 UB) corresponde a 0.6-0.8% de absorción aproximadamente, esto es 1.8-2.4ml de agua, dependiendo de la muestra. Cuando se llega a la absorción adecuada, la curva en el desarrollo máximo de la masa se centra en la línea de 500 UB. Para la titulación final, se adiciona toda el agua en un tiempo de 25seg después de que se haya abierto la llave de la bureta. Se deja que el aparato corra la prueba hasta que se obtenga una curva adecuada para la evaluación que se desea, por ejemplo: Absorción, ligeramente debajo del pico; Estabilidad, hasta que la parte superior de la curva cruce la línea de 500 UB después del pico. En este punto, se levanta el brazo de la pluma con ayuda de un pequeño botón, para evitar que



se registre la limpieza de la caja. Al final se adiciona la semolina seca a la caja y se termina su limpieza como se indica en las recomendaciones.

5.1.1.2 Procedimiento empleando la caja de mezclado pequeña.

Es el mismo principio que para el uso de la caja de mezclado grande, solo que en este caso se pesan 50g \pm 0.1g de semolina (con base en 14% de humedad). En la titulación se utiliza una bureta pequeña.

CÁLCULOS.

Para determinar la cantidad de muestra que hay que pesar para llevar a cabo la prueba, es necesario realizar el siguiente cálculo general:

$$\text{Peso de la muestra con } 14\% \text{ de humedad base} = \frac{(100 - 14)}{(100 - M)} \times \text{Peso de la muestra}$$

Donde M es la humedad de la muestra problema.

Ejemplo de cálculos:

Si una muestra contiene 12.5% de humedad, la cantidad de semolina que se requiere para hacer una prueba de 300g debe ser:

$$(100 - 14) / (100 - 12.5) \times 300 = 294.9\text{g}$$

Y para una prueba de 50g, debe ser:

$$(100 - 14) / (100 - 12.5) \times 50 = 49.1$$

También es posible obtener estos datos de las tablas del Método 82-23 del manual de la A.A.C.C., 2000. Donde se indica la cantidad de muestra a pesar dependiendo de la cantidad de humedad.



Se reportan los valores de absorción hasta el 0.1%. Se calcula la absorción con base en 14% de humedad determinado en la caja grande de mezclado, por medio de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Absorción} = (x + y - 300) / 3$$

Donde:

x = mililitros de agua adicionados para producir una curva con una consistencia máxima centrada en la línea de 500 UB.

y = gramos de muestra usados, equivalentes a 300g de muestra con 14% de humedad.

En el caso del método empleando la caja de mezclado pequeña, el intervalo entre cada una de las líneas horizontales del papel (que corresponde a 20 UB) equivale a 0.4ml de agua.

La absorción se calcula con base en 14% de humedad, determinado en la caja pequeña, usando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Absorción} = 2(x + y - 50)$$

Donde:

x = mililitros de agua adicionados para producir una curva con una consistencia máxima centrada en la línea de 500 UB.

y = gramos de muestra usados, equivalentes a 50g de muestra con 14% de humedad.

5.1.2 MÉTODO DE PESO CONSTANTE DE MASA (4).

5.1.2.1 PROCEDIMIENTO EMPLEANDO LA CAJA DE MEZCLADO GRANDE.

1. Determinar el contenido de humedad de la muestra de semolina (o harina) por cualquier de los métodos de horno explicados en el Capítulo III, especificando cual de ellos se utiliza. Una vez determinada la humedad, las muestras se deben de mantener en recipientes cerrados para evitar las posibles variaciones de humedad pues su valor resulta de gran importancia en estas determinaciones. En este procedimiento, la



corrección a 14% de humedad base puede posponerse hasta que se determine la absorción en el farinógrafo.

2. Hacer una estimación de la absorción para que la curva quede centrada en 500 UB. Determinar el peso de la muestra y la cantidad de agua que corresponde a la absorción estimada (Nota 1). Se adiciona a la caja la muestra pesada con una aproximación de $\pm 0.1g$. colocar la pluma sobre el papel en el punto que corresponde a 9min.
3. Comenzar el mezclado y correrlo a la máxima velocidad con la harina seca por un minuto hasta que se alcance la línea que corresponde al minuto cero marcado en el papel. En este instante, se empleando la bureta grande, se comienza a adicionar el agua en la esquina derecha del frente de la caja. Toda el agua debe de adicionarse en 25seg. Con la espátula de plástico, despegar de las paredes las partículas de masa que pudieran quedar adheridas. Tapar la caja para evitar evaporación de agua.
4. El primer intento de titulación de una muestra tiene, rara vez una resistencia máxima centrada en la línea de 500 UB; por lo tanto, es necesario hacer una nueva estimación de la absorción teniendo en cuenta que aproximadamente 20 UB corresponden a 0.6% de absorción y determinar la cantidad de agua y muestra (Nota 1) y correr una segunda prueba. Cuando se obtiene una curva con una consistencia máxima centrada en la línea de 500 ± 20 UB, se continúa el mezclado hasta que se obtenga una curva adecuada para la evaluación que se desea.
5. En este punto, se retira la pluma sobre el papel con ayuda del pequeño botón que tiene en el brazo, se adiciona muestra seca y se continúa con la limpieza del aparato como se indicó anteriormente.

5.1.2.2 PROCEDIMIENTO EMPLEANDO LA CAJA DE MEZCLADO PEQUEÑA.

El principio es el mismo que en el caso de la caja de mezclado grande.

El peso de la masa empleada es de 80g (Nota 4) y el agua se adiciona con la bureta pequeña el peso de la semolina puede ser hasta $\pm 0.1g$.



CÁLCULOS.

La ecuación siguiente se puede usar para convertir la absorción determinada por el Método de Peso Constante de Masa a la absorción con base en 14% de humedad.

$$A = 86 \frac{(B + M)}{(100 - M)} - 14$$

Donde:

A = absorción con base en 14% de humedad,

B = absorción con base en el contenido de humedad de la muestra,

M = contenido de humedad de la muestra.

Por ejemplo, para calcular la absorción (A) a 14% de humedad equivalente a 70% de absorción (B) a 11.1% de humedad (M),

$$(A + 14) / (100 - 14) = (70 + 11.1) / (100 - 11.1), \text{ ó}$$

$$A = 86 \frac{(B + M)}{(100 - M)} - 14 = 86 \frac{(70 + 11.1)}{(100 - 11.1)} - 14 = 64.5\%$$

Para obtener la absorción corregida a 14% de humedad base, es posible hacer uso de la tabla 54-29 del manual de la A.A.C.C., 2000 Correcciones aproximadas para cambiar los valores de porcentaje de absorción a 14% de humedad base, sólo para el procedimiento de peso de masa constante. En esta tabla, los factores que se obtienen se suman al porcentaje de absorción determinado experimentalmente cuando la humedad de la muestra es mayor al 14% y se restan cuando la humedad es menor a dicho valor. Los factores son válidos en un rango de 58-64% de absorción. También se puede utilizar la tabla 82-21 del manual de la A.A.C.C., 2000 ("Conversión de Absorción



del Farinógrafo a 14% de humedad base solo para el método de peso de masa constante").

RECOMENDACIONES.

Al final de cada prueba y cuando el mezclado esté todavía corriendo, se adiciona harina seca a la caja (que contiene la masa de prueba), para hacer una masa seca con una consistencia de 800 a 900 UB en 1min de mezclado. Se para entonces la máquina y se retira la caja dándole vueltas a las mariposas que tiene a los lados, se remueve la masa seca (que es más fácil de remover que la masa de prueba pues ésta es más pegajosa). Retirar todas las partículas de masa que puedan quedarse adheridas a las paredes de la caja y a las espas antes de que se sequen, lo que dificultaría su remoción, para esto se utiliza una espátula de plástico pequeña. Dicha espátula debe ser de un material más suave que el de las espas para evitar que éstas se dañen. Finalmente, se limpian todas las partes de la caja y las espas con un trapo húmedo y después con uno seco, incluyendo los espacios entre las espas. Bajo ninguna circunstancia se usan químicos o algún otro material abrasivo, sólo harina o semolina seca, esto es debido a que incluso trazas de químicos pueden afectar las curvas que se realicen posteriormente y podrían inclusive reaccionar con la superficie metálica de la caja.

En el caso de cajas de bronce, todos los días antes de usarse o después de que el aparato haya estado parado por muchas horas, se corre una prueba con harina o semolina lo cual servirá para limpiar la caja (muestra de limpieza) quitando la capa delgada de oxidación sobre su superficie. Si es necesario correr una prueba de titulación (como se explica abajo), la muestra que se utilice para ello se puede considerar como muestra de limpieza. Las cajas de acero inoxidable, obviamente no requieren de muestra de limpieza.

La bureta se debe limpiar periódicamente con una solución de 10 partes de H_2SO_4 concentrado y 1 parte de una solución saturada de dicromato de potasio. Se llena la bureta con esta solución y se deja reposar toda la noche. Cabe mencionar que esta solución es altamente corrosiva y se debe manejar con precaución. Después de vaciar la bureta, se



enjuaga repetidamente con agua de la llave y finalmente con agua destilada. La bureta (incluyendo la punta) se debe dejar llena con agua después de llevar a cabo cada titulación y cuando no se esté usando, nunca debe de estar vacía.

La pluma se debe dejar en agua al final de cada sesión para evitar que se seque la tinta y se tape, en tal caso, se debe de lavar perfectamente.

NOTAS.

1. Para determinar la cantidad de agua y de muestra que hay que pesar para tener el porcentaje de absorción estimado, se debe utilizar la Tabla farinográfica para el método de peso constante de masa: peso de la muestra y el agua para dar una masa de 80g (método empleando la caja de mezclado pequeña) o 480g (método empleando la caja de mezclado grande) a varios niveles de absorción. En esta tabla se obtiene directamente la cantidad de muestra y agua necesarias para tener la absorción estimada. Esta tabla corresponde al Método 54-28A del manual de la A.A.C.C., 2000.

5.2 MIXOGRAMA.

El mixógrafo (Figura 3) mide y registra la resistencia (cambios fisicoquímicos) de una masa al mezclado. La acción de mezclado puede describirse como un movimiento de empuje-doblez-empuje, el cual es más severo que el producido en el farinógrafo.

El mixógrafo, en comparación con el farinógrafo es más difícil de estandarizar y tiene una aplicación limitada para determinar la absorción de agua de la muestra problema pues se afecta por la cantidad de agua adicionada y no es tan sensible como el farinógrafo. De tal manera que, se debe adicionar la cantidad de agua adecuada debido a que afecta la altura del mixograma o pico. Si se adiciona poca cantidad de agua, la altura de la curva será muy alta y la gráfica será muy irregular(4,38).



Figura 3. MIXÓGRAFO SWANSON.

. La curva de mezclado o mixograma (Figura 4) que se produce proporciona los siguientes datos

- **Tiempo de mezclado, T_M (min):** Es el tiempo requerido para alcanzar el desarrollo óptimo de la masa, esto es que forme una masa viscoelástica estable; es el tiempo en que la parte media de la curva alcanza la máxima altura.
- **Altura del mixograma, AM (cm):** Es la altura máxima en la parte media de la curva o altura al tiempo óptimo de mezclado. Este parámetro se relaciona con la absorción de la masa y de manera general, con la fuerza del gluten.
- **Estabilidad al amasado, EA (min):** Es el tiempo que se mantiene la altura máxima de la curva. Este parámetro indica principalmente la tolerancia de la masa al sobremezclado sin perder su condición óptima de desarrollo.
- **Forma mixográfica, FM :** Determina la calidad del gluten y predice el comportamiento de la semolina durante el procesamiento y elaboración de pastas (6,25,48). Existen ocho curvas de referencia que van de semolinas que forman un gluten débil (Forma



Mixográfica 1) hasta semolinas que forman un gluten fuerte (Forma Mixográfica 8), las cuales se encuentran en el Anexo 5.

En un mixograma, los trigos fuertes tardan más tiempo en alcanzar el pico o altura del mixograma debido a su resistencia, mientras que los trigos débiles alcanzan el pico más rápido y por lo tanto caen más pronto (31,38)

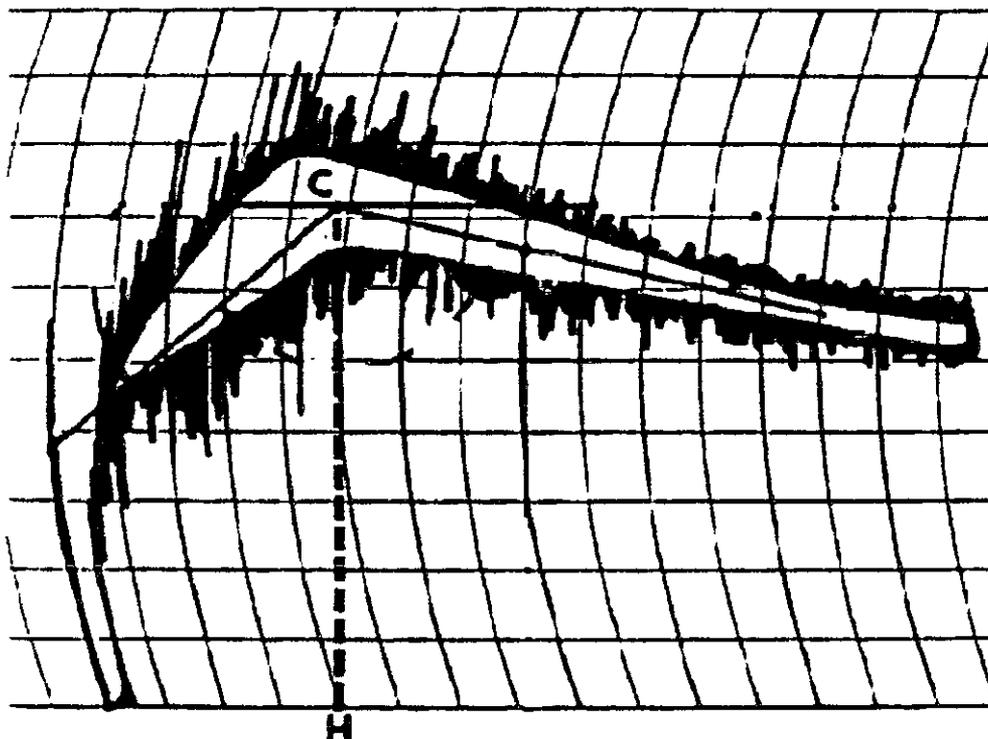


Figura 4. MIXOGRAMA

En la figura 4 se muestra un mixograma típico, donde la línea C-H es la altura del mixograma y C es el tiempo de mezclado.

MATERIAL Y APARATOS.

1. Mixógrafo Swanson (National Manufacturing Co., Lincoln NE.) con tazón de 10 ó 35g.
2. Balanza granataria y Espátula.
3. Brochas pequeñas.



PROCEDIMIENTO.

• *Determinación.*

1. Determinar la humedad de la semolina (Ver Capítulo III.).
2. Ajustar el mezclado a 85-90 rpm.
3. Ajustar la pluma a la posición de cero en el papel.
4. Colocar 10g de muestra (14% de humedad base) en el tazón del aparato (Nota 1).
5. Bajar la cabeza del mezclador hacia el tazón con la muestra
6. Colocar la aguja sobre el papel y accionar el movimiento de éste.
7. Medio minuto antes de que la pluma alcance una línea vertical, adicionar la cantidad de agua calculada (Nota 2).
8. Cuando la pluma alcance una línea vertical, iniciar el mezclado que debe durar 7min.

• *Limpieza.*

1. Adicionar semolina al tazón para poder remover la masa de éste.
2. Lavar el tazón con agua y secar.
3. Limpiar la cabeza del mezclador con un paño húmedo y secar.
4. Al final de una día de trabajo, colocar la pluma en o enjuagarla agua para evitar que la tinta se seque.

CÁLCULOS.

Para estimar la absorción de agua óptima (14%hum. base), usar la ecuación:

$$Y = 1.5 X + 43.6.$$

Donde:

X es el %proteína de la muestra (14%hum. Base).

Y es el % absorción de agua.

NOTAS.

1. Para trigos cristalinos se han utilizado 5.8ml de agua para 10g de semolina (14% humedad base) (24).



2. La absorción del agua se basa en el contenido de proteína, siendo de 65% a un 15% de proteína (base 14% de humedad). Se aumenta o disminuye en un 1% por cada 1% que aumente o disminuya el contenido de proteína. O bien, puede emplearse el porcentaje de absorción del farinografo.

CAPÍTULO VI



CAPÍTULO VI.

MÉTODOS PARA ELABORAR PASTAS Y EVALUAR SU CALIDAD

6.1 DEFINICIÓN DE PASTA.

Pasta alimenticia es aquel producto obtenido por la desecación de las figuras, resultado del amasado de harina y/o sémola de trigos duros con agua potable fría o caliente, con o sin la adición de otros ingredientes opcionales como pueden ser: huevo entero, gluten, soya, etc., o los sustitutos de estos permitidos por las autoridades sanitarias (9).

6.2 CLASIFICACIÓN.

Las pastas alimenticias se pueden clasificar con base en su composición y en su forma.

6.2.1 CLASIFICACIÓN POR SU COMPOSICIÓN.

TIPO I.

Pasta amarilla o blanca de harina de trigo y/o semolina para sopa.

Se entiende por este producto al elaborado por la desecación de las figuras obtenidas del amasado de semolina y/o harina de trigo, agua potable, ingredientes opcionales y aditivos permitidos.

TIPO II.

Pasta de harina de trigo y/o semolina con huevo y /o ingredientes adicionales para sopa.

Se entiende por este producto al que cumple con lo señalado para el Tipo I y en su composición, debe tener no menos de 4.2% de sólidos de huevo entero o yema de huevo, o



bien, 16.8% de huevo entero líquido o yema de huevo líquida y los aditivos permitidos, exceptuando los colorantes artificiales y naturales.

TIPO III.

Pasta de harina de trigo y/o semolina con vegetales (indicando cuales) para sopa.

Se entiende por este producto al que cumple con lo señalado para el Tipo I y contiene vegetales tales como: zanahoria, tomate, espinacas o betabel; en una cantidad no menor de 3% de vegetal deshidratado en el producto terminado, ingredientes opcionales y aditivos permitidos, exceptuando colorantes artificiales.

6.2.2 CLASIFICACIÓN POR SU FORMA.

Las pastas se pueden clasificar de acuerdo con su forma según se indica en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de las pastas de acuerdo a la forma que presentan.

LARGAS	HUECAS	macarrón
	COMPACTAS	fideo espagueti tallarín lasagna
CORTAS	HUECAS	codo plumilla concha
	COMPACTAS	estrella munición semilla de melón alfabeto, etc.
FANTASÍA	Hongo, almeja y corbata	

Fuente: Salazar, 1999.

En la Figura 1 se muestran algunos ejemplos de las diferentes pastas que podemos encontrar en el mercado.



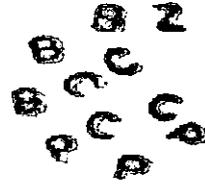
Espagueti



Lasagna



Concha



Alfabeto



Corbata

Figura 1. EJEMPLOS DE PASTAS ALIMENTICIAS



6.3 ELABORACIÓN DE PASTAS EN PLANTA PILOTO.

6.3.1 MATERIAS PRIMAS.

I. SEMOLINA

Las pastas son elaboradas preferentemente, a partir de semolina producida durante la molienda de trigos cristalinos, debido a que presentan características culinarias de mejor calidad. (15,16).

Durante la molienda de trigo cristalinos, también se produce harina, pero en general, tiene un valor inferior al de la semolina, considerándose incluso como un subproducto. La harina de trigo cristalinos puede utilizarse para producir pastas, sin embargo, éstas presentarán características de calidad culinaria inferiores respecto a las características que presentan las pastas producidas a partir de semolina, como por ejemplo, menor resistencia al exceso de cocción (2,15).

En algunas ocasiones se ha utilizado harina de trigo duro común (farina), ya sea mezclada en cierta proporción con semolina o sustituyéndole completamente en la producción de pasta. Sin embargo, para que el producto pueda presentarse al consumidor como "hecho de semolina", debe contener no menos del 50% de ésta (9). La harina de trigo común, produce pastas que carecen del color amarillo característico y, sus características culinarias son de calidad inferior a las pastas hechas con semolina.

El uso de la harina de trigos cristalinos como de la harina, depende de la disponibilidad y el precio de la materia prima (semolina), del precio de la competencia y de la aceptación del consumidor (2).

A pesar de que es posible utilizar harina de trigo cristalinos o harina para la elaboración de pastas alimenticias, ya sea en combinación o sustituyendo a la semolina, su



uso no puede ser indiscriminado y, ante todo, debe tenerse plena consciencia de que las características de calidad de las pastas elaboradas resultarán afectadas. Finalmente, uno de los factores determinantes para obtener un producto de excelente calidad, es utilizar semolina de trigo cristalinos.

II. AGUA

El agua empleada para la producción de pasta debe ser potable, libre de olores, sabores y colores.

Las características que debe tener el agua son las siguientes:

Bacteriológicamente	Potable
Dureza	30° máximo
Sólidos*	500mg máximo, de los cuales haya:
Carbonato	200mg máximo
Sulfato	80mg máximo
Silicato	25 mg máximo
Nitrato	10 mg máximo
Calcio y Magnesio	200mg máximo
Cloruros	10mg máximo
Materia Orgánica	30 mg máximo
pH	7.0

Fuente: 2,12,13.

*Resultado de haber evaporado 1 L. de agua.

La utilización de agua dura en la elaboración de pastas imparte al producto terminado, coloración oscura, fragilidad y sabor desagradable (13).



III. INGREDIENTES ADICIONALES.

Los ingredientes que comúnmente se adicionan con el fin de enriquecer las propiedades nutritivas o sensoriales del producto son:

- albúmina de huevo en polvo
- huevo entero o clara de huevo, en líquido o en polvo
- harina de soya
- sal yodatada
- ajo
- perejil
- apio
- cebolla
- espinacas
- vitaminas
- saborizantes
- colorantes naturales o artificiales, etc.

El huevo es ampliamente usado ya que proporciona un color amarillo brillante a las pastas, ayuda a la integración de la semolina y el agua y, eleva el contenido y la calidad de las proteínas del producto final. La sal ayuda a inhibir el desarrollo de microorganismos y a reafirmar el sabor. El ajo, perejil, apio y la cebolla actúan como sazonadores. Las espinacas proporcionan un sabor característico a las pastas y le imparten un color verde (9,12).

Naturalmente, la adición de estos componentes, depende del costo, características del producto final, así como de las políticas de calidad de cada productor.

Algunos de estos componentes provocarán cambios significativos en las características sensoriales del producto final, las cuales pueden ser desagradables al gusto del consumidor (2,5).



6.3.2 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PASTA.

La producción de pasta solía ser por lotes siguiendo una serie de pasos que hoy en día con la modernización de la industria, se realizan en continuo como se indica en la Figura 2.

En general, en procesos recientes, la semolina y la cantidad de agua necesaria para dar una absorción del 31%, son introducidos automáticamente a una unidad de mezclado, donde la temperatura del agua debe ser de 32 a 38°C. La mezcla uniforme formada, es alimentada hacia una amasadora a vacío para remover las burbujas de aire atrapadas. El mezclado y el amasado duran aproximadamente 15min.

Posteriormente, la masa es forzada a pasar por la cabeza del extrusor donde la presión la empuja enseguida a un molde para formar el tipo de pasta deseado. En el proceso se produce una cantidad considerable de calor, por lo que el cuerpo del extrusor, cuenta con una camisa de enfriamiento, de tal manera que la temperatura de la masa se mantiene a menos de 45°C.

Una vez que ha pasado por el molde, se debe realizar el secado, desde un 30% de humedad a la salida del molde, hasta un 12-12.5%. Primero se debe realizar un secado preliminar y luego un secado final. Una vez que el producto se ha secado, se pesa y empaqueta. El secado es necesario para poder conservar la pasta durante su manejo y almacenamiento. Este tipo de proceso es económico sólo si hay producción a gran escala (2,5,15,16,36).

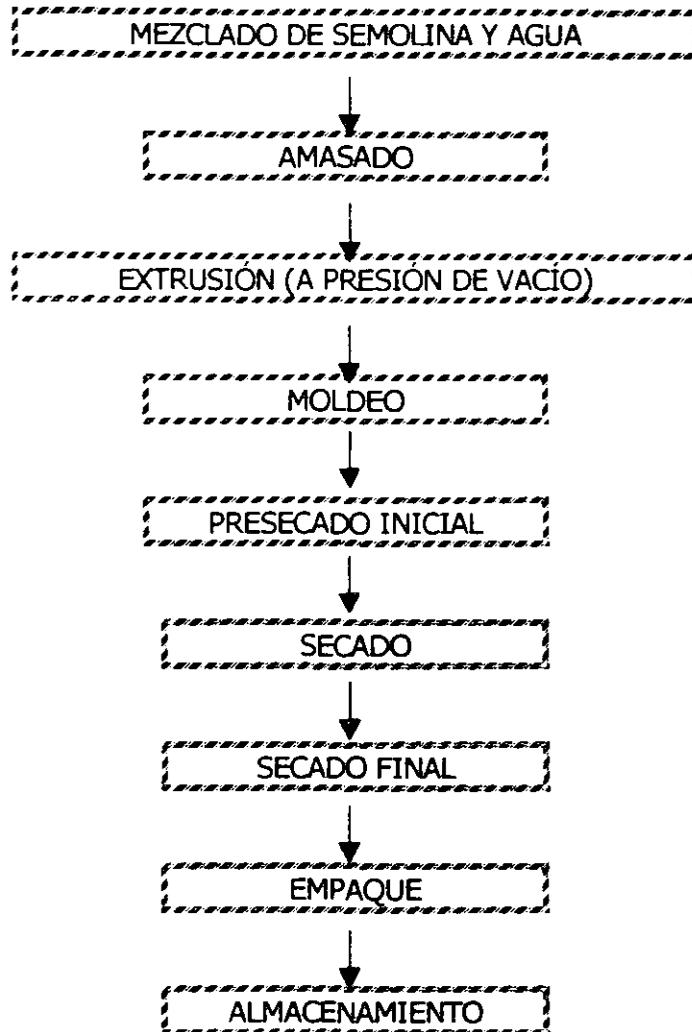


Figura 2. ESQUEMA GENERAL DE PRODUCCIÓN DE PASTA.

En el mundo, también se consume pasta fresca, que es la pasta cocinada sin haber sido secada, de tal manera que los procesos de secado son opcionales.

Los pasos del proceso pueden tener variaciones dependiendo de la industria y de la tecnología de la que se disponga. Con el fin de ilustrar la producción industrial de pastas en nuestro país (Figura 3), a continuación se explica cómo se realiza este proceso en una conocida industria en México (NABISCO S.A. de C.V.).

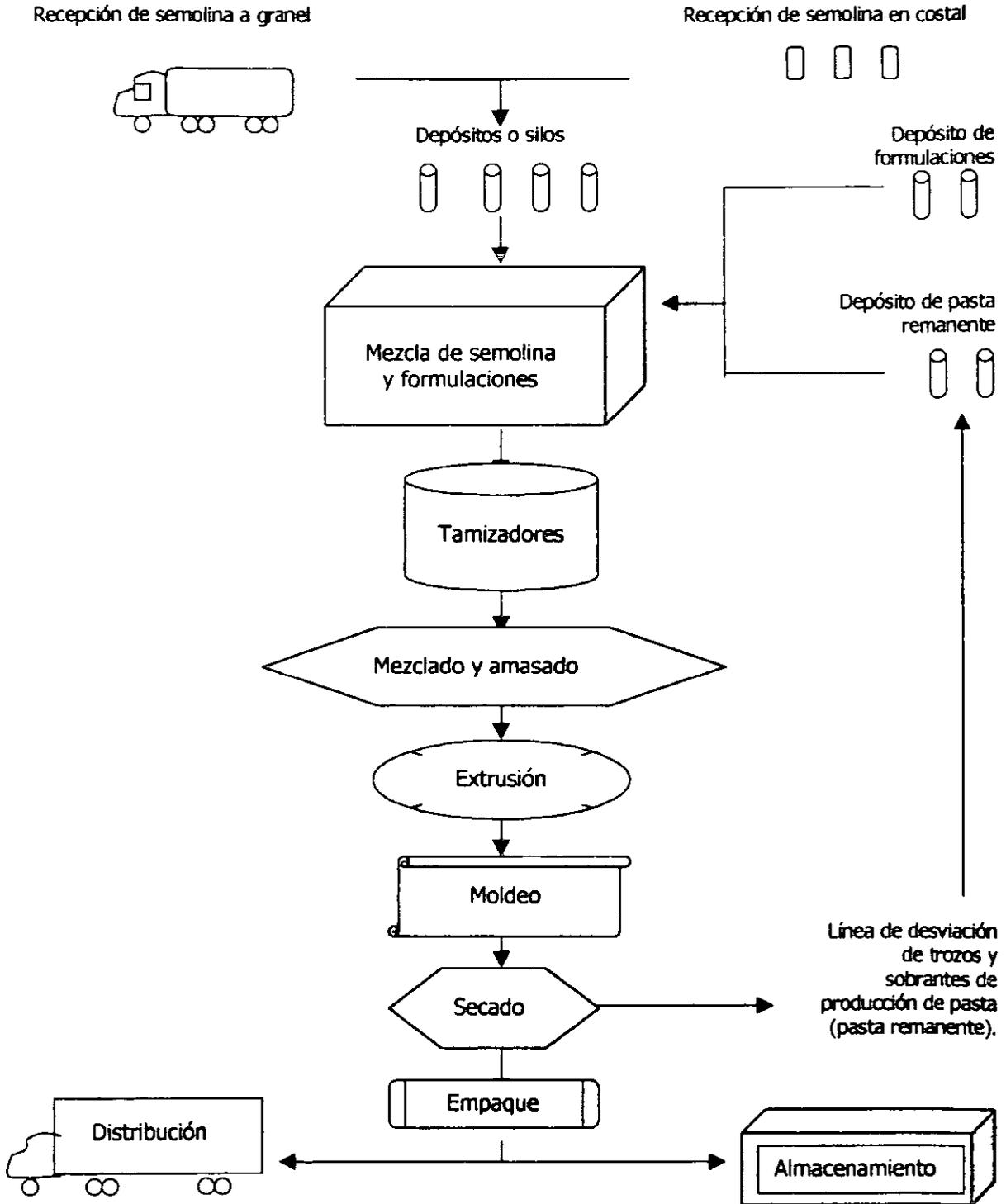


Figura 3. PRODUCCIÓN DE PASTAS A NIVEL INDUSTRIAL.



La empresa dispone de un total de ocho silos, dos de los cuales se utilizan para almacenar la pasta molida, resultado de las pastas de producción que por algún motivo no pudieron salir al mercado pero cuyo consumo no resulta un riesgo para la salud. Esta pasta, se usa como vehículo de los polvos de las formulaciones para facilitar su incorporación a la semolina.

En otros dos silos, se almacenan las dos diferentes formulaciones que maneja la compañía para la producción de pasta, mismas que están aprobadas por las autoridades sanitarias.

Una vez que se recibe la semolina, el primer paso es confirmar que cumpla con las especificaciones que previamente se establecieron entre la Industria Pastera y el Molino de Trigo, dicho trabajo es realizado por el Departamento de Control de Calidad de la Industria Pastera. Si la semolina cumple con las especificaciones, se almacena en los cuatro silos restantes, de lo contrario se rechaza.

El proceso comienza con la limpieza de la materia prima que consiste en eliminar las impurezas que la acompañen, como pueden ser clavos, tornillos o grumos grandes, pero no elimina salvadillo. Para llevar a cabo este trabajo, se dispone de cepilladoras conectadas a los silos que consisten en magnetos y zarandas.

Posteriormente, la pasta molida se mezcla con los polvos de las formulaciones y se incorpora a la semolina.

El proceso de producción de pasta tiene una duración de 20 a 25 min. a partir de que la semolina se mezcla con el agua hasta que sale la pasta seca. El proceso inicia con la mezcla de semolina (y formulación) con una cantidad de agua establecida por el laboratorio de Control de Calidad con base en el porcentaje de humedad inicial de la semolina, a una temperatura de 35-40°C (acción que se regula manualmente).



La mezcla de agua y semolina se lleva a cabo a presión atmosférica y la temperatura se eleva hasta 42°C. Enseguida la mezcla se pasa a un extrusor que trabaja a presión de vacío y a temperatura de 24°C; dicha temperatura no debe aumentar pues de lo contrario, las proteínas del gluten podrían desnaturalizarse provocando que el gluten se dañe, obteniéndose así pastas de mala calidad. Posteriormente el extrudido es forzado a pasar por los moldes a una presión de 100bar.

Los moldes le dan forma a la pasta, así pues los hay de muchas formas, en general están hechos de cobre con recubrimiento de teflón, éstos moldes tienen la ventaja de que el cobre es más maleable aunque un poco delicado y el teflón evita que la pasta se pegue.

En el momento en el que la pasta sale de los moldes, empieza el secado que consta de tres partes que se explican en la siguiente tabla:

<i>ETAPA</i>	<i>DURACIÓN (minutos)</i>	<i>TEMPERATURA (°C)</i>	<i>%HUMEDAD CON QUE SALE LA PASTA DESPUÉS DE CADA ETAPA</i>
Prensa(salida de moldes)			28-30
Trabato(secado inicial rápido)	3-5	75-80	25
Presecado	60-90	60-70	18
Secado	90-150	40-50	12

Después del último paso de secado, se realiza el empaque de la pasta en bolsas de polietileno, proceso que se realiza por medio de un sistema de balanzas que pesan el producto y lo depositan en bolsas que posteriormente se sellan.

Cabe resaltar que el proceso es controlado por computadora y tanto tiempos y temperaturas como gluten son monitoreados y registrados en bitácoras para llevar a cabo un mejor control de la producción.



Como podemos observar, seguir adecuadamente cada uno de los pasos para la elaboración de pastas es muy importante ya que tanto éste como la materia prima, influyen de manera relevante sobre la calidad del producto final. Enseguida, se comentará sobre la importancia de cada uno de ellos.

1. Mezclado y Amasado.

Durante el mezclado se forman bolas de masa de 1 pulgada de diámetro, aproximadamente. El tamaño de estas bolas, proporciona un indicio de la cantidad de agua correcta, ya que un exceso de agua produce bolas más grandes pudiendo llegar a formarse una masa continua, mientras que la falta de agua produce bolas más pequeñas.

El amasado tiene como objeto la formación del gluten y depende del manejo de las siguientes variables:

- *Temperatura del agua de amasado*: afecta directamente el tiempo de amasado. A mayor temperatura, la hidratación de las partículas se favorece con un menor tiempo de formación de gluten. La temperatura del agua no debe ser mayor de 45°C de lo contrario se podría favorecer una reacción de gelatinización que tendría como resultado la fabricación de una pasta de mala calidad (5,15).
- *Velocidad y tiempo de amasado*: Tiene una duración de 20 a 30min y empieza con la dosificación, mezcla y termina con la extrusión. Durante este tiempo, el amasado deberá alcanzar la formación completa del gluten con un 30% de humedad y sin alcanzar reacciones de gelatinización. Si el tiempo de 30min. se sobrepasa, se originará un excesivo desarrollo del gluten que ocasionará un mezclado chidoso de difícil manejo, llegando inclusive al rompimiento del mismo. Igualmente afecta un mezclado débil, es decir, cuando el tiempo óptimo de formación del gluten no llegó a su fin, produciendo un amasado sin un buen desarrollo del gluten provocando una pasta débil que sufrirá alteraciones durante el proceso de secado (19).
- *Vacío*: tiene la función de evitar los siguientes problemas de calidad en el producto:
 - a) Evita la formación de burbujas de aire en la masa, limitando así la oxidación de los pigmentos. La lipoxidasa es una enzima que cataliza la peroxidación de los ácidos



grasos insaturados con el sistema cis,cis-1,4 pentadieno (como el ácido linoléico) para formar monohidroperóxidos conjugados, los cuales posteriormente reaccionan con los pigmentos carotenoides, resultando en la pérdida de los cromóforos. Además, también se ha reportado que oxida directamente a los carotenoides. En todas las harinas hay cierta actividad de esta enzima, pero en general, en los trigos cristalinos presentan un bajo nivel de actividad y contienen cantidades muy inferiores respecto a los trigos comunes. Sin embargo, si la enzima encuentra las condiciones necesarias para su actividad - ácidos grasos libres insaturados y oxígeno- oxidará los pigmentos carotenoides ocasionando la pérdida de color en el producto. Y debido a que la semolina cuenta con ácidos grasos libres, es necesario evitar la presencia de oxígeno durante este proceso.

- b) La presencia de burbujas de aire en la pasta, da al producto una apariencia yesosa y opaca y, afecta las propiedades mecánicas, pues las burbujas de aire constituyen un punto de debilidad en el producto desecado (2,15,34).

2. Extrusión.

Es la parte vital del proceso de elaboración de pastas alimenticias. El extrusor (Figura 4), convierte la masa en una masa homogénea. Es importante controlar la temperatura, para mantenerla a 40°C o por debajo de 45°C, de lo contrario, las proteínas podrían desnaturalizarse y, por lo tanto, obtener un producto de mala calidad. Durante la extrusión, también se empuja la masa hacia el molde y se controla la velocidad de producción, que influye sobre la calidad del producto. (2,36).

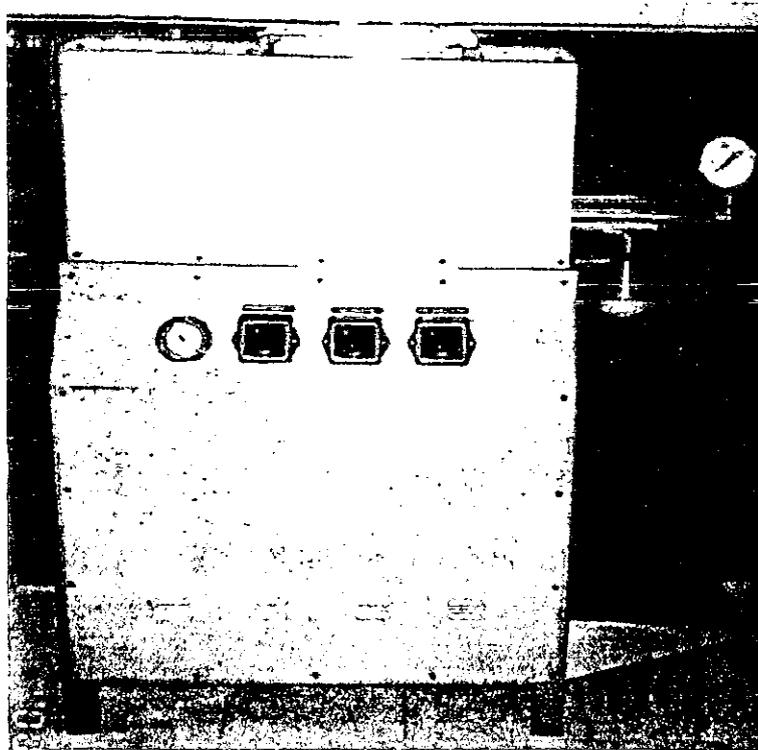


Figura 4. -EXTRUSOR EXPERIMENTAL.

3. Moldeo.

Como se mencionó al principio de este capítulo, existe una gran variedad de pastas, de diferentes tamaños y formas, y para elaborarlas se cuenta con un gran número de moldes (Figura 5), los cuales se colocan al final del extrusor.

Los moldes o boquillas, se fabrican de diferentes materiales como son: bronce o acero inoxidable, con o sin cubierta de teflón.

Los moldes de bronce, tienen la desventaja de que se desgastan rápidamente. Además, el producto es abrasivo y desgasta el molde obteniéndose así productos deformados. Finalmente, los moldes deben ser limpiados perfectamente o congelados cuando no se encuentran en uso, ya que las bacterias, al usar la masa como sustrato, podrían producir ácidos que dañarían al molde. Los moldes de bronce cubiertos de teflón,



ofrecen la ventaja de extender la vida del mismo y mejoran la calidad del producto en lo que respecta a la uniformidad superficial del producto y a su apariencia.

Los moldes de acero inoxidable, producen pastas más lisas y de color más amarillo, además de que son fáciles de limpiar y conservar.

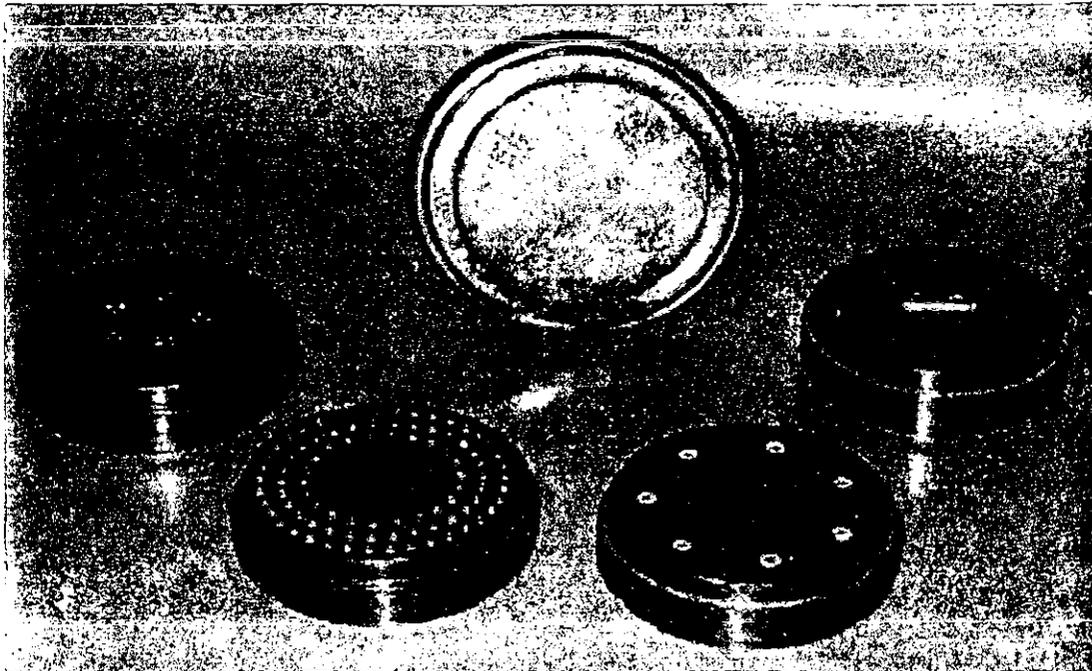


Figura 5. MOLDES DEL EXTRUSOR EXPERIMENTAL PARA DIFERENTES PASTAS.

4. Secado.

Es importante secar la pasta muy cuidadosamente, pues si se seca demasiado rápido podría cuartearse, agrietarse o quebrarse y, si se seca demasiado lento podría conducir al desarrollo de hongos, agriamiento o decoloración.

El cuarteamiento o agrietamiento de la pasta, le confiere opacidad y disminuye su resistencia. Las cuarteaduras son ocasionadas por la contracción diferencial al eliminar deficientemente el agua del producto (2,15,36).



Existen diferentes alternativas de secado, cada una de las cuales, presenta diferentes condiciones dependiendo del tipo de pasta que se desee secar como se muestra a continuación:

PROCESOS	PASTAS CORTAS		PASTAS LARGAS	
	Tiempo (h)	Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Temperatura (°C)
CTD ¹	8	55	16	55
HTD ²	4.5	55-75	10	55-75
VHTD ³	2.5	74-100	5.5	74-100

Fuente: Lorenz,1991.

¹CTD: Conventional Temperature Drying, Temperatura Convencional de Secado.

²HTD: High Temperature Drying, Temperatura Alta de Secado.

³VHTD: Very High Temperature Drying, Muy Alta Temperatura de Secado.

El secado consiste en diferentes etapas: Presecado Inicial, Presecado y Secado final.

- *Presecado Inicial:* se lleva a cabo después de la extrusión y consiste en desecar rápidamente la superficie de la pasta, lo que causa un endurecimiento superficial, evitándose la pérdida de forma. Además, le confiere cierta resistencia y disminuye el peligro de contaminación microbiana. Generalmente, elimina un 40% de la humedad total de la pieza.

Posteriormente, se procede a un período (2-4h horas, aproximadamente) de que consiste en mantener al producto bajo una atmósfera húmeda (90% de humedad relativa), para permitir que la humedad de la pieza se uniformice.



- *Presecado*: es la parte más delicada, sus objetivos son:
 - a) Remover grandes cantidades de agua en un tiempo relativamente corto, para evitar la fermentación, lo cual daña al producto;
 - b) Hacer la pasta elástica y prácticamente a prueba de deformación durante las etapas posteriores;
 - c) Calentar la pasta a una temperatura alta para secarla más fácilmente y también protegerla del peligro de enmohecimiento
 - d) Incrementar la velocidad del proceso del secado.

- *Secado final*: tiene tres propósitos:
 1. Llevar el contenido de humedad final del producto a alrededor de 12-12.5%;
 2. Balancear los contenidos residuales de agua de las partes internas y externas de las formas de pasta sin agrietar o producir cualquier tipo de rayas en la pasta y
 3. Evitar la fabricación de pasta ácida o mohosa (8).

Las condiciones propuestas en la tabla, son sugerencias y pueden haber variaciones a las mismas, dependiendo del equipo con el que se cuente y, principalmente, de cuales condiciones resultan ser las más apropiadas para obtener un producto de buena calidad.

En las siguientes figuras se ilustra un equipo de secado con control de temperatura y humedad relativa, así como la pasta en proceso de secado.



Figura 6 A. SECADOR EXPERIMENTAL.

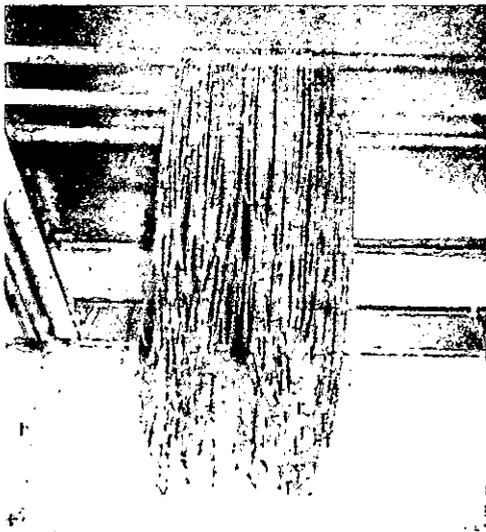
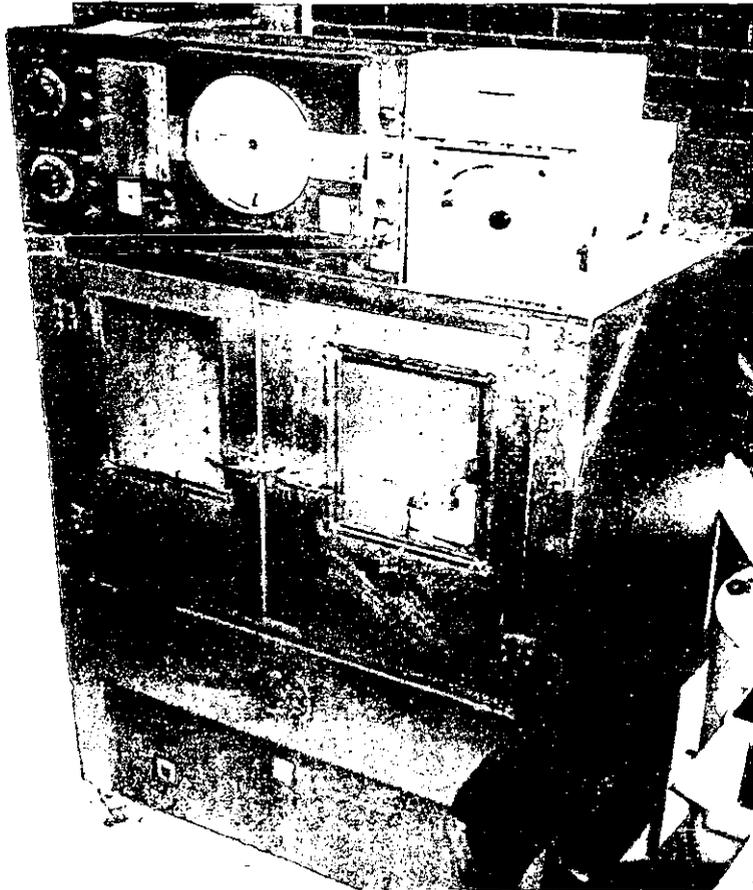


Figura 6 B. ESPAGUETI EN EL SECADOR



Figura 6 C. COLOCACIÓN DEL ESPAGUETI.



5. Empacado.

Existe una gran variedad de empaques para las pastas, de diferentes formas, tamaños y materiales.

Los empaques deben proteger al producto de contaminación por microorganismos e insectos y de cualquier daño físico durante su almacenamiento y manejo. Además, deben permitir que el consumidor aprecie el producto.

El celofán es un material muy usado para empacar pastas, protege de daños por insectos y de la humedad ambiental, además exhibe muy bien al producto ante el consumidor.

El polietileno de baja densidad ofrece las mismas ventajas que el celofán, sin embargo no exhibe muy bien el producto.

Algunos productores prefieren, además de bolsas de celofán o polietileno, cajas de cartón. Las cajas protegen más eficientemente al producto de cualquier daño físico, al mismo tiempo que facilitan su apilamiento y venta, además, es más fácil imprimir sobre una caja que sobre las bolsas.

6.4 ELABORACIÓN DE PASTAS A NIVEL LABORATORIO.

6.4.1 MÉTODO MANUAL (53).

MATERIAL Y APARATOS.

1. Balanza granataria.
2. Probeta de 100ml.
3. Bolsas de plástico.
4. Procesador casero de pastas marca Marcato, que consiste en un sistema de rodillos lisos con 7 diferentes niveles de abertura de los rodillos y con un sistema de rodillos



acanalados para el corte en forma de espagueti. O bien, un procesador de pastas con moldes para obtener diferentes formas de pasta, pudiendo contar con un laminador con motor, como es el caso de la serie Marcato.

PROCEDIMIENTO.

1. Se pesan 100g de muestra de semolina y se mezclan con 45ml de agua purificada por 10min empleando la parte baja de la palma de las manos únicamente.
2. Enseguida se introduce la mezcla homogénea a una bolsa de plástico y se deja reposar por 10 min.
3. Después del reposo, se procede al primer laminado, el cual se lleva a cabo en un aparato para la producción casera de pastas marca Marcato. El primer laminado se realiza con la abertura número 1.
4. Se procede a un segundo reposo de 10min para cada lado de la lámina.
5. Posteriormente, se lamina gradualmente hasta la abertura de rodillos número 5 y se deja reposar nuevamente 10min cada lado de la lámina.
6. Se procede entonces cortar la lámina en fragmentos de 30 cm y pasar cada uno por los rodillos acanalados (o moldes) para la formación del espagueti u otro tipo de pasta.
7. Se deja secar la pasta formada, en condiciones ambientales sobre una superficie plana por 24 horas.

6.4.2 MÉTODO A MACRO ESCALA (4).

MATERIAL Y APARATOS.

1. Mezclador.
2. Extrusor pequeño que tenga sistema de vacío y control de temperatura.
3. Molde para pasta que se adapte al final del extrusor.
4. Gabinete de secado con control de temperatura y humedad.



PROCEDIMIENTO.

1. Determinar la cantidad de semolina y agua a utilizar mediante las siguientes fórmulas:

$$\text{Agua (ml)} = A (H_p - H_s) / 100 - H_s$$

$$\text{Semolina (g)} = A - \text{ml de agua}$$

Donde:

H_s = contenido de humedad de la semolina,

H_p = contenido de humedad deseado en la masa (normalmente 31.5% de humedad),

A = peso del lote de masa antes del mezclado.

2. Colocar el lote de semolina a temperatura ambiente en el mezclador, empezar el mezclado a baja velocidad y después de 30seg adicionar la cantidad de agua destilada calculada en el paso anterior. Cambiar entonces a velocidad máxima de mezclado y mezclar por 4min.
3. Colocar el extrusor bajo las siguientes condiciones:
Temperatura del tubo de extrusión: 50°C.
Vacío: menor a 45cm de Hg
Velocidad de extrusión: 20 r.p.m.
Absorción de la pasta: 31.5% (o la óptima).
4. A la salida del molde, pasar la pasta al gabinete de secado y mantenerla allí durante 1.5h a 40°C y a 92% de humedad relativa (Nota 1).

NOTAS.

1. Las condiciones de proceso y secado pueden variarse dependiendo de las características de la semolina con el fin de obtener pastas de buena calidad.



6.5 MÉTODOS PARA EVALUAR LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DE LAS PASTAS.

6.5.1 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS PASTAS CRUDAS.

6.5.1.1 COLOR.

Las pastas no cocinadas o crudas deben presentar color amarillo translúcido y uniforme. Como se había mencionado, los pigmentos son responsables del color de las pastas. El consumidor está acostumbrado a que las pastas que consume presenten color amarillo (el cual varía de tonalidad dependiendo de la región geográfica) y asocia una tonalidad más intensa con una pasta de mejor calidad, de ahí su importancia(15).

6.5.1.1.1 MÉTODO COLORIMÉTRICO (4)

La observación visual normalmente no proporciona datos precisos o lo suficientemente confiables del color del espagueti cuando se trata de una investigación o de control de calidad. Cuando el color debe ser expresado en términos de valores objetivos, se puede emplear un colorímetro fotoeléctrico. Con este aparato, es posible establecer el color del espagueti en términos de su brillo relativo y amarillo o un valor único de color.

APLICACIONES.

Ésta técnica se puede aplicar a espagueti crudo y otras pastas largas.

MATERIAL Y APARATOS.

1. Colorímetro fotoeléctrico de reflectancia preciso equipado con filtros ópticos (con los colores primarios: rojo, verde y azul).
2. Estándar blanco de óxido de magnesio, reflectancia 100%.
3. Estándar negro, reflectancia 0%, o bien podría usarse una hoja o papel fotográfico negro.



PROCEDIMIENTO.

1. Calibrar el colorímetro.
 - a) Colocar el estándar blanco de óxido de magnesio sobre toda el área de lectura del colorímetro; ajustar el aparato a una lectura 100% de reflectancia en las escalas del rojo, verde y azul (Nota 1).
 - b) De igual manera, colocar el estándar negro sobre toda la superficie de lectura del aparato y ajustar el colorímetro a 0% de reflectancia para las escalas de rojo, verde y azul.
 - c) Repetir los pasos a) y b) hasta que las lecturas de 0 y 100 % de reflectancia se registren sin necesidad de emplear los estándares.
2. Leer el color de la pasta.
 - a) Cubrir toda el área de lectura del aparato con una capa de hebras de espagueti y sostenerla firmemente en esa posición con el 0% de reflectancia cubierto, de tal manera que el espagueti sea leído contra un fondo negro (Nota 2).
 - b) Leer el porcentaje de reflectancia en las escalas del verde (valor Y) y del azul (valor Z).

CÁLCULOS.

1. Convertir los valores de Y, y Z a valores de brillo (L%) y de amarillo (b%), empleando las siguientes ecuaciones:

$$L (\text{brillo}) = 10 \sqrt{Y}$$

$$b (\text{amarillo}) = \frac{7 (Y - Z\%)}{Y}$$

NOTAS.

1. El estándar blanco de óxido de magnesio debe ser preparado diariamente o cada que se realice la prueba para tener una superficie fresca.



2. El espagueti debe estar derecho, de diámetro uniforme (0.5 a 0.8 pulgadas), colocado de tal manera que forme una sola capa sin superposiciones y leído contra un fondo negro.

(Se deben seguir las anteriores recomendaciones para obtener resultados reproducibles).

6.5.1.1.2 MÉTODO ESPECTROFOTOMÉTRICO (4).

APLICACIONES.

Ésta técnica se puede aplicar en pastas en general.

MATERIAL Y APARATOS.

1. Espectrofotómetro de reflectancia con óxido de magnesio. El disco de óxido de magnesio debe ser preparado diariamente. Se prefiere que el soporte de la muestra sea de tipo horizontal más que de forma vertical, ya que se trata de una muestra en forma de semolina.
2. Molino para moler la muestra de pasta. Éste debe ser capaz de producir una cantidad suficiente de material cuyo tamaño se encuentre dentro del rango normal del tamaño de partícula de la semolina y sin que haya sufrido daño o calor excesivo debido a la fricción.
3. Tamices de Malla No.40 y 80.

PROCEDIMIENTO.

1. Romper una porción representativa de muestra a evaluar en trozos tales que puedan ser alimentados sin problema al molino.
2. Tamizar el material molido por 10 min. y tomar la fracción que pase a través de la malla No. 40 y la que se retenga en la malla No. 80. Ambas fracciones deberán representar aproximadamente el 73% de la muestra de pasta inicial; el 15%, la fracción gruesa y el 12% (dependiendo de la programación del molino), la fracción fina.
3. La cantidad de material obtenido debe ser suficiente como para que se llene el soporte de la muestra completamente. Nivelar la superficie de la muestra en el soporte con una regla.



4. Tomar la lectura del aparato.

CÁLCULOS.

La Tabla 1 del Anexo 7, muestra 30 longitudes de onda que son usadas para el Método "Ten Selected Ordinate". Arreglados en tres columnas para determinar los valores X, Y y Z de la muestra. El método propuesto es para una muestra cuyo color tiene su máximo en longitudes de onda de 575 a 577 nm, el cual es el rango para las pastas.

1. Calcular los valores X, Y y Z de la suma de las medidas de reflectancia por columna, multiplicar por los factores indicados en la Tabla 1.
2. De esos valores, obtener los coeficientes tricromáticos, (x, y) de la muestra empleando las siguientes ecuaciones:

$$x = X / (X + Y + Z)$$

$$y = Y / (X + Y + Z)$$

3. Con esos coeficientes y con los Diagramas Cromatográficos para el Iluminante C (Nota 1), se obtiene la longitud de onda dominante y la pureza de la muestra.
4. El brillo relativo de la muestra está dado principalmente por el valor de Y.

NOTAS.

1. Los diagramas se encuentran en el libro Handbook of Colorimetry. Hardy, A.C. 1936. Technology Press, Mass. Inst. of Technology, Cambridge, MA 02139.

6.5.1.2 APARIENCIA.

Es importante llevar a cabo la determinación de la calidad de la pasta cruda ya que es el primer contacto que tiene con el consumidor y éste lo relaciona directamente con la calidad culinaria que presentará la pasta. La pasta cruda, debe tener consistencia dura, ser fuerte mecánicamente, de tal manera que conserve su tamaño y forma durante el empaque



y transporte. No debe presentar agrietamientos o cuarteaduras, burbujas o puntos blancos en su superficie y al romper, la fractura debe ser vítrea, uniforme y sin la producción de astillas. Las pastas de mala calidad tienen un color opaco pudiendo incluso presentar un matiz gris, y se rompen con facilidad produciendo astillas o pequeños fragmentos de pasta (22).

Las características de calidad de la pasta cruda se evalúan por inspección visual y son: la presencia de pasta estrellada, con burbujas, apelmazada y con puntos blancos en su superficie. La presencia de alguno o más de estos factores, ocasionarán que la pasta presente características de calidad culinaria indeseables, como son: altos porcentajes de sedimentación y pasta frágil, principalmente.

6.5.1.2.1 PASTA ESTRELLADA (19).

Se presenta en forma de cuarteaduras en la superficie de la pasta y es el resultado de un proceso de secado deficiente. No debe exceder el 5% en una pasta para poder ser considerada de calidad aceptable.

MATERIAL Y APARATOS.

1. Balanza granataria.
2. Lupa.

PROCEDIMIENTO.

1. Se pesan 100g de pasta cruda y por medio de inspección visual, se determina y pesa la cantidad (por pieza) de pasta que presentó cuarteaduras en su superficie.

CÁLCULOS.

$$\% \text{ Pasta estrellada} = \frac{\text{Peso en gramos de la pasta cuarteada}}{100\text{g de pasta cruda}} \times 100$$

**6.5.1.2.2 PASTA CON BURBUJAS (19).**

Es producto de un proceso carente de vacío o con un vacío deficiente y se presenta en forma de burbujas en la superficie de la pasta provocando un producto áspero y frágil. No debe exceder el 5%.

MATERIAL Y APARATOS.

1. Balanza granataria.
2. Lupa.

PROCEDIMIENTO.

1. Se pesan 100g de pasta cruda y por medio de inspección visual, se determina y pesa la cantidad (por pieza) de pasta que presentó burbujas de aire en su superficie.

CÁLCULOS.

$$\% \text{ Pasta sin vacío} = \frac{\text{Peso en gramos de la pasta con burbujas}}{100\text{g de pasta cruda}} \times 100$$

6.5.1.2.3 PASTA APELMAZADA (19).

Es el resultado de un proceso de secado inadecuado lo que provoca la formación de masas sin forma o de pastas (hebras o figuras) pegadas unas con otras. No debe presentarse (19).

MATERIAL Y APARATOS.

1. Balanza granataria.
2. Lupa.

**PROCEDIMIENTO.**

1. Se toma una muestra de 100g de pasta cruda y por medio de inspección visual, se determina y pesa la cantidad (por pieza) de pasta que se encuentre pegada o formando masas sin forma.

CÁLCULOS.

$$\% \text{ Pasta apelmazada} = \frac{\text{Peso en gramos de la pasta apelmazada}}{100\text{g de pasta cruda}} \times 100$$

6.5.1.2.4 PASTA CON PUNTOS BLANCOS EN SU SUPERFICIE (13).

Es el resultado de un mezclado y amasado deficiente, ocasionando que la hidratación de la semolina no fuera uniforme. Este defecto también es ocasionado por el empleo de una semolina de tamaño de partícula muy variado, consistiendo tanto en partículas finas como gruesas, de tal manera que al hidratarse más rápidamente las partículas finas respecto a las gruesas, se origina una hidratación que no es homogénea, lo que durante el secado, se traduce en puntos blancos en la superficie del producto.

MATERIAL Y APARATOS.

1. Balanza granataria.
2. Lupa.

PROCEDIMIENTO.

1. Se toma una muestra de 100g de pasta cruda y por medio de inspección visual, se determina y pesa la cantidad (por pieza) de pasta que presente uno o más puntos blancos en su superficie.

**CÁLCULOS.**

$$\% \text{ Pasta con puntos blancos en su superficie} = \frac{\text{Peso en gramos de la pasta con puntos blancos en su superficie}}{100\text{g de pasta cruda}} \times 100$$

6.5.2 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD CULINARIA DE LAS PASTAS.

La calidad culinaria de una pasta puede ser interpretada de distinta manera, de acuerdo a los hábitos culinarios de los consumidores. Uno de los atributos más importantes de la calidad culinaria de una pasta es la capacidad de este producto para mantener una textura adecuada después de la cocción y no convertirse en una masa espesa y pegajosa.

La calidad culinaria depende de las características intrínsecas del trigo *durum* usado y de las condiciones de proceso.

Las pruebas de calidad culinaria varían de país en país. Generalizando, las pruebas que se suelen llevar a cabo son las siguientes (1,2). Es importante mencionar que todas las pruebas se realizan de manera consecutiva en una sola sesión de trabajo para una muestra de pasta en particular.

6.5.2.1 CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DURANTE EL COCIMIENTO.**6.5.2.1.1 TIEMPO DE COCIMIENTO (MIN).**

Es el tiempo empleado para la total gelatinización del almidón presente en la pasta (13). La pasta debe tolerar un calentamiento en agua a ebullición por un tiempo de 10min, manteniendo su forma y sin ponerse pegajosa ni desintegrarse. Debe quedar firme al mordisco, es decir, "al dente" (15,16,22).

**6.5.2.1.1.1 MÉTODO DE LOS 12min. (13).****MATERIAL Y APARATOS.**

1. Balanza granataria.
2. Cronómetro.
3. Parrilla.
4. Probeta de 100ml.
5. Olla de aluminio de 1L de capacidad con tapa.
6. 2 vidrios de reloj.
7. Agitador de vidrio o tenedor.

PROCEDIMIENTO.

1. Pesar 100g de pasta seca y en piezas enteras.
2. Poner en una olla, 100ml de agua y llevarla a ebullición.
3. Una vez que el agua ha alcanzado la temperatura de ebullición, se vierte la pasta pesada en la olla y en ese momento se toma el tiempo.
4. Enseguida se tapa la olla por 12min para evitar pérdida de agua por evaporación.
5. Cada minuto, a partir de los 12min. de calentamiento, se toma una muestra de pasta y se procede a verificar su cocimiento de la siguiente manera: la muestra de pasta se oprime entre dos vidrios de reloj, la presencia de puntos blancos en el vidrio es señal de que la pasta no está completamente cocida, por lo que requiere de mayor tiempo de cocimiento. Una vez que en el vidrio no se presenten puntos blancos, se registra el tiempo, el cual se toma como el **Tiempo de Cocimiento**.

6.5.2.1.1.2 MÉTODO DE LOS 5min (12).**MATERIAL Y APARATOS.**

1. Balanza granataria.
2. Cronómetro.
3. Parrilla eléctrica.
4. Probeta de 1000ml.
5. Olla de aluminio de 2L de capacidad.
6. 2 vidrios de reloj.



7. Agitador de vidrio o tenedor.

PROCEDIMIENTO.

1. Pesar 100g de pasta seca y en piezas enteras.
2. Poner en una olla, 1000ml de agua y llevarla a ebullición.
3. Una vez que el agua haya alcanzado la temperatura de ebullición, se vierte la pasta pesada en la olla y en ese momento se toma el tiempo. La pasta se mueve al principio del cocimiento para evitar que se pegue.
4. Cada minuto, a partir de los 5min. de calentamiento, se toma una muestra de pasta y se procede a verificar su cocimiento como en el Método 1.

6.5.2.1.1.3 MÉTODO DEL MINUTO (14).

MATERIAL Y APARATOS.

1. Olla de aluminio de 1L de capacidad con las siguientes dimensiones: 26cm de diámetro externo, 0.0762cm de espesor de la lámina y 9cm de altura.
2. Balanza granataria.
3. Estufa de gas.
4. Tenedor o agitador.
5. Cronómetro.
6. Probeta de 1L.

PROCEDIMIENTO.

1. Pesar 100g de pasta seca y en piezas enteras.
2. Poner en la olla, 1000ml de agua y llevarla a ebullición.
3. Una vez que el agua haya alcanzado la temperatura de ebullición, se vierte la pasta pesada en la olla y en ese momento se toma el tiempo.
4. Cada minuto, se toma una muestra de pasta y se procede a verificar su cocimiento como en el Método 1.

**6.5.2.1.1.4 MÉTODO DE LOS 10min (14).****MATERIAL Y APARATOS.**

1. Olla de aluminio de 2L de capacidad con tapa.
2. Balanza granataria.
3. Estufa de gas.
4. Tenedor y agitador de vidrio.
5. Cronómetro.
6. Probeta graduada de 1L.
7. 2 vidrios de reloj.
8. Embudo Buchner de 15cm. de diámetro de polipropileno.

PROCEDIMIENTO.

1. Pesar 100g de una muestra (cortada en trozos de una longitud de 12.3cm. para el caso de pastas largas).
2. Poner en la olla, 1000ml de agua y tapar la olla. Calentar hasta llegar a la temperatura de ebullición.
3. Una vez alcanzada la temperatura de ebullición, se adiciona la muestra y se registra el tiempo, a partir del cual se dejan transcurrir 10min. A los 3min, de haber iniciado la cocción, se agita cuidadosamente por 15seg.
4. A los 10min. de cocción exactamente, se retira la olla del fuego y se vierte la pasta en un embudo Buchner colocado en una probeta graduada de 1L, se deja escurrir la pasta por 10min.
5. Se toma 3 hilos de pasta de diferentes partes del embudo (centro, superficie, lados) y se procede a determinar si la pasta está cocida o no empleando los vidrios de reloj como en el Método 1. Este paso se repite un mínimo de 5 veces.
6. Si la pasta no se encuentra completamente cocida, se repite todo el procedimiento dejando cada vez 1min. más de cocción y en caso de que la pasta presente sobrecocimiento, se repite la operación restando 1min. de cocimiento.
7. Registrar el tiempo de cocimiento de la pasta.

**6.5.2.1.2 PORCENTAJE DE SEDIMENTACIÓN (%).**

Es el volumen en mililitros que ocupa el sedimento producido por la pasta durante el cocimiento. Este sedimento está constituido principalmente por almidón perdido por la pasta por efecto de la cocción y un menor porcentaje de éste indica una mayor calidad del gluten y por tanto de semolina. El agua de cocción debe quedar libre de almidón.

6.5.2.1.2.1 MÉTODO DE SEDIMENTACIÓN LIBRE (53).**MATERIAL Y APARATOS.**

1. Balanza granataria.
2. Cronómetro.
3. Probeta de 100ml.
4. Coladera.
5. Vaso de precipitados de 2L.
6. Un agitador de vidrio.

PROCEDIMIENTO.

1. Se pesan 100g de pasta y se cuecen de acuerdo a las condiciones establecidas en la prueba de Tiempo de Cocimiento que se haya seleccionado.
2. Una vez finalizado el proceso de cocción, se separa la pasta del agua de cocción con ayuda del colador y, con el agitador de vidrio, se homogeneiza el agua por 1min.
3. Posteriormente se toman 100ml del agua de cocimiento y se depositan en una probeta de 100ml, se deja reposar por 3h y se lee el porcentaje de sedimentación que es equivalente a los mililitros que abarca el sedimento blanco en la probeta.
4. El resultado se expresa en porcentaje.

6.5.2.1.2.2 MÉTODO DE SEDIMENTACIÓN FORZADA (13,14).**MATERIAL Y APARATOS.**

1. Embudo Buchner de porcelana.
2. Probeta graduada de 1L.
3. Centrífuga.



4. Tubos graduados para centrifuga.
5. Botella de vidrio o plástico con tapa de 1L de capacidad.
6. Cronómetro.

PROCEDIMIENTO.

1. Se pesan 100g de pasta y se cuecen de acuerdo a las condiciones establecidas en la prueba de Tiempo de Cocimiento que se haya seleccionado.
2. Una vez cocida la pasta, se deja escurrir sobre un embudo Buchner de porcelana, colocado sobre una probeta de vidrio de 1L, la pasta se deja escurrir por 10min.
3. Se registra el volumen ocupado por el agua de cocimiento en la probeta.
4. Se vacía el contenido de la probeta en una botella, se tapa y se agita vigorosamente por 3min en distintas direcciones.
5. Parte del agua de la botella se vacía en tubos graduados para centrifuga (se recomiendan seis a ocho tubos con capacidad cada uno de 10 a 15ml).
6. Los tubos se colocan en la centrifuga y se centrifuga durante 5min. a 4000 ó 3000 r.p.m..
7. Se toma la lectura de los sedimentos de cada tubo.

CÁLCULOS.

Se calcula el promedio de las lecturas tomadas de cada tubo. Se emplea la relación de los mililitros de muestra de agua de cocimiento que se vació en los tubos (por ejemplo, los 10 ó 15ml que se sugirieron) y se realiza el siguiente cálculo:

$$\% \text{Sedimentación} = \frac{\text{Promedio de la cantidad de Sedimento}}{\text{Volumen de capacidad de cada tubo}} \times \frac{\text{Volumen ocupado por el agua de cocimiento en la probeta}}{\text{Volumen de capacidad de cada tubo}}$$



Donde:

Promedio de la cantidad de sedimento = promedio de las lecturas de sedimentos, tomadas de cada tubo.

6.5.2.1.3 ÍNDICE DE TOLERANCIA AL COCIMIENTO (MIN).

Es el tiempo en minutos en que la pasta empieza a romperse por acción del cocimiento menos su grado de cocimiento. Cuanto más resistente sea la pasta, más tardará en empezar a romperse, lo que está relacionado con características de gluten fuerte y por tanto con una semolina de mejor calidad. La pasta debe ser resistente al exceso de cocción.

Para llevar acabo el Índice de Tolerancia al Cocimiento es necesario determinar primero el tiempo de cocimiento y bajo las condiciones de cocimiento establecidas, se continúa con esta prueba.

6.5.2.1.3.1 MÉTODO DE LOS FRAGMENTOS (53).

MATERIAL Y APARATOS.

1. Material utilizado en la prueba de Tiempo de Cocimiento seleccionada.

PROCEDIMIENTO.

1. Se pesan 100g de pasta y se cuecen de acuerdo a las condiciones establecidas en la prueba de Tiempo de Cocimiento que se haya seleccionado.
1. Se continúa la cocción de la pasta en las mismas condiciones de la prueba de Tiempo de Cocimiento hasta que se observen al menos tres fragmentos de pasta rota y entonces se registra el tiempo que corresponde al tiempo de desintegración de la pasta.

CÁLCULOS.

$$\text{Índice de tolerancia al cocimiento (min)} = \text{Tiempo de desintegración de la pasta} - \text{Tiempo de cocimiento}$$



6.5.2.1.3.2 MÉTODO DE LAS TRES PIEZAS (13).

MATERIAL Y APARATOS.

1. Material utilizado en la prueba de Tiempo de Cocimiento seleccionada.

PROCEDIMIENTO.

1. Se pesan 100g de pasta y se cuecen de acuerdo a las condiciones establecidas en la prueba de Tiempo de Cocimiento que se haya seleccionado.
2. Cada minuto después del Tiempo de Cocimiento de la pasta, se toma con un tenedor una muestra de tres piezas de pasta y se registra el tiempo en el que se trocen, el cual corresponde al tiempo de desintegración de la pasta.

CÁLCULOS.

$$\text{Índice de tolerancia al cocimiento (min)} = \text{Tiempo de desintegración de la pasta} - \text{Tiempo de cocimiento}$$

6.5.2.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE CALIDAD DE LAS PASTAS COCIDAS.

6.5.2.2.1 GRADO DE ABSORCIÓN (13).

Es la cantidad de agua absorbida por el producto durante su cocimiento. Un buen producto absorbe por lo menos el doble de su peso de agua (13).

MATERIAL Y APARATOS.

1. Material necesario para la prueba de Tiempo de Cocimiento seleccionada.
2. Embudo Buchner de porcelana o de polipropileno.
3. Probeta de 1L de capacidad de vidrio o de plástico.

PROCEDIMIENTO.

1. Se pesan 100g de pasta y se cuecen de acuerdo a las condiciones establecidas en la prueba de Tiempo de Cocimiento que se haya seleccionado.



2. Una vez cocida la pasta, se deposita en un embudo Buchner colocado sobre una probeta de 1L de capacidad.
3. Se deja escurrir la pasta por 10min. y se pesa.

CÁLCULOS.

$$\text{Grado de Absorción (\%)} = \frac{(P_{pc} - P_{ps})}{P_{ps}} \times 100$$

Donde:

P_{ps} es el peso de la pasta seca o cruda, que corresponde a 100g.

P_{pc} es el peso de la pasta cocida y escurrida.

6.5.2.2.2 GRADO DE HINCHAMIENTO:

Los productos de buena calidad se hinchan de tres a cuatro veces su volumen original o al menos debe hincharse al doble de su volumen (14,16,22).

6.5.2.2.2.1 MÉTODO DEL VOLUMEN ABSORBIDO (13).

MATERIAL Y APARATOS.

1. Material utilizado en la prueba de Tiempo de Cocimiento seleccionada.
2. Embudo Buchner de porcelana o polipropileno.
3. 2 probetas de vidrio graduadas de 1L de capacidad.

PROCEDIMIENTO.

- Determinación del volumen de la pasta cruda.
 1. Pesar 100g de pasta seca y entera (P_1).
 2. Depositar la pasta pesada en una probeta de 1L que contenga 600ml de agua (V_{1ps}).
 3. Registrar el volumen alcanzado por el desplazamiento del agua debido a la pasta (V_{2ps}).



4. Depositar el contenido de la probeta en un embudo Buchner, dejar escurrir 10min. y pesar (P_2).
5. Calcular el volumen de la pasta cruda de la siguiente manera:

$$\text{Volumen absorbido} = P_2 - P_1$$

Donde:

Volumen absorbido es la cantidad de agua expresada en mililitros que absorbió la pasta seca durante la prueba para determinar su volumen.

$$\text{Volumen de la pasta cruda} = (V_{2ps} - V_{1ps}) + \text{Volumen absorbido}$$

- Determinación del volumen de la pasta cocida.
 1. El producto cocido mediante alguno de los métodos indicados para la prueba de Tiempo de Cocimiento y escurrido por 10min, se introduce en probeta de 1L que contenga 600ml de agua (V_{1pc}).
 2. Registrar el volumen alcanzado por el desplazamiento del agua debido a la pasta cocida (V_{2pc}).
 3. Calcular el volumen de la pasta cocida de la siguiente manera:

$$\text{Volumen de pasta cocida} = V_{2pc} - V_{1pc}$$

CÁLCULOS.

$$\text{Grado de Hinchamiento}(\%) = \frac{(\text{Volumen de pasta cocida} - \text{Volumen de pasta cruda})}{\text{Volumen de pasta cruda}} \times 100$$

**6.5.2.2.2 MÉTODO SIMPLE (14).****MATERIAL Y APARATOS.**

1. Material utilizado en la prueba de Tiempo de Cocimiento seleccionada.
2. Embudo Buchner de porcelana o polipropileno.
3. 2 probetas de vidrio de 1L de capacidad.

PROCEDIMIENTO.

- Determinación del volumen de la pasta cruda.
 1. Se pesan 100g de una muestra de pasta seca, cortada en trozos de (12.3cm de longitud para el caso de las pastas largas).
 2. Se introduce la pasta pesada, de un solo golpe a una probeta de 1L que contiene 500ml de agua (V_{1ps}).
 3. Se le dan unos pequeños golpes a la probeta para eliminar las burbujas de aire y se registra el volumen de desplazamiento del agua por efecto de la pasta (V_{2ps}).
 4. Calcular el volumen de la pasta cruda de la siguiente manera:

$$\text{Volumen de la pasta cruda} = (V_{2ps} - V_{1ps})$$

- Determinación del volumen de la pasta cocida.
 1. El producto cocido mediante alguno de los métodos indicados para la prueba de Tiempo de Cocimiento y escurrido por 10min, se introduce en probeta de 1L que contenga 500ml de agua (V_{1pc}).
 2. Se eliminan las burbujas de aire de la probeta y registrar el volumen alcanzado por el desplazamiento del agua debido a la pasta cocida (V_{2pc}).
 4. Calcular el volumen de la pasta cocida de la siguiente manera:

$$\text{Volumen de pasta cocida} = V_{2pc} - V_{1pc}$$



CÁLCULOS.

$$\text{Grado de Hinchamiento(\%)} = \frac{(\text{Volumen de pasta cocida} - \text{Volumen de pasta cruda})}{\text{Volumen de pasta cruda}} \times 100$$

6.5.2.3 CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DE CALIDAD DE LAS PASTAS COCIDAS.

Por ser pruebas sensoriales requieren de un panel de jueces, que por la naturaleza y dificultad de las pruebas, deberán ser entrenados (a menos que se deseen llevar a cabo pruebas con consumidores). La selección y el entrenamiento de las personas que tomarán parte en las pruebas de evaluación sensorial, son factores muy importantes de los cuales dependerán los resultados y, con ello, el éxito de las evaluaciones. La selección de los jueces implica primeramente, seleccionar a un número de personas dos o tres veces mayor al que finalmente se necesitará, posteriormente se eligen aquellos que cumplan con las características que se requieren y, finalmente entrenarlos (20,21). Los jueces seleccionados y el responsable, se pondrán de acuerdo en las características que se deben evaluar en la pasta y en las definiciones de cada una de ellas, de tal manera que sean comprendidas por todos los miembros del panel. Una vez que se hayan acordado las definiciones, se procede al entrenamiento con pastas estándar, tanto de buena como de mala calidad, para que se llegue a la uniformidad en la evaluación y se eliminen jueces cuyas calificaciones difieran demasiado de las de la mayoría del grupo. De esta manera debe quedar integrado el panel de jueces entrenados para la evaluación de las pastas. Las pruebas que más comúnmente se evalúan son las siguientes, sin embargo, no son las únicas y su cantidad y definiciones estarán determinadas por las necesidades del Laboratorio de Calidad en que se lleven a cabo.

a) Pegajosidad:

Es el estado de desintegración de la superficie de la pasta cocida, estimado por inspección visual, con o sin la ayuda de una pasta estándar de referencia.

**b) Firmeza:**

Es la resistencia de la pasta cocida cuando se aplasta entre los dedos o se corta entre los dientes.

c) Abultamiento:

Es el grado de adhesión de las hebras de pasta después de la cocción y es evaluado manual y visualmente.

Otras pruebas que pueden realizarse son las siguientes (14):

d) Adherencia a la lengua:

Es el grado de humectación superficial que presenta la pasta al ser colocada sobre la lengua, es decir, la facilidad de movimiento de la misma cuando se coloca sobre la lengua sin ser masticada.

e) Consistencia o Jugosidad:

Es la capacidad que tiene la pasta de liberar agua al ser masticada dos veces con los molares.

f) Pastosidad.

Es la rapidez con la que se forma una masa al ser masticada la pasta más de dos veces.

Las características sensoriales de las pastas están sujetas al criterio de los jueces y por ello, a error humano. Para poder tener una evaluación objetiva de algunas de las características de las pastas, se desarrolló un aparato denominado Prensa Universal Instron (Figura 7). En este aparato se realiza un trabajo sobre la pasta cocida y la cantidad de trabajo que se requiera para cortar la pasta (espagueti) es interpretado como una medida de la firmeza del espagueti. Este instrumento proporciona datos reproducibles y confiables, sin embargo está poco difundido y es caro, se usa solo para fines de investigación e incluso, pocos laboratorios cuentan con él. En la industria resulta más conveniente evaluar por



medio de jueces entrenados o consumidores, ya que éstos evalúan cualquier tipo de pasta, además de poder obtener una gran cantidad de información sobre el producto para mejorar su calidad, lo que no se obtiene de un aparato.

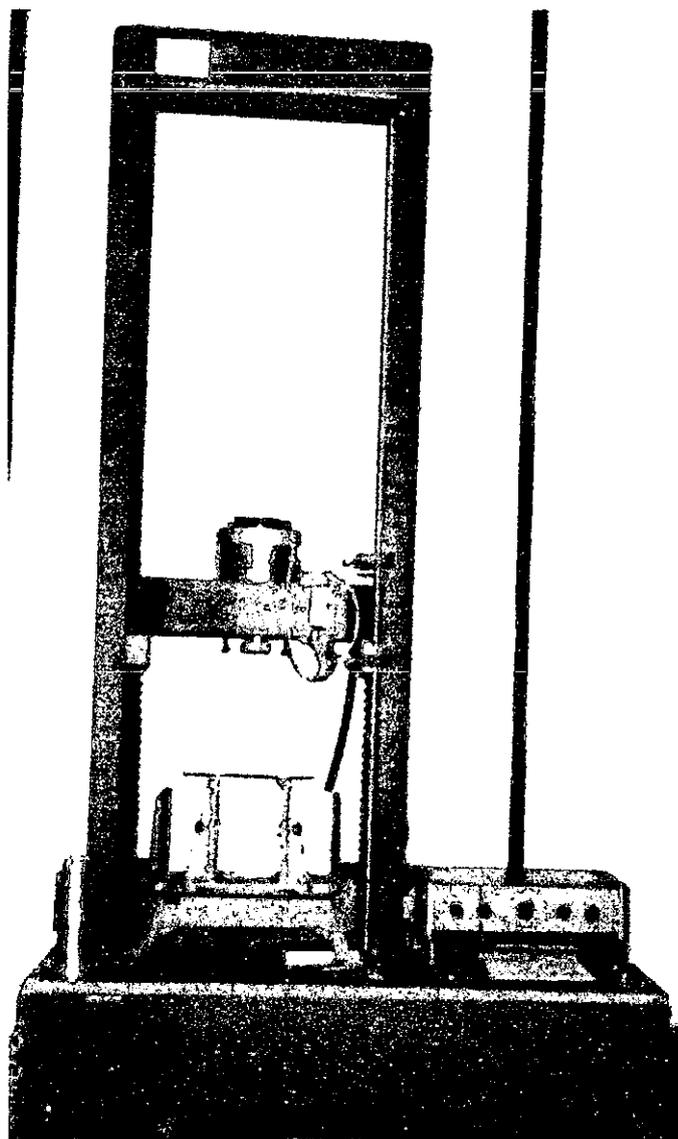


Figura 7. PRENSA UNIVERSAL INSTRON.

DISCUSIÓN



DISCUSIÓN.

MÉTODOS FÍSICOQUÍMICOS EN GRANOS.

Mediante las pruebas para evaluar la calidad física del grano determinamos el contenido de impurezas y contaminantes que estamos comprando con el lote del grano; lo anterior nos ayuda a determinar el precio del lote e inclusive rechazar o aceptar un proveedor.

El método para evaluar la calidad física del grano, debido a que se realiza por inspección visual, se basa en el criterio, observación y experiencia del analista por lo que pudiera pensarse que es una prueba subjetiva y de resultados poco confiables, sin embargo, las características que se evalúan son muy fácilmente identificables y diferenciales, sobre todo en el caso de trigos cristalinos, los cuales presentan características que los distingue claramente de los otros trigos y permiten detectar con relativa facilidad, la presencia de contaminación por hongos, panza blanca, etc. El uso de una zaranda facilita el trabajo de clasificación de la materia ajena al grano sano, pero finalmente, para clasificar por daños y contaminantes del lote, es necesario recurrir a la inspección visual. Debido a lo anterior no es estrictamente necesario disponer de una zaranda, pudiéndose seguir cualquiera de los dos métodos propuestos.

El método dieléctrico para determinar humedad en el grano es fácil de seguir, sencillo y la determinación es rápida y confiable. Es ideal para pruebas de plataforma, por ello es muy usado en la Industria. Sin embargo, además de que se necesita disponer del aparato Motomco, es necesario contar con las cartas de conversión. Existen aparatos de funcionamiento parecido al Motomco, en donde se determina la humedad por espectrofotometría de infrarrojo cercano, calibrando con muestras de granos con contenido de humedad variable y de diferentes clases, dichos aparatos son de gran uso en industrias y



laboratorios de investigación. Por otro lado, los métodos de horno a 130°C y de horno a vacío se pueden aplicar tanto a semolina como al grano y la metodología es fácil de seguir aunque requieren de mayor tiempo para obtener resultados. Sin embargo, el método de secado a 130°C requiere menos tiempo que el método de secado a vacío para determinar humedad y la estufa que se utiliza, es sencilla, aunque de ambos se obtienen datos confiables. Los tres métodos están validados por la A.A.C.C., 2000.

Como vemos, existen varios métodos para determinar el contenido de humedad en el grano y los resultados pueden variar de uno a otro, por lo tanto es importante que todas las pruebas se realicen bajo el mismo método si es que se desean comparar los resultados. Además éstos deben reportarse indicando el método que se siguió.

Para determinar el peso hectolítrico se cuenta con dos procedimientos. Ambos se usan en los laboratorios de investigación e industriales. Sin embargo, el método que más se emplea es en el que se determina el peso hectolítrico con el aparato Winchester Bushel Meter, el cual está especialmente diseñado para determinar este parámetro y está validado por la A.A.C.C. y, por lo tanto, nos proporciona datos reproducibles y confiables, además es de muy fácil manejo. Cuando no se dispone de este equipo, se ocupa material de laboratorio común, pero la desventaja de este procedimiento es que dicho material al no estar diseñado para esta determinación, los resultados que genera tienen cierto error, por lo que no es recomendable realizar este análisis de esa manera.

El peso de 1000 granos se determina de una manera sencilla y rápida, se dispone de dos métodos. El procedimiento que nos proporciona datos más confiables es el método empleando el contador de semillas, que es un equipo especial para hacer esta evaluación. El método en el que se pesa cierta cantidad de granos, se lleva a cabo cuando no se dispone de un contador de semillas y se debe considerar que los datos pueden tener variaciones. Se recomienda que cuando se evalúe el peso de 1000 granos por este último método, se realice también la prueba de peso hectolítrico, para tener mayor información y poder tomar una decisión correcta respecto a la calidad.



Tanto el peso hectolítrico como el peso de 1000 granos son parámetros útiles para predecir el rendimiento molinero. Ambos se relacionan con el tamaño del grano, con su densidad y contenido de proteína, y se ven afectados por granos dañados, chupados, etc. Puede usarse sólo uno de ellos si las circunstancias así lo disponen, aunque juntos pueden ayudar a predecir de manera más confiable los rendimientos. Es importante mencionar que cuando no se cuenta con los aparatos especialmente diseñados para evaluar el peso hectolítrico o el peso de 1000 granos, se recomienda realizar ambas pruebas con el material con el que se cuente, haciéndose mínimo por duplicado y considerando las variaciones que se pueden observar en los resultados.

El índice de dureza, por otra parte, es un parámetro que nos da una indicación de la facilidad con que se muele un grano y es igualmente afectado por condiciones ambientales. A pesar de su utilidad, no es muy usado en la industria teniendo su principal aplicación en la investigación. Se proporcionan tres métodos para analizar el índice de dureza, donde la prueba de PSI es la más recomendada por ser sencilla, no requiere de equipo complicado, y está validado por la A.A.C.C. por lo que, proporciona datos reproducibles y se utiliza incluso para calibrar equipos de infrarrojo destinados a realizar análisis de dureza. El método de infrarrojo cercano requiere, como lo hemos mencionado, de calibración previa, pero una vez que ésta se ha realizado, los análisis de este parámetro son rápidos, confiables y sencillos e igualmente está recomendado por la A.A.C.C. Finalmente, se puede seguir el método en el que se requiere una perladora, el cual es sencillo, sin embargo, proporciona datos que pueden variar de un laboratorio a otro, por ello, cada laboratorio debe estandarizar la perladora y obtener así sus tablas de dureza para poder tener datos confiables.

El contenido de cenizas es también un buen indicador del rendimiento de molinera ya que se relaciona inversamente con éste. El método que se propone es muy sencillo y está validado por la A.A.C.C.. Sin embargo es posible también determinar el contenido de cenizas por medio de espectroscopía de infrarrojo cercano si se cuenta con el equipo necesario, debiendo calibrarse adecuadamente con muestras que tengan un contenido de cenizas que abarque un intervalo tan amplio como para que incluya el contenido de cenizas



de las muestras que se analizarán rutinariamente. Una vez que se ha calibrado un aparato de infrarrojo para el análisis del contenido de cenizas, las determinaciones son muy rápidas.

El método para determinar el índice de la enzima α -amilasa (Falling Number o Número de caída) es muy útil para determinar el daño por germinación, es sencillo y confiable pues está validado por la A.A.C.C..

Para el análisis de proteína se proponen tanto el método por espectroscopía de infrarrojo cercano como el método Kjeldahl, ambos son muy usados, prefiriéndose en la industria el método por espectroscopía debido a que es un método muy rápido, seguro, sencillo y no requiere de reactivos, pero debe ser calibrado. El método Kjeldahl es un método bien establecido y recomendado por la A.A.C.C. pues proporciona datos certeros y reproducibles, se usa incluso para calibrar y monitorear otros equipos para asegurar su buen funcionamiento. En la actualidad se han desarrollado equipos que facilitan el análisis de contenido de proteína por el método Kjeldahl lo que pone en evidencia aún más su utilidad y confiabilidad por lo que siempre es una buena opción a la cual se hace referencia incluso en las normas nacionales.

Una de las pruebas de sedimentación que se propone es el método modificado de Zeleny y se aplica especialmente a trigos muy fuertes de altos contenidos de proteína, debido a que el valor de sedimentación máximo que se obtiene por el método Zeleny no es lo suficientemente alto como para reflejar su verdadera calidad y se diferencia de este método porque utiliza el doble de reactivos. El método es largo pero presenta dos opciones para tamizado de la muestra y mezclado con los reactivos, pudiendo seguirse cualquiera de los dos dependiendo del equipo con el que se cuente. Por otro lado, tenemos el método de sedimentación con SDS, el cual es ampliamente usado en todos los laboratorios, requiere poco equipo y es muy sencillo. La sedimentación con SDS se recomienda especialmente para analizar trigos cristalinos debido a que existe una buena correlación entre dicha prueba y parámetros farinográficos como son tolerancia al mezclado y estabilidad. Ambos métodos están validados por la A.A.C.C.



MÉTODOS PARA EVALUAR LA CALIDAD MOLINERA.

Realmente no existe gran dificultad para llevar a cabo la molienda experimental del trigo cristalino, en los equipos pueden haber variaciones pero estarán indicadas por el fabricante. Finalmente, hay que resaltar la importancia que tiene esta prueba para predecir el posible comportamiento que tendrá el trigo durante la molienda comercial y que a partir de la semolina que se obtenga es posible hacer pastas y determinar su calidad, de tal manera que se puede predecir tanto el comportamiento que tendrá durante el proceso de producción de pastas, como la calidad del producto final, por todo esto, es necesario disponer del equipo adecuado pues de otra manera no es posible realizar un análisis que genere resultados confiables. Por otra parte, es importante llevar a cabo adecuadamente los procesos de limpieza y acondicionado pues influyen de manera importante sobre la calidad de las semolinas y, por consiguiente de las pastas. El método en el que se usa el molino Buhler está validado por la A.A.C.C.

MÉTODOS FISICOQUÍMICOS EN SEMOLINAS.

Para determinar la distribución de tamaño de partícula en semolinas, se debe contar con un tamizador automático y una serie de tamices. En los dos métodos que se proponen, la diferencia radica en los tamices que se emplean, estas dos propuestas son muy semejantes y se utilizan en laboratorios de investigación e industriales, estando recomendado el método de los 5 tamices por la A.A.C.C. Lo importante es que el número y tipo de tamices debe ser establecido con base en los objetivos del investigador o en su caso, con base en acuerdos entre el molinero y el productor de pastas.

El método para determinar cenizas en semolina es muy sencillo y constituye un análisis de rutina en la industria molinera.



Para determinar el número de pecas se cuenta con dos procedimientos muy parecidos, el uso de uno u otro depende de la graduación de la mica que se tenga y de la forma en la que se deseen expresar los resultados. Ambas técnicas se basan en la inspección visual y por lo tanto, están sujetas al criterio del analista. Sin embargo, la importancia de esta determinación es que cuando se encuentra un número de pecas muy elevado, éstas se reflejarán en la pasta y el consumidor lo relacionará directamente como una característica de mala calidad, de tal manera que la inspección visual resulta ser un buen método para medir este parámetro.

El método para determinar pigmentos es muy sencillo y rápido y es usado más en los laboratorios de investigación que en los de las industrias debido a que es largo. Por ello se prefiere evaluar sólo el color empleando aparatos como el Agtron el cual proporciona datos confiables, reproducibles y de manera rápida. Para evaluar el color en semolinas también se puede recurrir a la inspección visual, pero es un método muy subjetivo, se realiza en casos donde no se cuenta con ningún equipo para evaluar color, aunque ambos métodos están recomendados por la A.A.C.C.

Para determinar la humedad se puede seguir tanto el método de secado a 130°C como el método de plato de aluminio, las ventajas de este último son que requiere de menor cantidad de muestra y la determinación es mucho más rápida. Los dos Métodos están validados por la A.A.C.C.

Las ventajas que presenta la evaluación del gluten por medio del lavado a máquina sobre el lavado manual son: es más sencillo y además se evitan las pérdidas de gluten que pueden suceder durante el lavado a mano debido al equipo cuando no se lleva cabo con suficiente cuidado. Aunque ambos métodos están recomendados por la A.A.C.C.



MÉTODOS REOLÓGICOS.

Tanto el farinógrafo como el mixógrafo están validados por la A.A.C.C. y proporcionan datos muy similares para predecir la fuerza de la masa, particularmente su comportamiento durante el mezclado, lo cual tiene especial importancia en la producción de pastas debido a los procesos de mezclado y extrusión.

Es por ello que se utilizan estos aparatos para analizar las características de las masas hechas con semolinas, pues el alveógrafo y el extensógrafo, proporcionan datos que tienen principal importancia para evaluar masa de trigos panaderos.

MÉTODOS PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LAS PASTAS.

El método manual para elaborar pastas es sencillo y requiere de material y equipo que es relativamente fácil de adquirir. Sin embargo, con esta técnica, no es posible controlar factores que resultan importantes porque influyen sobre las características de la pasta, como es la adición de cierta cantidad de agua, que puede conducir a tener masas de difícil manejo. El amasado, puede variar con el tiempo debido al cansancio del individuo que lo lleve a cabo, particularmente en una sesión larga de pruebas. Por otro lado, no se usa el vacío que influye en el color de la pasta, como se ha mencionado. A pesar de todo ello, es posible controlar en cierta medida las variables, si se tiene mucho cuidado y no se elaboran más de tres pastas a la vez, preferentemente dos pastas, poniéndose especial atención durante el amasado y secado, de tal manera que se pueden obtener pastas que pueden ser sometidas a posteriores análisis proporcionando resultados que pueden servir para evaluaciones rápidas cuando no se cuenta con el equipo necesario.

El proceso de producción de pastas a macro escala que se explica en este trabajo está validado por la A.A.C.C. y tiene como objetivo servir de referencia para elaborar pastas pues debido a las variaciones en equipo y tipos de pastas, las condiciones ideales para



producir pastas a nivel experimental de buena calidad, deben ser establecidas en cada laboratorio y con el equipo con el que se cuente. Las características del equipo varían dependiendo de los fabricantes. Las condiciones de secado en el gabinete dependen del equipo y de las características de la pasta, pudiendo ser de 8h para pastas delgadas y de 16-18h para pastas gruesas. Es importante realizar ensayos para determinar cuales son las condiciones más adecuadas para realizar el secado para los distintos tipos de pasta.

Sin duda, es preferible elaborar pastas con el equipo que permita reproducir en mayor medida las condiciones de una Industria, como es el método a macro escala, o métodos en los que se cuente con un control adecuado de cada uno de los pasos, por ejemplo, control del vacío, extrusores, gabinetes de secado, etc. De tal manera, que se evite tener problemas de calidad en la pasta por un deficiente proceso de elaboración.

El método colorimétrico para determinar el color en la pasta es relativamente sencillo. Sin embargo, se recomienda para evaluar pastas largas, por lo que para evaluar otras pastas, se debe utilizar el método espectrofotométrico, el cual es más largo y requiere de equipo especial para darle un tratamiento previo a la muestra. El uso de cualquiera de los métodos depende del equipo que se tenga en el laboratorio y ambos están aprobados por la A.A.C.C.. Las conversiones de Y y Z a valores de L y b, son sencillas y son los que se utilizan en general para expresar los resultados de color.

Los métodos para evaluar la apariencia de la pasta cruda se llevan a cabo por inspección visual, de tal manera que dependen del criterio de la persona que realice el análisis, aún cuando las características a analizar son relativamente claras, puede llegar a cometerse algún error. Para evitar o disminuir los errores, se puede hacer uso de una pasta patrón como apoyo. La evaluación, también puede llevarla a cabo un panel de jueces entrenados, sobre todo cuando el mismo panel evaluará la calidad culinaria, sin embargo, la dificultad del análisis no exige una evaluación por parte de este tipo de jueces.



Para realizar cualquier análisis, es importante evaluar la pasta en piezas enteras pues de esta manera se disminuye un factor que podría conducir a variaciones en los resultados. Esto es, si se evaluara una muestra de pasta con trozos de ésta, se podrían tener lecturas inadecuadas en el análisis de tiempo de desintegración, en el porcentaje de sedimentación y en el tiempo de cocimiento. Debido a que una pieza pequeña absorbe agua más rápidamente y por tanto se cuece más rápido que una pieza grande, además viaja más en el agua durante el cocimiento y choca más con las paredes del recipiente por lo que tenderá a romperse más fácilmente.

La temperatura del agua de cocimiento es importante, las pruebas se realizan con el agua a temperatura de ebullición porque lo que se quiere es favorecer la polimerización de las proteínas para que de esta manera envuelvan en una red a los gránulos de almidón evitando que éstos salgan durante el cocimiento. Si el cocimiento se iniciara a temperaturas bajas, por ejemplo a temperatura ambiente y luego se dejara elevar la temperatura del agua con la pasta poco a poco, ocurriría la gelatinización del almidón a bajas temperaturas favoreciéndose sobre la polimerización de las proteínas impidiendo la formación de la red, conduciendo finalmente a malas características de calidad culinaria de la pasta.

Uno de los factores que puede influenciar los resultados del análisis de las características de calidad culinaria de las pastas es el tipo de recipiente que se emplee para las pruebas, pues de su forma y material dependerá la homogeneidad de la transferencia de calor. Se ha recomendado como el recipiente más idóneo al de aluminio, con las medidas mencionadas en el Método del minuto, sin embargo, es imposible que cada Laboratorio de Calidad cuente con el equipo de características idénticas, por lo que, se pueden utilizar recipientes con las medidas más aproximadas a las reportadas o bien, utilizar un recipiente de aluminio de otras medidas pero que sea el que se use para realizar absolutamente todas las pruebas de cocción del Laboratorio de Calidad, de tal manera que se pueda llegar a una estandarización en la metodología seguida en dicho laboratorio, que es finalmente lo importante.



Otro aspecto de interés que influye en la homogeneidad de la cocción, es la fuente de calor empleada. De igual manera, se recomienda como la fuente idónea a la estufa de gas, la cual, además de ser la fuente más comúnmente empleada por el consumidor, es más fácil de conseguir y más económica que una parrilla.

La finalidad de agitar la pasta al inicio del cocimiento es producir una transferencia de calor por convección favoreciendo la cocción y, evitar que la pasta se adhiera al recipiente.

En el Método de los 12min se utilizan 100ml de agua. La desventaja que presenta este método es que, aún cuando se tape el recipiente, hay pérdida de agua por evaporación aunque sea mínima y además, se corre el riesgo de que no sea suficiente el agua de cocimiento restante para poder realizar pruebas posteriores (específicamente, las pruebas de sedimentación). Asimismo, propone dar un cocimiento a la pasta por 12min. antes de empezar a verificar el cocimiento, sin embargo, puede ser que las pastas se cuezan en menos de 12min. por lo que este método pudiera ser no muy apropiado.

El Método de los 10min., aún cuando es más largo, tiene la ventaja de que nos ayuda a determinar de manera más confiable, el Tiempo de Cocimiento de una muestra de pasta, debido a que se analiza gran parte de la muestra cocida para determinar si efectivamente la pasta se ha cocido o no. Además propone un tiempo de cocimiento inicial de 10min. el cual podemos variar si es necesario, de acuerdo a las características de la muestra evaluada. Igualmente indica que la pasta debe tener un tamaño uniforme, que en el caso de pastas largas, es de 12.3cm. Finalmente, es importante mencionar que sugiere una agitación al inicio del cocimiento para evitar que la pasta se pegue, el cual no necesariamente debe ser a los 3min. de cocción, puede ser antes si es que se considera necesario.

En cuanto a las pruebas para evaluar el Porcentaje de Sedimentación, el Método de sedimentación libre se basa en la sedimentación espontánea pues no se está ejerciendo



ninguna acción externa para llevarla a cabo. Este tipo de sedimentación no es muy confiable debido a que en 3h no se puede garantizar que todas las partículas se sedimenten por completo, pudiendo quedar en suspensión partículas de diámetro medio más pequeño. Además, la sedimentación no se lleva a cabo en forma lineal ni compacta, por lo que la lectura en la probeta se dificulta y se hace, por lo tanto, poco confiable. Sin embargo este método es más rápido y puede ser utilizado cuando se dispone de poco tiempo para el análisis y se está consciente de sus desventajas. En el Método de sedimentación forzada se realiza una centrifugación para forzar a todas las partículas a sedimentarse, este método es el más confiable para llevar a cabo una determinación como esta. Pueden utilizarse hasta dos tubos de centrífuga para el análisis y no necesariamente tantos como se proponen. Sin embargo, se puede llevar a cabo sólo si se cuenta con el equipo necesario y puede ser que no todos los laboratorios cuenten con una centrífuga.

Finalmente, en el Método de sedimentación libre la homogeneización que se propone puede ser deficiente pues dependerá de la fuerza con la que se agite y, además el tiempo de agitación es muy poco. Por el contrario, la agitación que se propone en el Método de sedimentación forzada es muy adecuada, pues el tiempo de agitación es mayor y, tanto la fuerza como las direcciones bajo las cuales se lleva a cabo la agitación, prácticamente eliminan el problema de la homogeneización del agua de cocimiento.

Para evaluar el Índice de Tolerancia al Cocimiento, el Método de los fragmentos, se considera muy subjetivo, pues depende de la observación del analista y por tanto, puede inducir a mayor error. El Método de las tres piezas es menos subjetivo que el anterior y da mayor idea de la resistencia de la pasta. Haciendo un comparativo entre ambos métodos, vemos que las diferencias en cuanto al material no son importantes pues más bien dependen del método del Tiempo de Cocción que se haya seleccionado, de tal manera que el Método de las tres piezas resulta ser el más conveniente.

El método para determinar el Grado de Absorción es muy sencillo y rápido, la variable que hay que controlar es el tiempo de escurrimiento, el cual se propone que sea de



10min, un tiempo menor podría no ser suficiente para que la pasta se escurra de manera apropiada y un tiempo mayor, podría provocar que la superficie de la pasta se reseca demasiado perdiendo más agua de la que debe y por lo tanto pesaría menos, lo que induciría a un error en la determinación.

En la evaluación del Grado de Hinchamiento, el Método del volumen absorbido considera la cantidad de agua que la pasta absorbió y la toma en cuenta para determinar el volumen de desplazamiento del agua debido a la pasta seca, lo cual se consideraría más como la capacidad de hidratación de la pasta que como una corrección al volumen de desplazamiento del agua debido a la pasta seca, por tanto, se ha propuesto el Método simple. En éste método, se toma directamente la lectura del volumen de agua desplazado por la pasta seca ya que se hace la consideración de que la pasta, al absorber el agua, aumenta su peso y por tanto desplaza mayor volumen de agua, contrarrestando así el efecto de la pérdida de agua de la probeta por absorción de la pasta.

La realización de la evaluación sensorial de las Pastas Cocidas requiere de grupos de personas cuyo tamaño y características, así como las características a evaluar, dependerán de la validez y del tipo de información que se desee obtener. También se cuenta con la prensa Universal Instron para hacer el análisis de la firmeza pero aunque su uso está recomendado por la A.A.C.C., no está muy difundido, no todos los laboratorios cuentan con este equipo pues es caro y puede tener mayor utilidad en la investigación que en la industria donde un panel de jueces puede proporcionar mayor información sobre la reacción del consumidor ante el producto.

CONCLUSIONES



CONCLUSIONES.

Este documento aporta información sobre las características de los trigos cristalinos (*Triticum durum*), las semolinas y las pastas alimenticias y presenta diferentes métodos para llevar a cabo su análisis, por lo que constituye una buena herramienta que apoya el trabajo que se realiza en los laboratorios de investigación y de control de calidad. La elección de los métodos propuestos depende de los objetivos que se persigan, del equipo con el que se cuente y del tiempo de que se disponga, prefiriéndose usar los métodos validados. Finalmente, es importante que se realice un muestreo adecuado, que se controlen las variables de cada método y que se use sólo uno de ellos para llevar a cabo los análisis de distintas muestras, que se especifique el método que se siguió, así como las variaciones que se hicieron a los mismos, particularmente cuando se deseen comparar los resultados, pues de esta manera las comparaciones serían válidas y los análisis confiables. Los puntos más importantes que hay que resaltar de los métodos que se presentaron, son los siguientes:

- ◆ Es imprescindible llevar a cabo las pruebas para evaluar la calidad física del grano pues con ello determinamos el estado de salud y condiciones generales del grano y por lo tanto, su calidad. El uso de la zaranda es opcional.
- ◆ En el caso de la determinación de humedad, se recomienda cualquiera de los tres métodos, el uso de uno u otro depende del equipo y del tiempo que se tenga para realizar el análisis.
- ◆ Para la determinación del peso por hectolitro se recomienda usar el aparato Winchester Bushel Meter. Mientras que para determinar el peso de 1000 granos, se considera al contador de semillas como la mejor opción.



- ◆ Para evaluar la dureza, se recomienda usar primeramente el método PSI, seguido del método espectrofotométrico y finalmente la perladora.
- ◆ Es recomendable realizar las pruebas de peso hectolítrico, peso de 1000 granos e índice de dureza, pues en conjunto nos dan una idea global de la calidad del grano, además tiene la ventaja de ser sencillas y rápidas. Además, tanto la prueba de peso hectolítrico como la de peso de 1000 granos, se relacionan positivamente con el rendimiento de molienda y esto es de gran importancia para un molinero.
- ◆ Para determinar el contenido de cenizas, el método que se recomienda es el análisis en mufla por su confiabilidad y relativa sencillez.
- ◆ Definitivamente, el método Falling Number es el más usado para determinar el daño por germinación.
- ◆ El método oficial para determinar el contenido de proteína, con el cual se calibran los métodos autorizados, es el método Kjeldahl.
- ◆ El método DSS está muy difundido y se ha reportado que tiene una buena correlación con parámetro farinográficos, lo que ayuda al análisis de las semolinas y es más sencillo que el método Zeleny modificado.
- ◆ Para evaluar la calidad molinera de los trigos cristalinos es necesario contar con el equipo especialmente diseñado para este fin, como es el equipo Buhler.
- ◆ En la determinación del tamaño de partícula y del número de pecas en semolinas, el método se establece con base en los objetivos del laboratorio, el cual debe ser usado para realizar todos los análisis de rutina.



- ◆ Para determinar el color en semolinas, se utiliza preferentemente el Agtron por ser rápido, sencillo y objetivo.
- ◆ En la evaluación de la humedad en semolinas se puede usar cualquiera de los métodos propuestos, prefiriéndose el análisis de plato de aluminio cuando se necesita obtener un resultado de manera rápida.
- ◆ La determinación de gluten se hace preferentemente por medio del Glutomatic. Si no se cuenta con este equipo, se debe realizar el lavado a mano teniendo especial cuidado para evitar pérdidas de gluten.
- ◆ Si se cuenta con un equipo de infrarrojo cercano es posible hacer la determinación de proteína, humedad, dureza, color y cenizas de manera rápida y sencilla, tanto al grano como a las semolinas, considerando que el aparato debe ser calibrado adecuadamente. Los métodos de infrarrojo cercano son muy ampliamente utilizados en la industria donde se requiere realizar pruebas rápidas pues se deben tomar decisiones en poco tiempo.
- ◆ Tanto el farinógrafo como el mixógrafo, proporcionan información similar en el análisis de las características reológicas de las masas hechas con semolinas, sin embargo, el farinógrafo se utiliza en mayor medida que el mixógrafo debido a que es más sensible.
- ◆ En lo referente a la elaboración de pastas, es preferible utilizar equipo que permita reproducir en mayor medida las condiciones de un Industria, como es el método a macro escala, o métodos en los que se cuente con un control adecuado de las variables del proceso, siempre que se cuente con el equipo necesario. De tal manera, que se evite tener problemas de calidad en la pasta por un deficiente proceso de elaboración.



- ◆ Las muestras de pasta a analizar, deben tener un tamaño uniforme, sin tener trozos o pedazos muy pequeños.
- ◆ Las pruebas para evaluar la Apariencia de la pasta cruda, son sencillas y bien pueden realizarlas jueces entrenados o no entrenados, esto dependerá del Laboratorio de Calidad, con base en sus necesidades.
- ◆ La cocción se debe llevar a cabo a la temperatura de ebullición del agua para favorecer la polimerización de las proteínas sobre la gelatinización del almidón. Es conveniente hacer una agitación al inicio del cocimiento para evitar que la pasta quede adherida a las paredes del recipiente. La fuente de calentamiento debe proporcionar calor lo más uniformemente posible.
- ◆ En las Pruebas de Sedimentación, el principal punto en el que se tiene que poner especial atención para poder tener resultados precisos es llevar a cabo perfectamente la homogeneización del agua de cocimiento. Finalmente deben de tenerse en cuenta las desventajas y ventajas que presenta cada método para poder elegir el más adecuado para realizar el tipo de análisis que se requiere.
- ◆ El método más adecuado para realizar la prueba del Índice de Tolerancia al Cocimiento es el Método de las tres piezas, ya que no se han reportado, hasta el momento otros métodos que pudieran dar resultados más objetivos.
- ◆ El método para determinar el Grado de Absorción, es sencillo y rápido. El factor que se debe cuidar muy bien es el tiempo que se deja escurrir la pasta para evitar que se reseque demasiado y se tengan errores en la determinación por este motivo.
- ◆ El método más adecuado para llevar a cabo la determinación del Índice de Hinchamiento es el Método simple.



- ◆ Las pruebas sensoriales requieren de un panel de jueces que reúna las características que se deseen, ya sea jueces entrenados o consumidores. Las pruebas que más comúnmente se evalúan son las antes mencionadas, sin embargo, no son las únicas y su cantidad y definiciones estarán determinadas por las necesidades del laboratorio en que se lleven a cabo.

ANEXOS



ANEXO 1

MUESTREO Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA: TRIGO.

• MUESTREO DE TRIGO Y OTROS GRANOS ENTEROS.

MATERIAL Y APARATOS.

1. **Bayoneta.** Examinador con un compartimento de tubo doble. Construido de latón o aluminio, constituido de dos tubos, uno dentro de otro. El tubo interior está dividido en compartimentos. El tubo exterior tiene una serie de aberturas, cada una de las cuales corresponde a cada compartimento del tubo interior. Cuando los tubos están alineados, cierto volumen de granos puede entrar o ser extraído de los compartimentos (Figura 1).

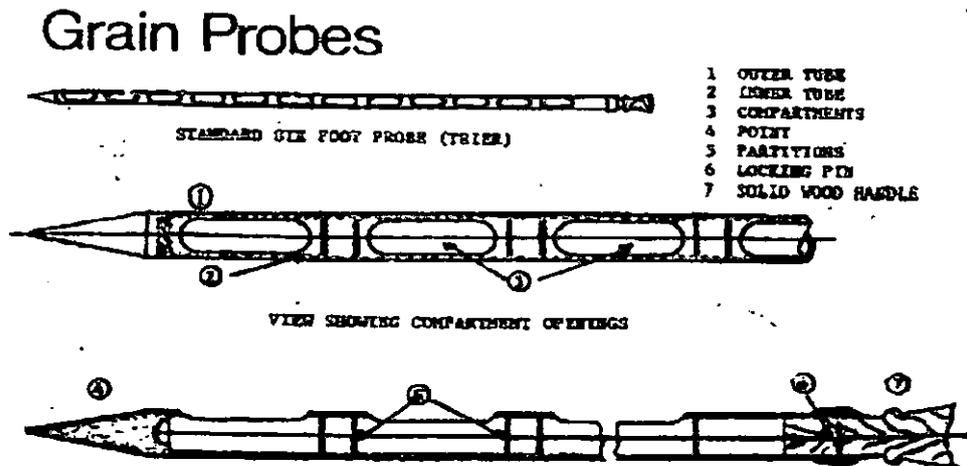


Figura 1. BAYONETA.

2. **Pelícano.** Bolsa pequeña de piel, de aproximadamente 18cm de profundidad y 46cm de largo, con una banda de metal insertada a lo largo de la orilla para mantener la bolsa abierta. La bolsa está adherida a un poste largo. Está diseñado para atrapar un volumen de grano desde el flujo de caída (Figura 2).

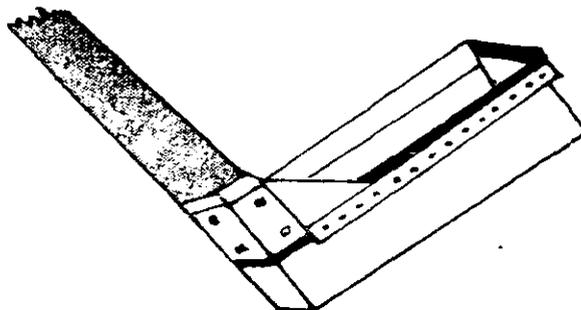


Figura 2. PELÍCANO.

3. **Taza o Copa Ellis.** Dispositivo manual construido de aluminio ligero y diseñado para atrapar muestras desde el flujo de granos que se mueven en la banda transportadora. (Figura 3).

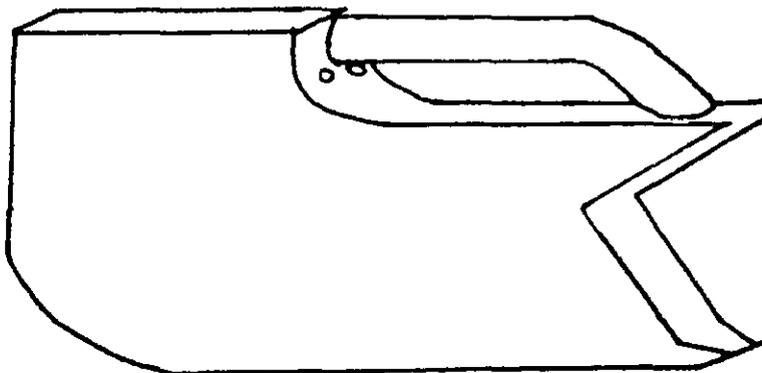


Figura 3. COPA ELLIS.

4. **Divisor de Muestras.** Dispositivo utilizado para disminuir el tamaño de la muestra, manteniendo la representatividad de la muestra original. Cada vez que la muestra pase a través del aparato, se dividirá en dos porciones aproximadamente equivalentes. Se puede usar el Divisor Boerner.



PROCEDIMIENTO.

1. **Uso de la Bayoneta.** La bayoneta puede emplearse cuando se tiene almacenado el grano en contenedores grandes como: carros, camiones, vagones, etc. debiendo tener la longitud necesaria para alcanzar el fondo del contenedor. Además de la bayoneta, se requiere una lona construida de tela gruesa o un material similar de 15cm de largo. Se han establecido diferentes patrones de prueba para cada contenedor, los cuales están basados en una distribución uniforme para tomar muestra de las diferentes partes del contenedor que se trate. Se toman tantas muestras como sean necesarias de las diferentes partes del lote de granos. Se inserta la bayoneta en un ángulo de 10° respecto a la vertical, con las aberturas de la bayoneta hacia arriba y completamente cerradas. Una vez que se ha insertado la bayoneta, se abren las hendiduras de ésta y se toma la muestra haciendo dos movimientos cortos y rápidos uno hacia abajo y otro hacia arriba conservando la inclinación. Se cierran las hendiduras completamente y se retira la bayoneta. Vaciar el contenido en la lona para determinar la condición del lote. Cuando se toman muestras de un carro completo, se deben tocar de los puntos indicados en la Figura 4.

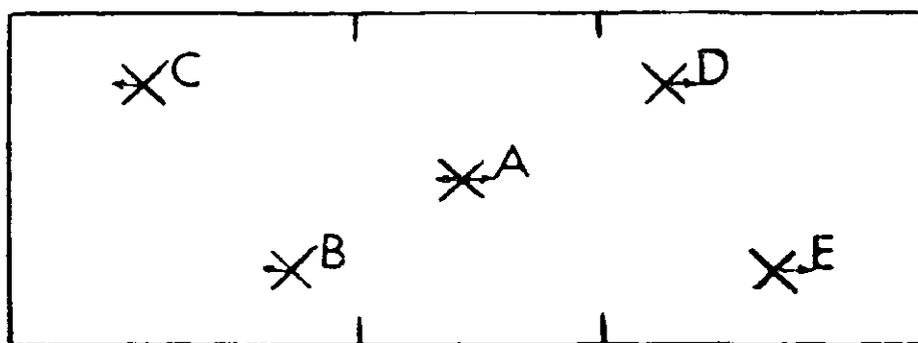


Figura 4. Esquema para tomar muestras en un carro.

2. **Uso del Pelicano.** Este aparato se usa cuando se necesita sacar una muestra de granos que están siendo cargados a un contenedor(carro, vagón, barco etc.). La toma de la muestra se realiza balanceando el Pelicano a través del flujo de caída del grano de tal manera que se permite la carga del contenedor. El número de veces que se puede



balancear el Pelicano varía de acuerdo al tipo del contenedor y al tamaño del flujo de caída del grano. A cada balanceo se le llama corte. Se toma un corte cada 500 bushels aproximadamente. Los cortes se deben hacer a intervalos aleatorios de la siguiente manera:

- asegurar que el flujo de caída del grano esté en tal posición que el Pelicano pueda balancearse a través de todo el chorro,
- sostener firmemente el poste de tal manera que la bolsa esté detrás del flujo de caída del grano.
- balancear a través de todo el flujo del grano en un movimiento continuo (Figura 5).

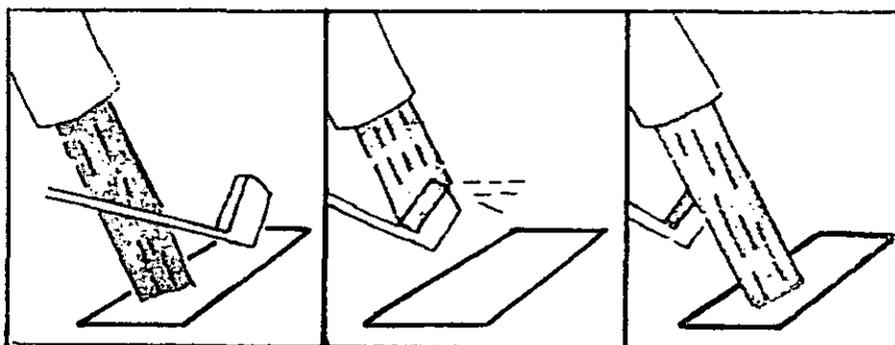


Figura 5. Cortes del flujo del grano con el Pelicano

- 3. Uso de la Taza o Copa Ellis.** Cuando el grueso del grano se carga o se descarga de los contenedores (carros, camiones, vagones, barcos, etc.) se puede tomar una muestra empleando la Copa Ellis en el flujo del grano tal como se mueve en la banda transportadora. El número de veces que se inserta la copa Ellis en el flujo de grano en la banda varía de acuerdo al tipo de contenedor y al tamaño del flujo del grano. Se llama "set" a tres copas Ellis llenas y se toma un set cada 500bu aproximadamente. Los sets se cargan a intervalos aleatorios como sigue:
 - agarrar firmemente la copa con las dos manos y dejarla tan cerca como sea posible del punto donde el grano se entrega a la banda transportadora,
 - insertar el talón (parte curva de la copa) con la abertura colocada en dirección contraria al flujo en el centro del flujo del grano,



- c) empujar hacia abajo hasta que la copa sea paralela a la banda (Figura 6),
 - d) cargar dos copas más, una en el punto medio entre el centro de y la orilla izquierda de la banda y otra en el punto medio entre el centro y la orilla derecha de la banda (Figura 7),
4. Grano en costales. Se utiliza una bayoneta de una longitud tal que alcance el centro del costal. Se toman muestras de cada uno de los sacos seleccionados al azar de todo el lote de tal manera que se tenga una muestra representativa del mismo.

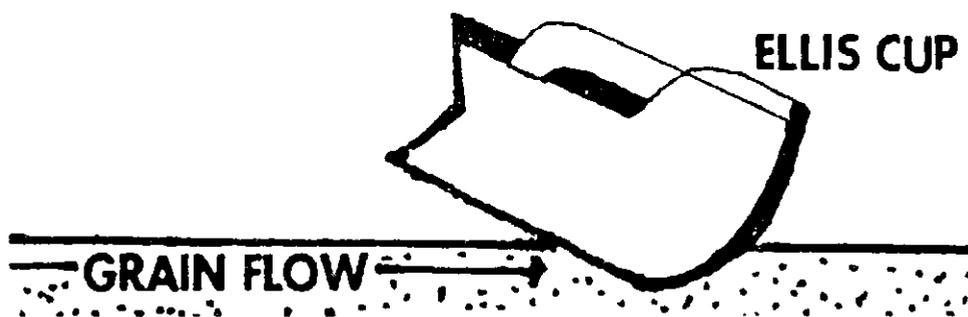


Figura 6. Esquema de la copa Ellis en la banda transportadora.

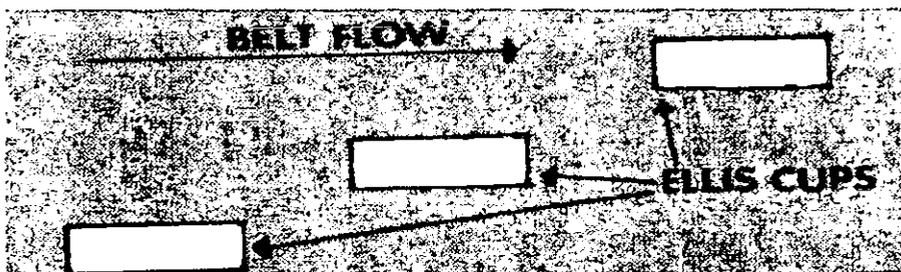


Figura 7. Esquema de los puntos en la banda transportadora de trigo en los que se debe tomar la muestra con la copa Ellis.

5. **Divisor de Muestras.** Una vez que se ha obtenido la muestra del contenedor, se puede usar el Divisor Boerner para mezclar y subdividir el volumen de muestra tomado en porciones representativas para su análisis.



• **PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS: TRIGO.**

MATERIAL Y APARATOS.

1. Molino Wiley, molino de fresa o molino de martillo.
2. Vaso de precipitados para recoger la muestra.
3. Espátula.

PROCEDIMIENTO.

1. Moler al menos 30-40g de muestra hasta tener una consistencia harinosa, o de una finura tal que al menos el 50% pase a través del tamiz 36GG.
2. Mezclar perfectamente la muestra molida. En caso de que la muestra no sea usada inmediatamente, se debe guardar en un contenedor que cierre herméticamente y de un tamaño tal que la muestra lo llene completamente y se coloca en un lugar fresco.

NOTA.

No se recomienda cernir muestras molidas, debido a que las partículas de salvado se separan y es difícil reincorporarlas para tener una muestra uniforme.



ANEXO 2

MUESTREO Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA: SEMOLINA.

- **MUESTREO: HARINA, SEMOLINA.**

MATERIAL Y APARATOS.

1. Experimentador de metal pulido, forma cilíndrica, puntiagudo y de 5mm de diámetro, con una abertura que abarque al menos una tercera parte de su circunferencia.
2. Contenedores: 1) Recipiente de vidrio con junta de goma. 2) bolsa pequeña de plástico o de goma que puede ser atada o sellada para evitar que se pierda o gane humedad o entre aire. 3) Bote o caja con cierre hermético.

PROCEDIMIENTO.

1. Se saca muestra de la cantidad de sacos equivalente a la raíz cuadrada del número total de sacos que hay en el lote, que no sean menos de 10 sacos; por ejemplo, 10 sacos de 100 o menos, 15 sacos de 225, 20 sacos de 400, etc.
2. Se seleccionan los sacos para el muestreo de acuerdo con su exposición, en un radio de 4 sacos desde el más expuesto, 3 desde el siguiente menos expuesto, 2 desde el siguiente, y 1 desde el último menos expuesto en la porción del lote.
3. De cada uno de los sacos seleccionados, retirar muestra desde una esquina de la parte superior. Retirar una segunda muestra desde otra de las esquinas superiores hasta la mitad de la distancia del centro del saco.
4. Depositar las dos muestras enseguida en un contenedor hermético, limpio, seco, y que haya estado abierto por algunos minutos cerca del lote donde se realizó el muestreo, y taparlo inmediatamente. Usar diferentes contenedores para las muestras de cada saco.

**NOTAS.**

1. Antes de abrir la muestra para el análisis, invertir y rodar cada contenedor 25 veces o más si es necesario para asegurar una mezcla homogénea. Evitar tanto temperatura como humedad, extremas cuando se abran los contenedores para el análisis. Mantener el contenedor bien sellado durante el almacenamiento.
2. Cuando sea necesario almacenar las muestras antes de su análisis, el contenedor usado debe ser de un tamaño tal que la muestra lo llene completamente. Se debe mezclar la muestra perfectamente justo antes de ser pesada para el análisis.

• PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS: SEMOLINA.**MATERIAL Y APARATOS.**

1. Molino tipo Wiley.
2. Vaso de precipitados para recoger la muestra.
3. Espátula.

PROCEDIMIENTO.

1. Moler suficiente cantidad de muestra en el molino, de preferencia en un modelo Wiley, hasta que toda la muestra pase a través de una malla de aberturas circulares de 1mm de diámetro.

NOTA.

Si se emplea un molino tipo Hobart o Labconco, se debe tener cuidado para evitar sobre calentamiento durante la molienda.



ANEXO 3

MUESTREO Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA: PASTA.

MATERIAL Y APARATOS.

1. Espátula.
2. Vaso de precipitados de 1L de plástico (o vidrio).
3. Balanza analítica.
4. Molino experimental Wiley o uno semejante. Tamiz con malla No. 20.

PROCEDIMIENTO.

1. Seleccionar del lote que será analizado, suficientes piezas para asegurar que se cuenta con una muestra representativa.
2. Romper en trozos pequeños con las manos, o en el molino y mezclar perfectamente.
3. Moler de 300 a 500g hasta que todo el material pase a través de la malla No. 20.
4. Almacenar en un recipiente sellado para prevenir cambios de humedad.



ANEXO 4

ACONDICIONADO PARA MOLIENDA EXPERIMENTAL.

Para llevar a cabo el acondicionado del trigo para realizar una molienda experimental, se dispone de una tabla que se encuentra en el manual de la A.A.C.C., Método 26-95 y se titula: Experimental Milling: Temper table. Aquí se explica su uso.

El porcentaje de humedad original de la muestra de trigo corresponde a la columna del extremo izquierdo de la tabla. Las columnas restantes indican la cantidad de agua en ml o lb, que se debe adicionar a una muestra de 1000 g o lb de trigo para elevar el contenido de humedad que indica la fila ubicada en la parte superior de la tabla.

Por ejemplo: si se tiene una muestra de trigo cuyo contenido de humedad original es de 11.3% y se necesita elevar su contenido al 15%. Localizamos en la columna del extremo izquierdo de la tabla el porcentaje de humedad original del trigo, en este caso es 11.3% y, ubicamos en la fila superior de la tabla el valor al que queremos llegar (15%). De esta forma encontramos que es necesario adicionar 43.3 ml (o lb) de agua a una muestra de 1000 g (o lb) de trigo para elevar su contenido de humedad de 11.3% a 15%.

Estas tablas pueden ser usadas para cualquier cantidad de muestra, sólo se necesita multiplicar por los factores adecuados. Por ejemplo; si se tienen 600g de muestra cuyo contenido de humedad debe ser elevado de 11.3% a 15%, se debe multiplicar 43.3 (cantidad de agua requerida para 1000 g de trigo) por 0.6 para obtener 26ml de agua; si se tienen 2500 g de muestra, se multiplica 43.3 x 2.5, obteniéndose 108.5ml de agua.

Cuando no se cuenta con esta tabla o en caso de que se requiera acondicionar a un porcentaje de humedad menor a 14% o mayor a 16.9% (que no incluye la tabla), la cantidad de agua a adicionar se puede calcular por medio de la siguiente fórmula:



$$\text{Factor} = \frac{100 - \% \text{ humedad original}}{100 - \% \text{ humedad deseado}} - 1$$

$$\text{Cantidad de agua a adicionar (ml)} = \text{Factor} \times \text{peso de la muestra a moler}$$

Ejemplo:

Una muestra de 2000 g de 11.3% de humedad necesita ser acondicionada a 13% de humedad.

$$\text{Factor} = \frac{100 - 11.3}{100 - 13.0} - 1 = 0.0195$$

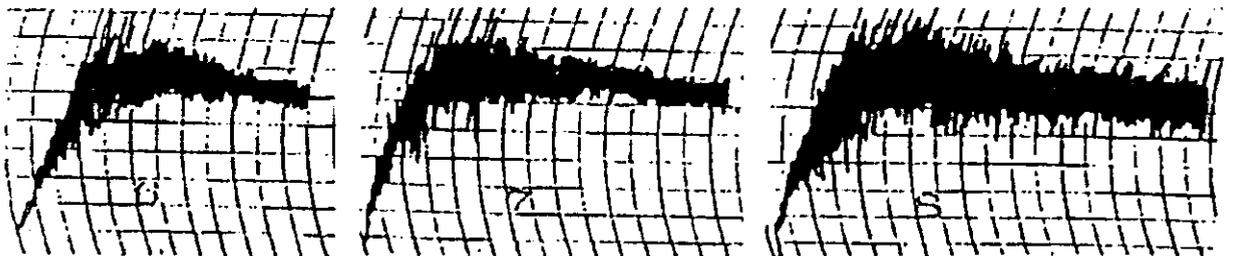
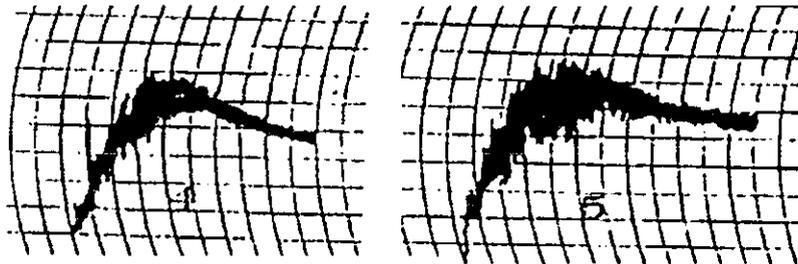
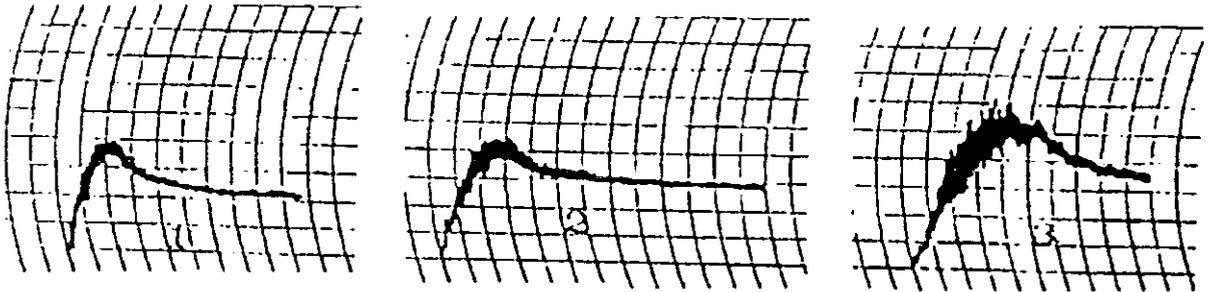
$$\text{Cantidad de agua a adicionar (ml)} = 0.0195 \times 2000 = 39\text{ml}$$



ANEXO 5

FORMAS MIXOGRÁFICAS PARA CLASIFICAR LA FUERZA DE MEZCLADO DE SEMOLINAS DE TRIGOS CRISTALINOS

(Regional Quality Report, 1994)



Donde el número 1 corresponde a la semolina más débil y el 8 a la semolina más fuerte y de mejor calidad.



ANEXO 6

MÉTODO "TEN SELECTED ORDINATE" PARA EL MÉTODO ESPECTROFOTOMÉTRICO PARA DETERMINAR COLOR EN PASTAS.

Longitudes de onda para el método "Ten Selected Ordinate".

X		Y		Z	
Longitud de onda (nm)	Reflectancia (%)	Longitud de onda (nm)	Reflectancia (%)	Longitud de onda (nm)	Reflectancia (%)
436		489		422	
461		515		432	
544		530		438	
564		541		444	
577		552		450	
589		562		456	
600		572		462	
611		585		469	
624		601		478	
646		627		495	
Suma		Suma		Suma	
X = Suma x 0.09804		Y = Suma x 0.1000		Z = Suma x 0.11812	

Brillo relativo = Y

Coefficientes Tricromáticos:

$$x = X / (X + Y + Z)$$

$$y = Y / (X + Y + Z)$$



ANEXO 7

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CUATRO VARIEDADES DE TRIGOS CRISTALINOS QUE SE CULTIVAN EN MÉXICO.

A continuación se muestra una serie de tablas donde se proporcionan datos del análisis de algunas variedades de trigos cristalinos, las semolinas obtenidas de su molienda y del espagueti producido con estas semolinas.

Estos datos fueron obtenidos de evaluaciones llevadas a cabo en el Laboratorio de Calidad de la Universidad Autónoma Chapingo, empleando algunos de los métodos que se explican en este trabajo. Además, tienen como objetivo, orientar sobre las características de calidad que pueden presentar los trigos cristalinos cultivados en México y sus productos.

Las variedades de trigos cristalinos que aquí se exponen fueron cultivadas en la región del Valle del Yaqui, Sonora; durante el ciclo Invierno-Primavera 89-90.

Mexicali C-75.

Yavaros C-79.

Altar C-84.

Aconchi C-89.

**TABLA 1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE TRIGOS CRISTALINOS.**

CARACTERÍSTICA	VARIEDAD			
	Mexicali C-75	Yavaros C-79	Altar C-84	Aconchi C-89
Peso hectolítrico (kg/hl) ¹	80.3	86.1	86.2	86.2
Peso de 1000 granos ²	42.4	45.0	50.2	51.0
Dureza (%) ³	41.2	38.0	40.1	41.0

¹ Balanza analítica Ohaus.² Contador Numigral.³ Perladora Strong Scott modelo 17810**TABLA 2. CALIDAD MOLINERA DE TRIGOS CRISTALINOS.**

VARIEDAD	Mexicali C-75	Yavaros C-79	Altar C-84	Aconchi C-89
RENDIMIENTO (%) ¹	63.96	63.3	64.4	64.7

¹ Molienda en molino Buhler.**TABLA 3. CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD FÍSICA Y QUÍMICA EN SEMOLINAS.**

CARACTERÍSTICA	VARIEDAD			
	Mexicali C-75	Yavaros C-79	Altar C-84	Aconchi C-89
Humedad (%) ¹	12.0	12.1	11.5	12.5
Proteína (%) ²	10.8	11.0	11.0	11.6
Cenizas (%) ³	0.76	0.78	0.72	0.70
Gluten (%) ⁴	27.7	31.4	30.0	32.8

¹ Estufa a 130°C.² Método Espectrofotométrico.³ Análisis en mufia a 600°C.⁴ Lavado en Máquina: Glutomatic modelo 2100



VARIEDAD	Tamaño de Partícula (%) ¹			Color ²		
	Malla 40 U.S.	Malla 75 U.S.	Plato	L	A	b
Mexicali C-75	3.85	86.52	9.22	80.5	2.0	23.2
Yavaros C-79	4.56	85.97	9.14	81.5	2.4	22.3
Altar C-84	3.31	87.34	9.34	79.1	1.7	24.3
Aconchi C-89	3.58	85.54	10.4	80.05	1.7	24.3

¹ Tamizador (separador de tamaño de partícula) Plansifter.

² Colorímetro de reflectancia Hunter Lab MD-25.

TABLA 4. CALIDAD REOLÓGICA DE LAS MASAS QUE SE ELABORAN CON LAS SEMOLINAS.

ANÁLISIS	VARIEDAD			
	Mexicali C-75	Yavaros C-79	Altar C-84	Aconchi C-89
FARINOGRAMA				
Absorción (%)	31.5	31.5	31.5	31.5
Tiempo óptimo de desarrollo (min)	2.9	4.7	3.5	3.7
MIXOGRAMA				
Tiempo óptimo de mezclado	3.0	3.4	3.5	3.5
Forma mixográfica	4	5	5	5



FARINOGRAMAS DE LAS SEMOLINAS.



ALTAR C-84



MEXICALI C-75

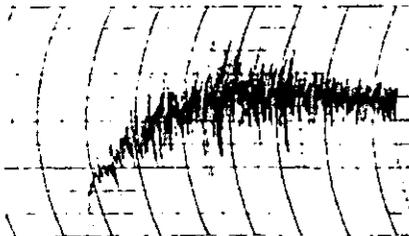


YAVAROS C-79

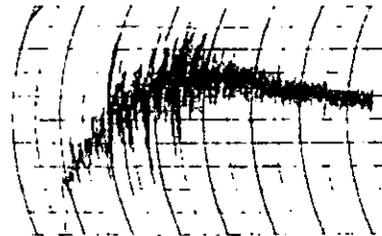


ACONCHI C-89

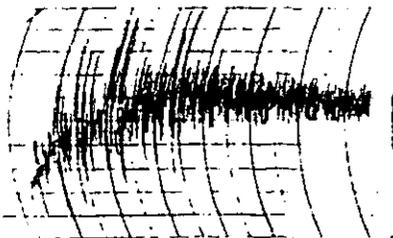
MIXOGRAMAS DE LAS SEMOLINAS.



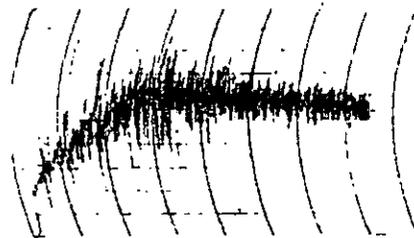
ALTAR C-84



MEXICALI C-75



YAVAROS C-79



ACONCHI C-89

**TABLA 5. CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD CULINARIA DEL ESPAGUETI ELABORADO.**

CARACTERÍSTICA	VARIEDAD			
	Mexicali C-75	Yavaros C-79	Altar C-84	Aconchi C-89
Tiempo de cocimiento (min) ¹	16	16	18	18
Sedimentación (ml)	1.25	2.0	0.75	1.0
Índice de tolerancia al cocimiento (min) ²	100	102	110	110
Grado de absorción	40	38.3	41	41
Firmeza ³	Buena	Buena	Buena	Buena

¹ Cocción en 2L de agua a ebullición, tomando el tiempo a partir de los 5min.

² Hasta la destrucción total de la pasta.

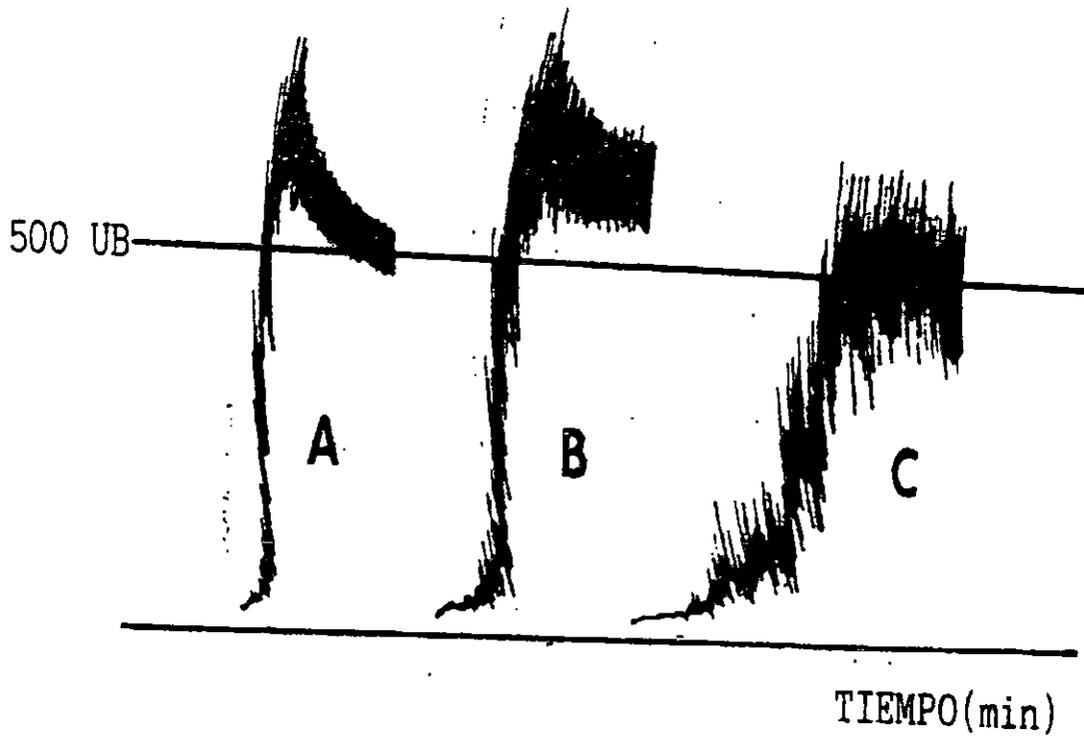
³ Por catación.



ANEXO 8

FARINOGRAMAS DE SEMOLINAS DE TRIGOS CRISTALINOS A 31.5% DE ABSORCIÓN.

(Matsuo, R.R. & Irvine, G.N., 1975. Cereal Chem. 52:131r)



Donde **A** corresponde a la gráfica de una semolina con gluten débil; **B** a una semolina con gluten medio fuerte y **C** a una variedad de gluten fuerte.

**ANEXO 9.****CUADRO DE MÉTODOS PARA EVALUAR LA CALIDAD EN TRIGOS CRISTALINOS, SEMOLINAS Y PASTAS ALIMENTICIAS.****TRIGO**

PRUEBA	IMPORTANCIA	MÉTODOS	MUESTRAS	VENTAJAS/DESVENTAJAS
Apariencia general, material extraño, granos dañados.	Determina el estado de salud del grano y predice la calidad del producto.	1.Inspección visual 2.Inspección visual-zaranda	Trigos sucios	La zaranda agiliza el trabajo, pero finalmente ambas se llevan acabo por inspección visual.
Humedad	Ayuda a determinar los requerimientos de acondicionado. Da una idea de la cantidad de agua que se está comprando y ayuda a determinar el precio del lote.	1.Motomco 2.Horno a 130°C 3.Horno a vacío modificado	1.granos limpios 2.granos molidos, semolinas, harinas 3. harina, semolina, granos molidos, alimentos, productos fermentados	1.Es rápido, ideal para pruebas de plataforma, no destruye la muestra pero requiere del aparato y cartas de conversión. 2.Dura 1h, material y aparatos accesibles. 3.Más lento que el anterior (5h) y requiere de equipo a vacío. Los tres están validados por la A.A.C.C.
Peso Hectolítrico	Se relaciona directamente con los rendimientos de molienda	1.Winchester Bushel Meter 2.Probeta de vidrio	Granos limpios	1.Método rápido y validado por la A.A.C.C., requiere del equipo especial. 2.Método rápido, no es oficial, mayor error y requiere material accesible.
Peso de 1000 granos	Se relaciona directamente con los rendimientos de molienda	1.Contador de semillas 2.Balanza analítica	Granos limpios	1.Método rápido, confiable, requiere del aparato. 2.Método rápido, mayor error, requiere material accesible.
Índice de dureza	Ayuda predecir el comportamiento del grano durante la molienda	1.Perladora 2.PSI 3.Espectroscopía de IR	Granos limpios	1.Método sencillo y rápido que requiere del equipo. 2.Método relativamente rápido, requiere de equipo accesible y está validado por la A.A.C.C. 3. Método Rápido, requiere del equipo y está recomendado por la A.A.C.C.
Porcentaje de cenizas	Se relaciona inversamente con el rendimiento de molienda.	Mufla eléctrica	Granos molidos	Método sencillo y validado por la A.A.C.C.
Actividad α -amilasa	Determina el estado de germinación del grano y con ello el almidón dañado lo que influye en la calidad de los productos.	Número de caída	Trigo molido, otros cereales, harina, semolina, cereales malteados.	Método rápido, requiere del equipo especial y está validado por la A.A.C.C.



Contenido de proteína	Relacionado con la calidad del gluten.	1.Kjeldahl 2.Espectroscopía de IR	1.Trigo molido sin humedad, semolina, harina, alimentos y otros granos. 2.Trigos de todas las clases, semolinas y harinas.	1.Método oficial, validado por la A.A.C.C. Requiere del equipo especial y es largo. 2.Método rápido y confiable, recomendado por la A.A.C.C.
Sedimentación	Relacionado con la calidad y cantidad de las proteínas del gluten.	1.Zeleny Modificado 2.SDS	1.Trigos con alto contenido de proteína, semolina. 2.Trigos cristalinos y semolina y otros trigos.	Ambos métodos están validados por la A.A.C.C. pero el método SDS, se recomienda especialmente para trigos cristalinos.
Calidad molinera	Provee información sobre el comportamiento que tendrá el grano en un proceso industrial.	Molino Buhler.	Trigos cristalinos	Método validado por la A.A.C.C. Lleva a cabo una molienda automática rápida, produce semolina de características de calidad muy similares a las que presentan semolinas comerciales. Y los datos son reproducibles.

SEMOLINAS

PRUEBA	IMPORTANCIA	MÉTODOS	MUESTRAS	VENTAJAS/DESVENTAJAS
Distribución de tamaño de partícula	Predice el comportamiento de la semolina durante la producción de pastas y la calidad del producto final.	1.Método de los cuatro tamices. 2.Método de los cinco tamices.	Semolinas	Ambos métodos son sencillos y requieren del equipo especial, el método de los cinco tamices está validado por la A.A.C.C.
Contenido de cenizas	Relacionado con la eficiencia de la molienda, el %extracción, %rendimiento, color y aspecto.	Mufla eléctrica.	Semolinas y harinas.	Método sencillo validado por la A.A.C.C.
Número de pecas	Evaluación de la apariencia general de la semolina y, por consecuencia, de las pastas.	1.Mica cuadrículada 2.Platos de vidrio	Semolinas y harinas	Métodos subjetivos, dependen del criterio y observación del analista aunque son útiles para evaluar la apariencia de la semolina.
Contenido de pigmentos	Relacionado con la apariencia de la semolina y la pasta.	Determinación del contenido de pigmentos	Trigo, semolina, pasta y harina.	Método sencillo validado por la A.A.C.C.
Color	Relacionado con la eficiencia de la molienda, %extracción y apariencia del producto final.	1.Inspección visual 2.Agtron	Harina y semolina.	Métodos validados por la A.A.C.C. aunque el método de inspección visual depende el criterio y observación del analista.



Contenido de humedad	Relacionado con la vida de anaquel. Determina la absorción de agua de la semolina durante la producción de pastas.	1. Estufa a 130°C 2. Plato de aluminio	1. Semolinas, harina, grano molido y muestras con un contenido de humedad menos a 13%, soya. 2. Semolina y harina.	El método del plato de aluminio es más rápido pero ambos están validados por la A.A.C.C.
Contenido de gluten	Determina la calidad de la pasta y el comportamiento de la semolina durante la producción de pastas.	1. Lavado a mano. 2. Lavado en máquina.	1. Harinas, semolinas. 2. Harinas, semolinas y trigo molido.	Ambos métodos están validados por la A.A.C.C. pero en el método de lavado a mano hay riesgo de pérdida de gluten si el lavado no se realiza con precaución.
Calidad reológica	Ayuda a predecir el comportamiento de la semolina durante el amasado, su calidad y la calidad de la pasta.	1. Farinógrafo. 2. Mixógrafo.	Semolinas y harinas.	Ambos son métodos validados por la A.A.C.C. El farinógrafo es más sensible.

PASTAS

PRUEBA	IMPORTANCIA	MÉTODOS	MUESTRAS	VENTAJAS/DESVENTAJAS
Elaboración de pastas a nivel laboratorio.	Producir pastas experimentalmente para evaluar posteriormente su calidad.	1. Método manual. 1. Método a macro escala.	Semolinas	Este método a macro escala está validado por la A.A.C.C., con éste se pueden obtener pastas bajo condiciones controladas y por lo tanto de mejor calidad, pero requiere del equipo especial. El método manual está sujeto a errores del analista pero constituye una opción cuando no se cuenta con el equipo.
Evaluación del color en pasta crudas.	Es el primer contacto que tiene el consumidor con el producto y lo relaciona directamente con la calidad de la pasta.	1. Colorimétrico 2. Espectrofotométrico.	1. Pastas largas. 2. Pastas en general.	Ambos métodos requieren del equipo especial y están aprobados por la A.A.C.C.
Apariencia de la pasta curda (pasta estrellada, con burbujas, con puntos blancos en su superficie y apelmazada)	Es el primer contacto que tiene el consumidor con el producto y lo relaciona directamente con la calidad de la pasta.	Porcentajes.	Pastas crudas.	Requieren de equipo sencillo, son útiles para evaluar la apariencia de la pasta cruda pero están sujetas al criterio y observación del analista.
Tiempo de cocimiento	Evalúa el comportamiento de la pasta durante la cocción.	1. Método de los 12min. 2. Método de los 5min. 3. Método del minuto. 4. Método de los 10min.	Pastas	Se puede seguir cualquiera de los métodos, depende de los objetivos del análisis.
%Sedimentación	Evalúa la calidad culinaria de la pasta.	1. Sedimentación libre. 2. Sedimentación forzada.	Pastas	1. Método rápido, no requiere de equipo especial pero es posible que de lugar a lecturas erróneas. 2. Se pueden obtener resultados más confiables, requiere equipo especial.



Índice de tolerancia al cocimiento.	Evalúa la calidad culinaria de la pasta.	1.Método de los fragmentos. 2.Método de las tres piezas.	Pastas	Ambos métodos requieren material sencillo, pero en el método de las tres piezas se puede tener mayor error.
Grado de absorción.	Evalúa la capacidad de absorción de la pasta.	Grado de absorción.	Pastas	Método sencillo y rápido.
Grado de hinchamiento	Evalúa la absorción de la pasta.	1,Método del volumen absorbido. 2,Método simple.	Pastas	En el método del volumen absorbido se toma en cuenta la capacidad de hidratación de la pasta, lo cual no es recomendable pues puede inducir a error., mientras que en el métodos simple no se tome en cuenta la hidratación de la pasta.
Características sensoriales	Podemos evaluar la calidad de la pasta cocida obteniendo una gran cantidad de información útil que nos ayude a elaborar o pastas que se adecue al gusto de los consumidores.	Panel de jueces Instron	Pastas	Con un panel de jueces es posible obtener una gran cantidad de información sobre la calidad de las pastas cocidas pero requiere de tiempo e inversión para poder formar un panel adecuado. La prensa Instron proporciona datos objetivos pero la cantidad de información que se obtiene no es tan amplia y muy pocos laboratorios cuentan con este equipo.

BIBLIOGRAFÍA



BIBLIOGRAFÍA.

1. Fabriani, G. & Lintas, C. 1988. DURUM: CHEMISTRY AND TECHNOLOGY. Capítulo 10
Published by the American Association of Food Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota,
U.S.A.
2. Lorenz, Klaus J, 1991. PASTA: RAW MATERIALS AND PROCESSING. Cap. 19. Handbook
Of Cereal Science Dekker.
3. Serna, S., Sergio, R.O. QUÍMICA, ALMACENAMIENTO E INDUSTRIALIZACIÓN DE LOS
CEREALES. Capítulos 3,4,7. AGT Editor, S.A. Primera Edición. México, 1996.
4. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. Approved Methods of the A.A.C.C.
10th edition. Published by the Approved Methods Comitte A.A.C.C. Inc. March 2000 St.
Paul MN.
5. Pomeranz, Y. WHEAT. CHEMISTRY AND TECHNOLOGY. 1988. Second edition. Vol. III.
Monograph Series A.A.C.C. St. Paul, MN.pp. 77-798.
6. Venkateswara, G. & Haridas Rao, P.JOURNAL OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY:
METHODS FOR DETERMINING RHEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF DOUGHS. A
CRITICAL EVALUATION.1993. Vol.30, No. 2, pp. 77-87. India.
7. Avecías, M. 1998. CARACTERIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN INDUSTRIALES DE LAS
VARIETADES DE TRIGO (*Triticum aestivum*) Tesis Profesional. Universidad Autónoma
Chapingo.



8. Morales, A. 1995. EFECTO DEL NIVEL DE PANZA BLANCA SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL TRIGO CRISTALINO (*Triticum durum*). Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo.
9. NOM-F-23-S-1980.PASTA DE HARINA DE TRIGO Y/O SEMOLINA PARA SOPA Y SUS VARIEDADES.
10. Fabriani, G. and Lintas, C. 1988. DURUM WHEAT: CHEMISTRY AND TECHNOLOGY. American Association of Cereal Chemists, AACC Monograph Series. St. Paul Minnesota.
11. INIFAP, 1998.GUÍA PARA PRODUCIR TRIGO EN EL SUR DE SONORA. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noroeste de Sonora Campo Experimental Valle del Yaqui. Cd. Obregón, Sonora. No. 31, Octubre. Pág.8, 20-21,30-35.
12. Orea E., M. de J. 1985. ELABORACIÓN DE UNA PASTA PARA SOPA, UTILIZANDO DIFERENTES ADITIVOS QUÍMICOS ALIMENTICIOS. Tesis Profesional. Universidad La Salle, Escuela de Química.
13. Becerra A., P. 1985. ESTUDIO DEL EFECTO DE LA UNIFORMIZACIÓN DE TAMAÑO DE PARTÍCULA DE LA SEMOLINA SOBRE LOS ATRIBUTOS DE CALIDAD DE LA PASTA ALIMENTICIA, FORMATO SPAGHETTI. Tesis Profesional. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.
14. Flores V.,V.S. 1985. NORMALIZACIÓN DE MÉTODOS PARA EVALUCIÓN DE CALIDAD DE COCCIÓN DE PASTA LARGA (ESPAGHETTI). Tesis Profesional. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.
15. Hosney, R.C. 1991. PRINCIPIOS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS CEREALES. Editorial Acribia, S.A. de C.V. Zaragoza, España, pág. 131-141, 269-283.



16. Kent, N.L. 1987. TECNOLOGÍA DE LOS CEREALES. Editorial Acribia, S.A. de C.V. Zaragoza, España, pág. 73-93, 149-151.
17. Matz, S.A. 1991. THE CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF CEREALS AS FOOD AND FEED. Pág. 458-495. Second Edition. Avi-Book. U.S.A.
18. Mattern, J. Paul, 1991. WHEAT. Cap. 1, pp 14. Handbook Of Cereal Science. Dekker.
19. Salazar Z., A. 1999. Comunicación personal. Laboratorio de Calidad, Universidad Autónoma Chapingo. México.
20. Anzaldúa M., A. 1994. LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS ALIMENTOS EN LA TEORÍA Y LA PRÁCTICA. Pág. 45-52. Editorial Acribia, S.A. de C.V. Zaragoza, España.
21. Pedrero F., D.L. y Pangborn, R.M. 1996. EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS ALIMENTOS. Pág. 37-45. 1ª. Edición. Editorial Alhambra Mexicana. México.
22. Hummel, Ch. 1966. MACARONI PRODUCTS. MANUFACTURE, PROCESSING AND PACKING. Pág. 10-80, 125-195, 196-209, 210-244. Second Edition. Food Trade Press, LTD. London.
23. Tipples, K.H. 1996. QUALITY OF WESTERN CANADIAN WHEAT EXPORTS. Canadian Grain Commission, Bulletin No. 280. October, 1996. Pag. 14-15, 24-26. Canada.
24. Moore, W.R., Debbouz, A., Hinsz, B.L. and Osborne, J.H. 1994. QUALITY OF THE REGIONAL(MONTANA, NORTH AND SOUTH DAKOTA, MINNESOTA) 1994 DURUM WHEAT CORP. Pag. 3-11.



25. González, 1992. CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA DE LAS VARIETADES DE TRIGO CRISTALINOS (*Triticum durum*, L.) MEXICANOS. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo.
26. Hosney, C. and Peña. R.J. 1997. WHEAT QUALITY: IMPORTANCE FOR THE BREAD AND PASTA INDUSTRIES AND FOR THE WORLD GRAIN TRADE. CURRENT STATUS AND ITS PERSPECTIVES FOR THE TWENTY FIRST CENTURY. Primer simposio Internacional de Trigo, 7-9 Abril, INIFAP. Cd. Obregón Sonora, México, D.F. Pág. 119-127.
27. Horner, J.B. 1997. SEMOLINA AND DURUM WHEAT QUALITY (A MILLER'S PERSPECTIVE). . Primer simposio Internacional de Trigo, 7-9 Abril, INIFAP. Cd. Obregón Sonora, México, D.F. Pág. 129-137.
28. ASERCA, 1997. Claridades Agropecuarias: Tendencias actuales en la comercialización de Trigo. No. 43, Marzo. Pág. 3-20.
29. SAGAR-CEA, 1997. Situación actual y perspectiva de la producción de trigo en México 1990-1997. Octubre, 1997.
30. SAGAR-CEA, 1997. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos 1997. Tomo 1, pág. 530-531.
31. Rasper, V.F., 1991. QUALITY EVALUATION OF CEREALS AND CEREAL PRODUCTS. Cap. 15. Handbook Of Cereal Science. Dekker.
32. SAGAR-CEA, 1998. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos 1998. Pág. 582-583.



33. Dexter, J.E. and Matsuo, R.R.,1997. INFLUENCE OF PROTEIN CONTENT ON SOME DURUM WHEAT QUALITY PARAMETERS. Canadian Journal Plant Science. 57:717-727.
34. Matsuo,R.R., 1987. THE EFFECT OF ENZYMES ON PASTA AND NOODLE PRODUCTS. Cap. 11, pág. 325-334. Enzymes and their role in cereal Technology (Eds) Kruger, J.E., Lineback, D., Stauffer, C.E. American Association Of Cereal Chemists. St. Paul MN.
35. Matsuo,R.R., Dexter, J.E. and Dronzeck, B.L.,1978. SCANNING ELECTRON MICROSCOPY STUDY OF SPAGHETTI PROCESSING. Cereal Chemistry 55(5):744-753.
36. Walsh, D.E. and Gilles, K.A., 1974. MACARONI PRODUCTS. Cap. 12, pag. 333-354. Wheat: Production and Utilization (Eds) Inglett, G.E. The Avi Publishing Company, Inc. Wesport, Connecticut.
37. Inglett, G.E. and Anderson, R.A., 1974. FLOUR MILLING. Cap 10, pag. 186-198. Wheat: Production and Utilization (Eds) Inglett, G.E. The Avi Publishing Company, Inc. Wesport, Connecticut.
38. Williams, P., El-Haramein, F.J., Nakkoul, H. And Rihawi, S., 1988. CROP QUALITY EVALUATION METHODS AND GUIDELINES. Technical Manual 14, May, 2nd Edition, pp 2-38.
39. Morris, F. And Rose, S.P., 1996. WHEAT. Cap. 1, pp. 3-48. Cereal Grain Quality (Eds) Henry, R.J. and Ketlewell, P.S. 1st Edition. Chapman and Hall.
40. Dexter, J.E. and Matsuo,R.R., 1982. EFFECT OF SMUDGE AND BLACK POINT, MILDEWEA KERNELS AND ERGOT ON DURUM WHEAT QUALITY. Cereal Chemistry 59(1):63-69.



41. Dexter, J.E. and Matsuo,R.R., 1980. COMPARISON OF EXPERIMENTALLY MILLED DURUM WHEAT SEMOLINA TO SEMOLINA PRODUCED BY SOME CANADIAN COMMERCIAL MILLS. *Cereal Chemistry* 57(2):117-122.
42. SARH-INIFAP-CIMMYT, 1993. Taller sobre las estrategias para el control del carbón parcial del trigo (*Neovossia indica*) EN EL ESTADO DE SONORA. Cd. Obregón, Sonora, 18 y 19 Marzo. Publicación Especial No. 6, Mayo. Pág. 21-25.
43. NOM-FF-36-1984. PRODUCTOS ALIMENTICIOS NO INDUSTRIALIZADOS PARA USO HUMANO-CEREALES-TRIGO (*Triticum aestivum* y *Triticum durum*).
44. Matsuo,R.R., Bradley, J.W. and Irvine, G.N., 1972. EFFECT OF PROTEIN CONTENT ON THE COOKING QUALITY OF SPAGUETTI. *Cereal Chemistry* 49:707-711.
45. Salazar Z., A.J. y Rodríguez B., F.J., 1980. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE TRIGO. Publicación Especial CIANO No. 37.
46. Axford, D.W.E., McDermott, E.E. and Redman, D.G., 1979. NOTE ON THE SODIUM DODECYL SULFATE TEST OF BREADMAKING QUALITY: COMPARISON WITH PELSSENKE AND ZELENY TESTS. *Cereal Chemistry* 56(6):582-584.
47. Peña, R.J., Amaya, A., Rajaram, S. And Mujeeb-Kazi, A., 1990 VARIATION IN QUALITY CHARACTERISTICS ASSOCIATED WITH SOME SPRING 1B/1R TRANSLOCATION WHEATS. *Journal of Cereal Science*, 12:105-112.
48. Ortega Ch., M.,2000. EFECTO DE LA PRESENCIA DE UN SEGMENTO 1R DE CENTENO (*Secale cereale*) EN LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DE PANIFICACIÓN DEL TRIGO (*Triticum aestivum*). Tesis Profesional, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química.



49. CIMMYT, 2000. CARACTERÍSTICAS DE UN GRUPO DE HONGOS QUE ATACAN AL TRIGO Y SON TRANSMITIDOS POR LA SEMILLA.
50. Matsuo, R.R. & Irvine, G.N., 1975. RHEOLOGY OF DURUM WHEAT PRODUCTS. *Cereal Chemistry* 52:131r.
51. Buhler Hnos. MANUAL DEL MOLINO AUTOMÁTICO DE LABORATORIO BUHLER MODELO MLU-202. Talleres de construcción de Maquinaria. Uzwil, Suiza.
52. Badui, S., 1996. COLOR. Cap. 7, pág. 379-385. *Química de los Alimentos*. Ed. Alhambra Mexicana. 3ª Edición. México.
53. MÉTODOS DEL MOLINO DE TRIGO EL PILAR PARA EVALUAR LA CALIDAD DE TRIGOS Y SUS PRODUCTOS.
54. Salazar Zazueta, A. 2000. CALIDAD INDUSTRIAL DEL TRIGO PARA SU COMERCIALIZACIÓN. In: Villaseñor, M.E., Espitia, R.E. en "Trigo de Temporal en México". Chapingo, México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. pp. 247-251.