



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

"CRITERIOS DE CALIDAD PARA HARINA DESTINADA
A LA INDUSTRIA PASTELERA"

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN ALIMENTOS
P R E S E N T A :
HECTOR MANRIQUEZ BLANCARTE

ASESOR: L. N. C. A. ADRIANA LLORENTE BOUSQUETS

**TESIS CON
FALLA DE ORICEN**

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1997



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLÁN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:
"Criterios de Calidad para Harina Destinada a la Industria Pastelera".

que presenta el pasante: Hector Manríquez Blancarte
con número de cuenta: R055261-5 para obtener el TÍTULO de:
Ingeniero en Alimentos.

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 26 de Junio de 1996

PRESIDENTE	<u>I.B.O. Fernando Beristain</u>	
VOCAL	<u>Dra. Sara E. Valdés Martínez</u>	
SECRETARIO	<u>L.N. Adriana Llorente Bousquets</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>M. en C. Dora Luz Villagómez Zavala</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>L.A. Patricia Muñoz Aguilar</u>	

*Para Paty
mi amiga, mi compañera...
mi esposa.*

INDICE GENERAL

RESUMEN	1
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVOS PARTICULARES	2

CAPITULO I GENERALIDADES

1. TRIGO	4
1.1. CLASIFICACION DE TRIGO	4
1.2. CLASIFICACION DE LOS TRIGOS EN MEXICO	6
1.3. ESTRUCTURA FISICA DEL GRANO DE TRIGO	6
1.4. COMPOSICION QUIMICA DEL GRANO	8
1.5. PRODUCCION DE TRIGO	12
2. MOLIENTA DEL GRANO DE TRIGO	12
2.2. PROCESOS POSTMOLIENDA	23

CAPITULO II HARINAS

1. CLASIFICACION DE HARINAS	28
2. COMPOSICION QUIMICA DE LAS HARINAS PASTELERAS	29
3. CALIDAD DEL HARINA PASTELERA	34

CAPITULO III MATERIALES Y METODOS

1. CUADRO METODOLOGICO	42
2. OBTENCION DE UNIDADES EMPERIMENTALES	45

CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSION

CUADRO GENERAL DE RESULTADOS	48
1. CURVA PATRON	49
2. ANALISIS QUIMICO PROXIMAL	50
3. ANALISIS GRANULOMETRICO	51
4. pH	53
5. PRUEBAS REOLOGICAS	53
6. PRUEBAS DE PANIFICACION	60
CONCLUSIONES	64
BIBLIOGRAFIA	67

INDICE DE CUADROS

1	PORCENTAJE DE LAS ESTRUCTURAS FISICAS DEL TRIGO	8
2	COMPOSICION DEL GRANO DE TRIGO	8
3	ANALISIS PROXIMAL DE AZUCARES DEL GRANO DE TRIGO EXTRAIDOS CON ALCOHOL AL 80%	9
4	DISTRIBUCION DE PROTEINAS EN EL GRANO DE TRIGO	10
5	DISTRIBUCION DE LIPIDOS EN EL GRANO DE TRIGO	10
6	ANALISIS PROXIMAL DE VITAMINAS EN EL GRANO DE TRIGO	11
7	VITAMINAS Y MINERALES EN FUNCION DEL GRADO DE EXTRACCION	12
8	PRODUCCION NACIONAL DE TRIGO	12
9	OBTENCION DE DIFERENTES HARINAS Y SUBPRODUCTOS	22
10	OBTENCION DE DIFERENTES SUBPRODUCTOS CON	22
11	DOSIFICACION DE AGENTES OXIDANTES Y REDUCTORES	25
12	CLASIFICACION DE HARINAS EN MEXICO	28
13	ANALISIS PROXIMAL DE HARINAS EN FUNCION DEL GRADO DE EXTRACCION	29
14	ANALISIS DE AMINOACIDOS DEL GLUTEN Y DE LAS PRINCIPALES PROTEINAS DEL TRIGO mg/100g DE PROTEINAS	30
15	CONSTITUCION DEL GLUTEN BRUTO	31
16	USOS DEL HARINA EN FUNCION AL PORCENTAJE DE PROTEINAS	34
17	GRADO DE EXTRACCION DEL HARINA	35
18	INTERPRETACION DE ALVEOGRAMAS MUY FUERTES	38
19	INTERPRETACION DE ALVEOGRAMAS FUERTES	38
20	INTERPRETACION DE ALVEOGRAMAS MEDIO FUERTES	39
21	INTERPRETACION DE ALVEOGRAMAS DEBILES	39
22	INTERPRETACION DE ALVEOGRAMAS MUY DEBILES	39
23	FORMULA PASTEL TIPO PANQUE	44
24	CUADRO GENERAL DE RESULTADOS	48
25	CURVA PATRON DE HARINAS PASTELERAS CON GLUTEN DE 0.5 HASTA 4.0g/100g DE HARINA	49

26	ANALISIS PROXIMAL DE GLUTEN	50
27	ANALISIS PROXIMAL HARINA PASTELERA SIN ADICION DE GLUTEN DE TRIGO	50
28	ANALISIS GRANULOMETRICO DE GLUTEN DE TRIGO	51
29	ANALISIS GRANULOMETRICO DE HARINA PASTELERA CON 0.0 g DE GLUTEN DE TRIGO	51
30	ANALISIS GRANULOMETRICO DE HARINA ENRIQUECIDA CON GLUTEN DE 0.5 HASTA 4.0 g / 100 g DE HARINA	51
31	pH DE HARINA ENRIQUECIDA CON GLUTEN DE TRIGO	53
32	PRUEBAS REOLOGICAS DE HARINA ENRIQUECIDA CON GLUTEN DE 0.5 HASTA 4.0g/100g DE HARINA	53
33	PRUEBAS DE PANIFICACION PASTELES ELABORADOS CON HARINAS ENRIQUECIDAS CON GLUTEN DE TRIGO DE 0.5 HASTA 4.0 g/100g DE HARINA	60
34	ESPECIFICACIONES DE MATERIA PRIMA PARA HARINA PASTELERA	66

INDICE DE FIGURAS

FIGURA No. 1	ESTRUCTURA FISICA DEL GRANO DE TRIGO	7
FIGURA No. 2	MOLIENDA DEL GRANO DE TRIGO DIAGRAMA DE BLOQUES	14
FIGURA No. 3	DIAGRAMA DE FLUJO DE UN SISTEMA TIPICO DE MOLIENDA DEL GRANO DE TRIGO	15
FIGURA No. 4	ENTOLETER	18
FIGURA No. 5	CUADRO METODOLOGICO	42
FIGURA No. 6	OBTENCION DE UNIDADES EXPERIMENTALES	45
FIGURA No. 7	CURVA PATRON DE HARINA PASTELEPA GRAMOS DE GLUTEN DE TRIGO / PORCENTAJE DE PROTEINA	49
FIGURA No. 8	ANALISIS GRANULOMETRICO DE HARINA ENRIQUECIDA CON GLUTEN DE TRIGO PROMEDIO	52
FIGURA No. 9	PORCENTAJE DE ABSORCION DE AGUA	54
FIGURA No. 10	INDICE DE ELASTICIDAD	55
FIGURA No. 11	TIEMPOS DE AMASADO	56
FIGURA No. 12	REACOMODO DE GRUPOS DISULFURO EN EL MEZCLADO	57
FIGURA No. 13	TIEMPO DE CAIDA	58
FIGURA No. 14	TIEMPO DE ESTABILIDAD	59
FIGURA No. 15	PESO DEL PASTEL	61
FIGURA No. 16	VOLUMEN DEL PASTEL	62
FIGURA No. 17	PORO DEL PASTEL	63

RESUMEN

A través del estudio de la funcionalidad desarrollada por harinas enriquecidas con diferentes concentraciones de proteína se concluye acerca de los criterios de calidad para harinas destinadas a la Industria Pastelera en México.

Se trabajó con un lote de harina turbulizada homogeneizado, al cual se le varió el contenido de proteínas, mediante el enriquecimiento con gluten de trigo en intervalos de 8.2 a 10.3g de proteína total/100g de harina.

A cada muestra de harina enriquecida se analizó pH, granulometría, humedad, proteínas, carbohidratos, cenizas, porcentaje de absorción, tiempo de amasado, de estabilidad y de caída, índice de estabilidad, trabajo de deformación y prueba de panificación, esta última elaborando un pastel de tipo panque, al que se evaluó aspectos físicos (volumen, peso, tamaño de poro).

Los resultados categorizan que el aumento de proteínas influye en forma directa en el peso del pastel, tiempo de amasado y de estabilidad, en el porcentaje de absorción de agua e índice de estabilidad.

Los mejores resultados reológicos de la harina se obtuvieron con 9.1g de proteína /100g de harina. Así mismo los mejores pasteles tipo panque se lograron con esta concentración de proteína, alcanzando el mejor volumen y menor tamaño de poro con 65.1 -66.2% de absorción, 12.6 a 13.1 ergios de índice de elasticidad, 7.45 min. de tiempo de amasado, 7.5 - 7.8 min. de tiempo de estabilidad y de 1.8 min. de tiempo de caída.

Se concluye con especificaciones generales de harina pastelera que sirven de apoyo al industrial en la toma de decisiones, en el control interno y de desarrollo de proveedores.

OBJETIVO GENERAL

Enumerar las especificaciones para harina de trigo pastelera y determinar la influencia de la concentración de proteínas en la calidad de la misma, para eficientar los criterios de selección del harina y optimización del proceso de pastelería.

OBJETIVOS PARTICULARES

- 1.- Identificar la influencia de la concentración de proteínas en los siguientes parámetros de harina pastelera:
 - % de Absorción
 - Tiempo de Estabilidad
 - Tiempo de Amasado
 - Tiempo de Caída
 - Índice de Elasticidad
 - Trabajo de Deformación
- 2.- Estimar la influencia de la concentración de proteínas en las características de volumen, peso y tamaño del poro, de un pastel tipo panqué.

CAPITULO I
GENERALIDADES

1.- TRIGO

El trigo es una planta gramínea con espigas terminales, compuestas de cuatro o más carreras de granos.

1.1.- CLASIFICACION DE TRIGO

Las diferentes clases de trigo que existen se clasifican con base en varios criterios, como pueden ser :

- a) Botánico
- b) Color y textura del grano
- c) Temporada de siembra
- d) Textura del endospermo
- e) Contenido de proteínas

a) BOTANICO

El criterio botánico es el más utilizado, existen 18 especies de trigo,^{1,2,3} pero muy pocas de éstas se cultivan comercialmente, por lo que se presenta la clasificación botánica de las variedades más comerciales:^{1,2,3}

- 1) *vulgare*, trigo BLANDO
- 2) *durum*, trigo DURUM
- 3) *compactum*, trigo CLUB
- 4) *largum*, trigo POULARD
- 5) *dicoccum*, trigo EMMER
- 6) *spelta*, trigo SPELT
- 7) *polanicum*, trigo POLISH
- 8) *maroccanum*, trigo EINKORN

b) COLOR Y TEXTURA DEL GRANO

Este criterio contempla la textura de las variedades rojas y blancas. El cultivo de estos cereales, se basa en el alto rendimiento, gran resistencia a las diversas condiciones del clima, así como del ataque de insectos y enfermedades y resaltando la composición que espera el industrial: es decir, el tipo de grano que reditúa y se adapte a las necesidades del uso especial que se pretenda hacer del material. El trigo WHITE, por ejemplo es utilizado para la elaboración de pan sin levadura, tartas, pasteles, galletas y tideos instantáneos.^{1,2,3}

c) TEMPORADA DE SIEMBRA

Incluye dos variedades, la de trigo de invierno y la de trigo de primavera.

TRIGO DE INVIERNO. Es una variedad característica de la región europea, sobre todo de la parte noroeste, donde el suelo tiene la peculiaridad de no helarse tan fácilmente. Este tipo de grano, se distingue por la facilidad de germinar en el otoño y de crecer en una forma muy lenta hasta la primavera. El contenido proteico, al parecer es una función del tipo de suelo y

del grado de pluviosidad. En regiones con clima con pluviosidad más constante, el grano madura más despacio produciendo mayores rendimientos y con un menor contenido protéico.

TRIGO DE PRIMAVERA. Crece en algunas campiñas como es el caso de las campiñas Canadienses o el de las estepas Rusas donde las condiciones invernales son demasiado severas, este tipo de trigo se debe sembrar lo mas pronto posible de forma tal que la recolección pueda efectuarse antes de los primeros hielos de otoño. Existen varios factores que favorecen la producción de este tipo de grano de maduración rápida, como máxima pluviosidad en primavera e inicio del verano y máxima temperatura a mediados y final de verano.

d) TEXTURA DEL ENDOSPERMO

Esta clasificación con respecto a la textura del endospermo, diferente a la textura del grano como tal, comprende las siguientes variedades: vitreos o cristalinos, harinosos u opacos, extraduros, medios y blandos.

GRANOS VITREOS O CRISTALINOS. Son translucidos y brillantes al observarse a través de una fuente de luz; en general es menor en contenido de almidón y mayor el de proteína. El carácter vitreo se puede inducir abonando con fertilizantes nitrogenados.^{1,2,3}

GRANOS HARINOSOS U OPACOS. Son en general opacos al observarlos a través de una fuente de luz; el carácter harinoso se favorece cuando hay una pluviosidad elevada, suelos ligeros y arenosos, dependiendo mas de estas condiciones que del tipo del grano. Los granos harinosos son característicos de las variedades de invierno.^{1,2,3}

GRANOS EXTRADUROS. Son los típicos granos de Manitoba Canadá, son de tipo duro rojo de primavera (HWR) Americanos.^{1,2,3}

GRANOS DUROS. Este tipo de trigo proporciona un harina de partículas arenosas y no fácil de cernir y de forma regular que son, en su mayoría células enteras del endospermo, en donde existe una fácil separación del salvado; son ejemplos los *durum*, utilizadas en la fabricación de macarones y tallarines.

GRANOS BLANDOS. Dan una harina muy fina formada por partículas irregulares de las células del endospermo, además de fragmentos muy pequeños y gránulos de almidón; por lo que la separación del salvado es más difícil. Las variedades Europeas y Americanas, rojas de invierno, son ejemplos de esta clase de trigo.^{1,2,3}

e) CONTENIDO DE PROTEÍNAS

El contenido de proteínas es importante, ya que proporcionan la fuerza del trigo y de esta manera se clasifican en fuertes y flojos. La fuerza del trigo es una característica relacionada con el volumen y miga del pan. Los del tipo fuerte, con un elevado contenido de proteínas, como es el caso de los Manitoba, Americanos duros rojos de primavera y Pusos de primavera, mientras que los flojos, contienen un bajo contenido proteínico y son los Americanos duros de invierno y parte de la región suroeste de Europa.¹²⁴

1.2 CLASIFICACION DE LOS TRIGOS EN MEXICO

a) GRUPO I

Llamados generalmente trigos fuertes o duros, son los más altos en proteínas, peso específico, fuerza general y elasticidad normal del gluten, que se traduce en excelente volumen del pan. Los trigos de esta clase, son excelentes para el pan de caja.¹²⁵

b) GRUPO II

Conocidos como medios fuertes, generalmente más bajos en proteínas, fuerza general y rinden un menor volumen que los del grupo uno. Este segundo grupo de trigo se usa generalmente para pan francés o pan dulce de fermentación, de igual forma son adecuados para galleta salada.¹²⁶

c) GRUPO III

Son del tipo suave, de gluten elástico y extensible, baja fuerza general, bajo volumen del pan, pero ideales para la industria galletera. Actualmente existe escasez en la producción de estos trigos, pero el uso de aditivos ha aliviado en gran parte esta situación.¹²⁷

d) GRUPO IV

Los trigos duros son químicamente semejantes a los del grupo III, sus masas son notablemente más tenaces por lo que se utilizan en la elaboración de pasteles.¹²⁸

e) GRUPO V

Llamados trigos vitreos cristalinos *Durum* deben usarse principalmente para la fabricación de harinas o semolina para pastas.¹²⁹

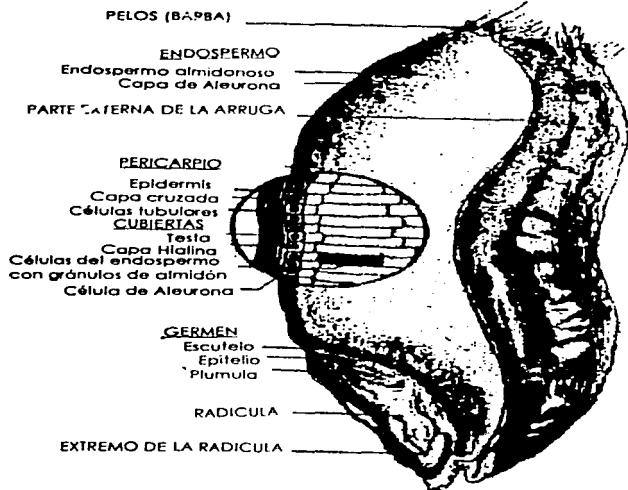
1.3 ESTRUCTURA FISICA DEL GRANO DE TRIGO

La cubierta de un grano de trigo está compuesta por cinco capas, las tres primeras constituyen el salvado que se separa del resto durante la moliadura, la capa más externa es la epidermis, después el epicarpio, cuya fibra va longitudinal al grano, mientras que la estructura del endospermo, es transversal. La capa siguiente es la testa, de estructura muy fina, constituye la

verdadera envoltura del grano; en esta capa está el pigmento que dá color al trigo, en los trigos rojos, ésta es roja.

La última capa es la aleurona, frecuentemente se considera que pertenece al salvado; pero de hecho, está íntimamente ligada al endospermo; la constituye una sola capa de células, las cuales son de forma cuadrada y vistas en sección transversal, pero en sección frontal, aparecen poligonales, presentando un aspecto parecido a un panal. La estructura física del grano de trigo se presenta en la FIGURA No. 1 y los porcentajes de cada una de las estructuras en el CUADRO No. 1.

FIGURA No. 1
ESTRUCTURA FÍSICA DEL GRANO DE TRIGO



FUENTE: POTTER N. NORMAN*

CUADRO No 1
PORCENTAJE DE LAS ESTRUCTURAS FISICAS DEL TRIGO

ESTRUCTURA	PORCENTAJE
CAPA ESTRUCTURAL	
EPIDERMIS	7.00
EPICARPIO	
ENDOCARPIO	
TESTA	
ALEURONA	8.00
GERMEN	2.50
ENDOSPERMO	82.50
TOTAL	100.00

LA SUMA DE LA EPIDERMIS EPICARPIO ENDOCARPIO Y TESTA ES DEL 7.00%
FUENTE: FERRER, NO. 10

1.4 COMPOSICION QUIMICA DEL GRANO

A continuacion se presenta una composicion aproximada del grano de trigo CUADRO No. 2, tomando los constituyentes más importantes.

CUADRO No. 2
COMPOSICION DEL GRANO DE TRIGO

CAPA ESTRUCTURAL	PORCENTAJE DE GRANO	PORCENTAJE DE ALMIDON	PORCENTAJE DE PROTEINA	PORCENTAJE DE FIBRA	PORCENTAJE DE GRASA	PORCENTAJE DE CENIZAS
PERICARPIO	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TESTA	0.00	0.00	20.00	70.00	30.00	0.00
ALEURONA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	67.00
ENDOSPERMO	82.00	100.00	72.00	27.00	50.00	23.00
EMBRIÓN	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00
ESCUTELO	0.00	0.00	8.00	3.00	20.00	0.00

FUENTE: POMERANI Y DADA, 1961

CARBOHIDRATOS.

Los carbohidratos son la fuente de energía más eficiente disponible para el cuerpo humano. El almidón que es el principal carbohidrato presente en el trigo, está formado por cadenas de moléculas simples de azúcar, constituye aproximadamente el 60% del grano de trigo y un 71% del endospermo. Se encuentra en dos formas, **amilosa** y **amilopectina**. La amilosa está compuesta por cadenas que contienen de 200 a 300 moléculas de glucosa, representa aproximadamente un 23% del almidón del trigo. La amilopectina, compuesta por más de mil moléculas de glucosa unidas en forma de cadenas que se ramifican y se vuelven a ramificar formando una estructura arborecente debido a sus enlaces α -1-6. El trigo contiene otros azúcares como **glucosa**, **fructosa**, **sacarosa**, **maltosa** y otros más complejos como la hemicelulosa y celulosas (principal constituyente de las paredes celulares de los granos de cereales y forma un conjunto

que se denomina fibra cruda). Un análisis proximal de los azúcares extraídos con alcohol al 80% y separados por cromatografía en papel son mostrados en el CUADRO No. 3¹²⁴

CUADRO No. 3
ANÁLISIS PROXIMAL DE AZÚCARES DEL GRANO DE
TRIGO EXTRAÍDOS CON ALCOHOL AL 80%

AZÚCAR	INTERVALO MÍNIMO PORCENTAJE DE TRIGO	INTERVALO MÁXIMO PORCENTAJE DE TRIGO
GLUCOSA	0.01	0.09
FRUCTOSA	0.02	0.08
SACAROSA	0.19	0.26
MALTOSA	0.06	0.01
ALIGOSACÁRIDOS	1.26	1.31

FUENTE: POMERANZ Y cols. ed. #

PROTEÍNAS

Estos compuestos se encuentran principalmente en el endospermo y básicamente se dividen en cuatro grupos.

- A) SOLUBLES EN AGUA FRÍA
- B) SOLUBLES EN SOLUCIÓN SALINA
- C) SOLUBLES EN ALCOHOL AL 80%
- D) LAS INSOLUBLES EN CUALQUIERA DE ESTOS SOLVENTES

Las proteínas están constituidas por 18 aminoácidos. las solubles en agua están formadas por 2 sustancias de estructura y composición simples denominadas **proteosas** y **peptonas**. Las proteosas son los productos resultantes de una hidrólisis, son solubles en agua y no coagulan por efecto del calor, precipitan por saturación de sus soluciones con sulfato de amonio o zinc. Las peptonas de igual forma no coagulan por efecto del calor y no precipitan cuando sus soluciones se saturan con sulfato de amonio. La proteína de mayor importancia en esta clasificación es la **albúmina**. La cual es susceptible de coagular por efecto del calor.

La **albúmina** y las **globulinas** son solubles en disolución salina y coaguladas por calor, estas representan entre el 15 y el 20% del total de las proteínas de la harina de trigo.¹²⁴

La **gliadina** o **prolamina** es soluble en alcohol al 80% pero insoluble en alcohol puro o solventes neutros, contiene cadenas de polipeptidos que carecen de estructura helicoidal debido a la presencia del aminoácido prolina. Consta de unidades relativamente pequeñas y uniformes con estructuras de pliegue mantenidas gracias a la existencia de puentes de disulfuro. Sus pesos moleculares varían entre 16000 y 50000 daltons.¹²⁴

Por último las insolubles en los disolventes ya mencionados son las **gluteninas**. Son solubles en soluciones ácidas o básicas y se coagulan con el calor. Esta proteína junto con la gliadina (prolamina), en relación aproximada de 1-1, constituyen el **gluten**, el cual obviamente se puede separar por cualquier lavado de la harina de trigo. La prolamina es una asociación lineal de

cadena de polipeptidos con un peso molecular comprendido entre 20.000 y 100.000 daltons. estas subunidades se hayan unidas entre si mediante puentes disulfuro, de lo cual resultan polimeros de peso molecular comprendido entre 50.000 y varios millones de dalton. En estas moléculas se encuentran tambien enlaces disulfuro intramoleculares. La distribución de las proteínas en el grano de trigo se presenta esquematicamente en el CUADRO No. 4 que se muestra a continuación.

CUADRO No. 4
DISTRIBUCION DE PROTEINAS EN EL GRANO DE TRIGO

CAPA ESTRUCTURAL	PROPORCION DE ALBUMEN	CONTENIDO PROTEICO PORCENTAJE DE TRIGO
PERICARPIO	8.00	4.40
ALEURONA	7.00	12.70
ENDOSPERMO :		
END. EXTERIOR	12.50	13.70
END. MEDIO	12.50	13.70
END. INTERIOR	57.50	6.20
EMBRION	1.00	33.30
ESCUTELO	1.50	26.70

FUENTE: KESTER, 1964, p. 108

GRASA

El contenido de grasa en el grano de trigo oscila entre 1 a 2%, se localiza en el germen, aleurona y endospermo. Varios estudios¹, han reportado hasta 23 diferentes clases de acilípidos, distribuidos en las regiones ya mencionadas. Se estima que el grano de trigo tiene un 49.6% de lípidos no polares y un 50.4% de lípidos polares, pertenecientes a la clase de los glicolípidos y fosfolípidos en una relación de 14.4 y 36.0% respectivamente. En el CUADRO No. 5 se muestra la distribución total de lípidos.

CUADRO No. 5
DISTRIBUCION DE LIPIDOS EN EL GRANO DE TRIGO

CAPA ESTRUCTURAL	PORCENTAJE DE LIPIDOS TOTALES	PORCENTAJE DE LIPIDOS NO POLARES	PORCENTAJE DE LIPIDOS POLARES
ALEURONA	24.80	17.20	6.90
ENDOSPERMO	44.30	10.40	34.40
GERMEN	30.40	24.10	6.30

FUENTE: KESTER, 1964, p. 108

La cantidad y calidad de los lípidos depende de varios factores, tales como la temperatura de cosecha, los factores ambientales y sobre todo la variedad del grano.

La grasa de los cereales que han sido sometidos a molienda pueden sufrir algunas alteraciones originadas por hidrólisis oxidativa, por la acción de la lipasa, que está presente en el grano, o bien por la acción de la lipoxidasa, existiendo la posibilidad de reacciones no enzimáticas en presencia de oxígeno.¹⁶

VITAMINAS Y MINERALES

En el trigo se encuentran principalmente las del complejo B. Un análisis proximal de vitaminas en el grano es mostrado en el CUADRO No. 6.

CUADRO No. 6
ANÁLISIS PROXIMAL DE VITAMINAS EN EL GRANO DE TRIGO

CAPA ESTRUCTURAL	PORCENTAJE PANTOTÉNICO	PORCENTAJE RIBOFLAVINA	PORCENTAJE NIACINA	PORCENTAJE PIRIDOXINA	PORCENTAJE TIAMINA
ENDOSPERMO	43.00	32.00	12.00	6.00	3.00
SALVADO	50.00	42.00	84.00	73.00	33.00
GERMEN	7.00	26.00	2.00	21.00	64.00

FUENTE: BOLETÍN INFORMATIVO DE LA FAO No. 10, p. 24.

El harina blanca es deficiente en estos compuestos y es obvio que entre mayor sea el grado de extracción, el porcentaje de las vitaminas disminuye. Es por eso la importancia de consumir harinas integrales, que contienen una buena proporción de salvado y por ende de vitaminas. Por ejemplo, la molienda para la obtención del 70% de harina blanca de trigo, elimina el germen y la cáscara, esto es: aproximadamente un 75% del contenido de cenizas, más del 70% para la vitamina B1, más del 60% del ácido fólico, biotina y ácido nicotínico y arriba del 50% de la vitamina E. Estas cifras se pueden analizar en el CUADRO No. 7, en función del grado de extracción.¹⁷

Los principales minerales presentes en el trigo son: El sodio, cloro y aluminio, los cuales son localizados en el salvado en forma de fosfatos y sulfatos de potasio, magnesio y calcio. La cantidad de éstos, en el grano de trigo, dependen del grado de extracción que se lleva a cabo en el proceso de molienda.

CUADRO No. 7
VITAMINAS Y MINERALES EN FUNCION DEL GRADO DE EXTRACCION

VITAMINAS	100% DE EXTRACCION	90% DE EXTRACCION	80% DE EXTRACCION	70% DE EXTRACCION	60% DE EXTRACCION
B1	0.390	0.350	0.240	0.11000	0.07000
B2	0.100	0.110	0.080	0.06000	0.04000
PP	5.000	2.220	1.600	0.90000	0.72000
B6	0.470	0.370	0.270	0.17000	0.07000
AC. PANTOTENICO	1.170	0.080	0.570	0.45000	0.39000
AC. FOLICO	0.050	0.030	0.020	0.01000	0.01000
BIOTINA	0.009	0.005	0.002	0.00100	0.00000
C	4.180	3.220	2.420	1.91000	1.49000
MINERALES					
CALCIO	42.000	31.000	23.000	17.00000	14.00000
HIERRO	3.620	2.820	2.020	1.220000	0.620000

FUENTE: BOLETIN INFORMATIVO CALABE

1.5 PRODUCCION DE TRIGO

La producción de trigo a nivel nacional en 1994 fue de 9.979.847 y 3.351.142 toneladas para la superficie sembrada y cosechada respectivamente. Para 1995 fue de 6.074.762 y 4.105.472 toneladas para la superficie sembrada y cosechada respectivamente. El desglose de las cifras mencionadas en función a los ciclos primavera-verano y otoño-invierno son mostrados en el CUADRO No. 8.

CUADRO No. 8
PRODUCCION NACIONAL DE TRIGO

PERIODO	SEMBRADAS	COSECHADAS	CICLO
1994	930.432	297.326	PRIMAVERA-VERANO
1994	5.503.274	3.853.816	OTOÑO-INVIERNO
1995	915.006	559.331	PRIMAVERA-VERANO
1995	5.159.756	3.546.141	OTOÑO-INVIERNO

FUENTE: SACIAR, DIRECCION GENERAL DE INFORMACION AGRICOLAPECUARIA Y DE FERIA, SISTEMA ELEGATIVO DE DATOS BASICOS

2. MOLINDA DEL GRANO DE TRIGO

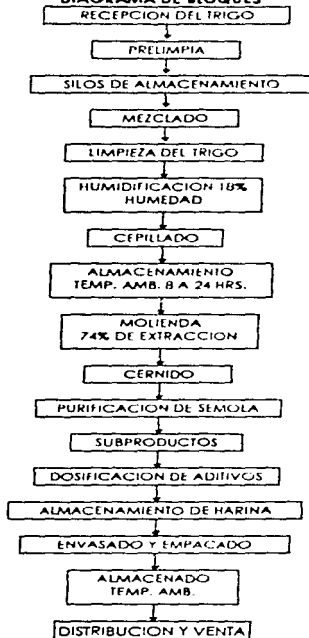
2.1 PROCESOS DE OBTENCION DE HARINA

Desde el punto de vista general, seis son las operaciones básicas en la obtención del harina:

- RECEPCION
- LIMPIEZA
- ACONDICIONAMIENTO
- TRITURADO
- TAMIZADO
- PURIFICADO

A continuación se describen las operaciones mencionadas, además de mostrarse en la FIGURA No. 2 el Diagrama de Bloques de la Molienda del Grano de Trigo y en la FIGURA No. 3 El Diagrama de Flujo de un Sistema Típico de Molienda de Grano de Trigo.

FIGURA No. 2
MOLIENDA DEL GRANO DE TRIGO
DIAGRAMA DE BLOQUES



FUENTE: POTTER N. NORMAN. (4)

a) RECEPCION

El trigo es recibido en el molino mediante elevadores, y descargado, ya sea en naves, lanchones, ferrocarriles o camiones. Muestras de cada embarque son tomadas por personal especializado, para el control de calidad del producto, quienes inspeccionan y clasifican el grano. El trigo debe estar libre de plagas o contaminación con granos vanos de menor calidad. lo que es llamado panza blanca. granos que al molerse dan una gran cantidad de polvos debido a la fragilidad natural de éstos, ocasionalmente la destrucción de buena parte del almidon y proteínas; situación que posteriormente ocasionará problemas en el pastel (bajo volumen, mala apariencia y textura pastosa).

Diferentes trigos son usualmente mezclados antes de la molienda para llegar al producto final deseado, similarmente son mezclados diferentes tipos de harina para cubrir las especificaciones de los consumidores y proveer las características pasteleras deseadas.^{2, 3, 10, 11}

b) LIMPIEZA

Se tienen equipos que separan el trigo de semillas y otros granos o materiales extraños tales como pajas o piedras y maquinas para limpiar y tallar cada grano pequeño, el lugar y secuencia de los equipos varia de molino a molino. Este proceso comienza con un separador, donde primero el trigo pasa a traves de un tamiz vibratorio el cual remueve pedacitos de paja u otros materiales extraños, y bajo un segundo tamizado se separan materiales extraños mas pequeños parecidos a semillas. Mediante el proceso de separación se succionan las impurezas del trigo la corriente de granos se hacen cruzar directamente a traves de un tamiz mientras se aspira polvo y particulas mas ligeras.

Actualmente el grano se recibe en mayor cantidad a traves de un limpiador, despues pasan al aspirador que se mueve dentro de un disco separador y que consiste de un disco revolovedor sobre un eje horizontal. la superficie del disco esta dentada para recibir granos individuales de trigo pero rechaza material mas grande o más pequeño. las paletas empujan el trigo del final de una máquina a otra. los discos revolovedores descargan el trigo dentro de una tolva, o dentro de una corriente continua. el trigo entonces es movido dentro de un restregadero (máquina en la cual un balidor dependiente de una flecha central la lanza violentamente contra un recipiente circular), que pule cada grano y rompe el arista. El restregador puede ser horizontal o vertical, con o sin cepillos, y ajustado para un restregamiento blando, medio o duro, mientras las corrientes de aire llevan el polvo y particulas sueltas de salvado. La corriente de trigo entonces pasa a un separador magnetico que elimina particulas de hierro y acero. la siguiente pieza del equipo puede ser un lavador de piedra el cual consiste de rotores que gran a alta velocidad el trigo en un baño de agua, el exceso de agua es eliminado por fuerza centrifuga, pequeñas piedras de la superficie son removidas, y los materiales ligeros flotan dejando solamente al trigo.

Algunos molinos utilizan también la limpieza en seco que se basa en la velocidad del giro del trigo para eliminar impurezas, el cual pasa bajo una tabla vibratoria inclinada que emplea una acción complementaria para empujar piedras y material pesado, lejos de los trigos ligeros descargados separadamente, algunos trigos de diferentes características son mezclados después del proceso de limpieza para adquirir las características deseadas para molenda y para harina.²⁸¹³¹⁷

c) ACONDICIONAMIENTO (HUMIDIFICACION)

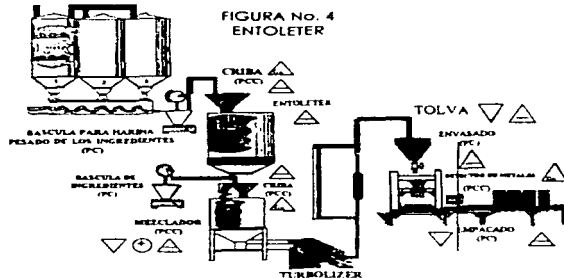
El trigo relativamente seco (humedad del 11.0 al 11.5%) es siempre deseable porque se puede almacenar mejor, el trigo húmedo (14% de humedad) produce calor en almacenamiento, algunas veces germina, se mohosea, fermenta o se pudre, en la actualidad los elevadores disponen de termómetros digitales que continuamente registran la temperatura del grano en varios niveles en silos gigantes, cuando la temperatura de 27°C se alcanza más rápido de lo normal, el operador del elevador voltear, mueve o pasa el trigo de un silo a otro para evitar el exceso de calor.

En la mollienda moderna el acondicionamiento o templado del trigo se hace al empezar la trituración, en este paso el trigo adquiere una humedad de 14.5 a 15.5 %, el templado ayuda a la separación del salvado del endospermo y ayuda a mantener constante la temperatura y humedad en la mollienda, el porcentaje de humedad, el tiempo de acondicionamiento de la misma y la temperatura son tres factores importantes en el templado, con diferentes requerimientos en trigos blandos, medios y duros. Una cierta cantidad de agua para el templado puede ser adicionada, humedeciendo el trigo, o el trigo puede ser lavado hasta que adquiera cierta humedad o también puede ser pasado por vapor bajo presión reducida.

Los trigos más húmedos, mayores a 18% ocasionan problemas en la trituración (atascamiento) provocando fricciones que producen focos de calentamiento e influyen en las proteínas del trigo y que en la práctica se traduce en pasteles quebradizos de poco volumen y mala apariencia; con humedades menores a 18% el trigo se vuelve más frágil y el endospermo es dañado en la mollienda generando una mayor cantidad de almidón fracturado. Las harinas pasteleras que son obtenidas bajo estas condiciones absorben una menor cantidad de agua y en consecuencia se obtienen pasteles quebradizos, resecos con poro cerrado y mala apariencia. Dependiendo del sistema, el trigo humedecido es acondicionado en el silo por un periodo de 8 a 24 horas, en función del tipo de trigo. Las capas exteriores del grano de trigo tienden a quebrarse, y el templado hace que las capas de salvado se separen de una forma más completa del endospermo.

Con el templado, el grano de trigo se suaviza y condiciona a las partículas del endospermo a que se rompan más libremente en la mollienda, cuando el contenido de humedad se homogeneiza en el trigo para una mollienda eficiente (18%), el grano es pasado a través de un aspi-

rador-restregador (entoletter) como un paso final de la molienda. Los discos revuelven a alta velocidad en el entoletter FIGURA No. 4 y lanzan el trigo contra una especie de dedos (como alfileres). El impacto rompe algunos granos podridos o vanos los cuales son rechazados. De esta máquina el trigo fluye al recipiente o tolva de trituración.



d) TRITURADO

Se entiende por trituración a la fragmentación del grano de forma que se consiga una disociación de cada una de sus partes anatómicas. El desarrollo que ha tenido esta operación es muy claro, debido principalmente a la evolución en el diseño de los molinos utilizados. Cabe recordar que hasta la mitad del siglo XIX el trigo se trituraba en molinos de piedra, el cual se fue modificando de tal forma que fue posible la elaboración de harinas de diferentes clases, mediante el método de molienda alta, "a diferencia de la trituración con una sola clase de harina, molienda baja".⁴

La adición de palancas a los molinos de piedra produjo un mayor poder para moler mayores cantidades de trigo. La aplicación del viento o agua al trabajo del triturado hizo posible molinos más grandes obteniendo mayor cantidad de harina. Con el desarrollo industrial las máquinas cortadoras y trilladoras fueron incorporadas al diseño de los molinos.

Actualmente, la mayoría del equipo molinero es accionado individualmente por métodos eléctricos. En el caso de fallas de un motor, las unidades de poder trabajan de tal manera que el cambio pueda realizarse rápidamente sin demasiada interrupción de la operación total de molienda.

En otras instalaciones más antiguas, los motores eléctricos transmitían poder a una vara a partir de la cual se accionaban las ruedas y más tarde las correas manejaban los rodillos del molino y de otro equipo. Los molinos de rodillos ofrecen además varias ventajas como son:

- 1) Eliminar el costo de recubrimiento de los molinos de piedra
- 2) Permite una extracción más grande y más gradual
- 3) La producción de una mayor cantidad de harina de mejor grado de extracción
- 4) El producto por sí mismo es más limpio y atractivo
- 5) Los molinos son más apropiados en la molienda de trigos duros

Los molinos más modernos están totalmente automatizados. Las corrientes de grano en esta molienda pueden ser eliminadas y separadas desde un panel de control central. Al tocar botón, éstas pueden correr separadamente o mezclarse en proporciones exactas automáticamente con otra corriente de trigo. Pueden existir molinos distribuidos en bancos o que consten de una unidad. La cantidad de bancos utilizados en un molino depende de las necesidades de producción. En un molino de una sola unidad se llevan a cabo las operaciones descritas en la molienda así como la obtención de subproductos.

En Buhler Industrial fabrican molinos que trabajan con capacidades de 100, 150 hasta 300 ton/día, obteniéndose harinas de un 75 - 80% de extracción, generalmente de primer y segunda y de tercera. Los molinos de cilindros, ampliamente utilizados en la industria molinera cuentan con las siguientes características.

- i) Cada uno de estos molinos va equipado con un par de rodillos generalmente de 9 - 10 pulgadas de diámetro y 40 pulgadas de longitud, montados diagonalmente u horizontalmente, alineados paralelamente en toda su longitud
- ii) La abertura y separación entre las estrias de cada pareja de rodillos puede variar con objeto de obtener la trituración deseada
- iii) Ambos rodillos giran en direcciones opuestas. Uno de los rodillos gira más rápidamente que el otro siendo esta diferencia de velocidades generalmente de 2.5 a 1. Los rodillos llevan la superficie acanalada o estriada. El grano que se va a moler se deja entrar a los rodillos en forma de cortina delgada.
- iv) En el primer molino de estrias se rasga el grano a lo largo de su arruga, y desenrollan las cubiertas corticales de manera que cada una está formada por una capa de endospermo relativamente gruesa y estrechamente unida a la fina hoja del salvado. Esta primera molienda produce una mezcla de partículas que difiere en tamaño y composición. Las mayores provienen de cubiertas corticales del trigo que todavía llevan unidas gruesas capas de endospermo; las de tamaño intermedio son sémola, aceite y mostacilla (partículas de tamaño grande y mediano derivadas solamente del endospermo).

v) Las partículas mayores, junto con las que no atraviesan los tamices se llevan a un segundo molino, en el que los rodillos están más juntos y sus estrias son más finas. Las partículas que no pasan por los tamices en esta segunda molienda se a llevan a una tercera, y así sucesivamente: la abertura entre los rodillos se hace progresivamente más estrecha y las estrias más finas en cada molino (1.0- 2.0 mm máxima).²⁷

Los rodillos del primer rompimiento son más corrugados que los rodillos de la última pulverización que reducen las partículas del endospermo a lo largo del proceso. Los rodillos están en partes y rotan uno contra otro y a diferentes velocidades, el espacio entre los rodillos y la presión pueden ser ajustadas así como la velocidad de cada rodillo separador. En este primer rompimiento el molinero selecciona la superficie exacta de molienda que se desea de acuerdo con las corrugaciones, la velocidad de los rodillos dependiendo del tipo de trigo y su acondicionamiento. El siguiente paso introduce las partículas rotas del trigo y salvado dentro de unas cajas parecidas a tamices donde son sacudidas a través de una serie de cribas que separan a lo largo las partículas pequeñas. Los molineros usan espas planas y cilíndricas como tamizadores, un método más eficiente es el de caída en caja sobre barras flexibles permitiendo un movimiento rotatorio y también un tener mucha vibración. Generalmente se usan alrededor de 27 armazones en cada tamiz y las partículas se van separando de arriba hacia abajo de acuerdo a su finura. Las partículas de endospermo ya separadas según su medio son llevadas a purificadores separados. En un purificador, un flujo controlada de aire levanta las partículas de salvado mientras que el tamiz al mismo tiempo separa y clarifica las fracciones gruesas por medida y calidad.

Cuatro o cinco rodillos rompedores adicionales, con sucesivas corrugaciones finas y seguidas por un tamiz, son usualmente utilizadas para reecular el material grueso a partir de los tamices y reducir las partículas de trigo tan libres de salvado como sea posible. Partículas de germen, parecidas a plástico, pueden ser aplanadas por un paso posterior y a través de rodillos que reducen las partículas de tamaño mediano a harina más fina. El proceso es repetido una y otra vez hasta que la máxima cantidad de harina sea separada, conteniendo al final de **74% de extracción**.^{28, 10-13}

e) TAMIZADO

Los tamices empleados en la fabricación de harina se hacen de tejido de alambre, seda o nylon : los de alambre se emplean generalmente en las primeras etapas de la molienda, y los de seda y nylon en las restantes aunque también en éstas pueden emplearse los de alambre. El tamizado puede hacerse en cernedores planos o centrifugos. El cernedor plano (plastichter) es una máquina formada por un anaquel vertical de tamices horizontales, girando todos en conjunto en un plan horizontal. La mezcla que ha de cernir llega a la parte alta y cae de tamiz a tamiz por gravedad. Uno de estos cernedores puede llevar tamices de 4 ó 5 espesores de malla

distintos, con lo que se separa 5 a 6 fracciones de partícula de distinto tamaño. Conviene que sobre la malla haya una capa de mezcla de determinado grosor, pues así el trabajo del tamiz es más efectivo. Debido al movimiento del cernedor, la capa que hay sobre cada tamiz se va estratificando de partículas medias y gruesas tienden hacia la malla las partículas más finas y les ayudan a pasar a través de ella. Los cernedores centrifugos consisten en un carrete largo y poligonal cubierto totalmente (excepto en los extremos) de un tejido cernedor. Este carrete gira sobre un eje horizontal que lo recorre generalmente en toda su longitud. El trigo triturado que ya se va a cernir, entra dentro del carrete por uno de sus extremos y es lanzado contra la malla por la fuerza centrífuga ayudada por unos baldores e impulsores.

Las partículas que atraviesan la malla se recogen en un colector que rodea las partes en movimiento, los productos secundarios van avanzando gradualmente hacia el extremo opuesto de la máquina donde descargan. Estos cernedores centrifugos han sido reemplazados en las modernas fabricas por los planos, ya que ocupan mayor espacio que estos últimos para la misma capacidad de trabajo. Un tamiz especial denominado *sasado*, tiene como características el de ser oscilante y es colocado con una ligera inclinación respecto a la horizontal y cerrado por una cubierta. El tamiz lleva cuatro secciones, cada una de ellas con anchura de malla progresivamente mayor de la cabeza a la cola. La cubierta dividida en secciones que corresponden a las del tamiz, esta conectada al lado aspirador de un ventilador, de forma que el aire controlado por medio de valvulas atraviesa hacia arriba cada una de las secciones del tamiz. Las partículas del endospermo van decreciendo en pureza de las secciones de la cabeza a la cola y caen a través de los respectivos tamices contra la dirección de la corriente de aire (que es relativamente densa y tiene una elevada velocidad terminal) y se recogen en tolvas; las partículas ligeras de salvado son elevadas por la corriente de aire y se recolectan en bandejas suspendidas encima de los tamices ^{23 10 11}

f) PURIFICADO

Se entiende por purificado, la separación de las partículas procedentes de la molienda de trigo, por el uso de corrientes de aire. El proceso de tamizado generalmente no se puede usar para hacer separaciones de partículas cuyo tamaño sea inferior a 80 micras. Para separar de la harina de moliadura normal las partículas comprendidas entre 15 y 40 micras, es mejor realizar el fraccionamiento con la ayuda de la clasificación por aire, un proceso en el cual el efecto de la fuerza centrífuga se opone al efecto del arrastre del aire sobre las partículas individuales. Este proceso tiene dos objetivos principales:

a) Hace posible la producción de harina de características uniformes mezclando adecuadamente las fracciones clasificadas por aire, las cuales son mostradas en el CUADRO No. 9.

b) Permite obtener de la harina original diferentes harinas de distintas propiedades adecuadas para la elaboración de distintos productos, como los ejemplificados en el CUADRO No. 10.

CUADRO No. 9
OBTENCIÓN DE DIFERENTES HARINAS Y SUBPRODUCTOS

100 LIBRAS DE TRIGO		72% DE TRIGO = 100% DE HARINA DE TODAS LAS CORRIENTES		28% DE TRIGO	
40%	55 % HARINAS DE LUJO 25 %	HARINA EXTRA CORTA O PATENTADA DE LUJO 60 %	HARINA DE P G B R E D E Z D A	14 %	14 %
HARINA CORTA O DE PRIMERA PATENTE 70 %		SALVADO		SALVAPART	
HARINA CORTA PATENTADA 80 %		GRUESAS			
HARINA MEDIA PATENTADA 90 %					
HARINA LARGA PATENTADA 95 %					
HARINA BLANCA OBTENIDA DE LAS CORRIENTES 100 %		16 %		12 %	

FUENTE: ALCALA VILLAREAL (49)

CUADRO No. 10
OBTENCIÓN DE DIFERENTES SUBPRODUCTOS CON UNA MOLINDEA AL 74% DE EXTRACCIÓN

	CAPA ESTRUCTURAL DEL GRANO	USO
SALVADO	1ERA. CASCARA	PROD. INTEGRALES
CEMITA	2DA. CASCARA	PROD. INTEGRALES
HARINA DE 3RA.		PANES DUROS
GERMEN		PROD. NATURISTAS
HARINA		GALLETAS

FUENTE: ALCALA VILLAREAL (49)

Este proceso de clasificación por aire, puede servir de gran ayuda cuando se intenta igualar las variaciones de calidad que se producen de una temporada a otra o en distintas localidades. El contenido en maltosa de la fracción fina obtenida por clasificación por aire es superior que el de harina original, debido a que los granulos del almidón dañados forman parte de esta fracción teniendo en cuenta su baja velocidad limite. Esta fracción limite tiene una capacidad de absorción de agua relativamente alta debido a su contenido de granulos de almidón dañados. La elevada capacidad de absorción para el agua es ventajosa, pero no es de desear una excesiva actividad diastásica que limite el uso de este tipo de harina en la elaboración de productos panaderos. Jones² ha encontrado que la fracción fina tiende a contener mas tiamina y acido nicotínico que el harina original debido a la mayor entrada de esta fracción de fragmentos de escutelo y aleurona; el contenido de riboflavina tambien tiende a ser superior debido posiblemente a la combinación de esta vitamina con la proteína del endospermo. Como la fracción fina entra en mayor cantidad de sustancias minerales y fragmentos de aleurona y escutelo su color es mas oscuro que el del harina original, mientras que el de la fracción intermedia tiende a ser mas claro y mas brillante. La fracción gruesa puede ser tambien de color mas gris que el harina primitiva debido a que las particulas pequeñas de salvado que habia en esta última se concentra en dicha fracción gruesa.^{2: 612-13}

2.2- PROCESOS POSTMOLIENDA

1) BLANQUEO

La decoloración de los pigmentos naturales contenidos en el endospermo del trigo tiene lugar rápidamente por oxidación cuando el harina se expone directamente a la atmósfera, y más lentamente cuando se almacena en grandes cantidades. Este proceso se puede acelerar tratándola con sustancias químicas como dióxido de cloro y el peróxido de benzilo.²

a) DIOXIDO DE CLORO

Este compuesto (Dyox) es uno de los blanqueadores y mejoradores más empleados. El gas se produce pasando cloro a través de una solución acuosa de clorito sodico luego se pasa corriente de aire por esta solución con lo que se desprende el dióxido de cloro que se aplica en el harina a una dosis de 2 gramos por saco. El tratamiento con este compuesto, destruye los tocoferoles. Además de este compuesto, varios molineros usan el cloro gaseoso, el cual es un tratamiento ideal en el harina que se destinara a la repostería y de hot cakes. La dosis usual recomendada es de 3 a 6 onzas por saco de 280 libras.²

b) PEROXIDO DE BENZOILO

Este compuesto es un agente blanqueador solido (Novadelox) que se suministra mezclando una parte de este, con seis de almidon. La acción blanqueadora tiene lugar dentro de las 48

horas siguientes. Este producto tiene la ventaja sobre los agentes gaseosos de que se necesita solo una adición y que su almacenamiento y conservación no presentan peligro: el hecho de que no posea acción mejoradora es ventajoso cuando se pretende blanquear harinas del tipo patent. Obviamente las harinas tratadas con este compuesto, contienen residuos de ácido benzoico (precursor carcinógeno), pero no se han puesto objeciones en las normas de calidad de harina de trigo de SECOFI.²¹⁴

2) MADURACION O MEJORA

Se conoce como mejora, a la acción que sufre la harina durante el almacenamiento y que se traduce en el mejoramiento de las propiedades panaderas. Este cambio se puede acelerar con ayuda de sustancias químicas o mejoradores, los cuales modifican las propiedades físicas del gluten durante la fermentación, de tal forma que se obtiene pan de mejor calidad.

El harina ya madura se diferencia de la nueva en que tiene mejores propiedades manuales, presenta mayor tolerancia de la masa a las distintas condiciones de fermentación y se producen panes de mayor volumen y con miga de mejor textura. El cloro y el dióxido de cloro actúan ambos como mejoradores y decoloradores, mientras el peróxido de benzoilo actúa solamente como blanqueador. Los agentes mejoradores no aumentan la producción del gas carbónico en la masa fermentada, pero si la retención de este gas debido a que la masa se hace más elástica y con ello aumenta el volumen del pan. La acción de los mejoradores consiste en oxidar los grupos sulfhidrilo o tiol (-SH) de la cisteína presentes en el gluten del trigo, en consecuencia estos grupos no pueden continuar participando en la reacción de formación de grupos (-S-S-) reacción en la que se considera se liberan las fuerzas que actúan en la masa y a las que se debe el aspecto denso y compacto que esta presenta. La oxidación de los grupos -SH conduce a la formación de nuevas uniones -S-S- con lo que aumenta la rigidez de la masa. La mezcla de esta masa con oxígeno hace mejorar las características del gluten, este efecto lo atribuyen a la acción de los oxidados de los ácidos grasos no saturados y a la toma directa de oxígeno por las proteínas.¹⁴⁸¹¹

Algunos de los agentes mejoradores utilizados en la industria son :

- a) Bromato de potasio
- b) Iodato de potasio
- c) Peróxido de calcio
- d) Azodicarbonamida
- e) Ácido ascorbico (oxidante)
- f) L-Cisteína
- g) Bisulfito de sodio
- h) Ácido sórbico
- i) Ácido ascórbico (reductor)

Existen otra serie de compuestos que actúan como blanqueadores (sobre pigmentos) y mejoradores (en proteínas), como son :

- a) Tricloruro de nitrógeno
- b) Cloro
- c) Bióxido de cloro

La dosificación en todos los casos depende básicamente de:

- 1) Tipo de trigo usado
- 2) Rendimiento del trigo en el harina
- 3) Acondicionamiento y molienda del trigo
- 4) Tiempo de almacenamiento del trigo
- 5) Temperatura de almacenamiento del harina
- 6) Cantidad de germen presente en el harina
- 7) Porcentaje de grasa en el harina
- 8) Activación o inhibición de las enzimas alásticas y proteolíticas^{9, 10, 11, 14, 15}

Las dosificaciones de los agentes oxidantes y reductores más comunes, son mostrados en el CUADRO No. 11.

CUADRO No. 11
DOSIFICACION DE AGENTES OXIDANTES Y REDUCTORES

AGENTE	TIPO DE COMPUESTO	ACCION	USO EN ppm	LIMITE FDA EN ppm
BROMATO DE POTASIO	OXIDANTE	TARDIA	10 A 75	75
IODATO DE POTASIO	OXIDANTE	INMEDIATA	3 A 20	75
PEROXIDO DE CALCIO	OXIDANTE	INMEDIATA	10 A 50	75
AZODICARBONAMIDA	OXIDANTE	INMEDIATA	5 A 30	45
ACIDO ASCORBICO	OXIDANTE	INMEDIATA	10 A 20	SIN LIMITES
L-CISTEINA	REDUCTOR	INMEDIATA	100 A 200	SIN LIMITES
BISULFITO DE SODIO	REDUCTOR	INMEDIATA	20 A 40	SIN LIMITES
ACIDO SOPBICO	REDUCTOR	INMEDIATA	15 A 30	SIN LIMITES
ACIDO ASCORBICO	REDUCTOR	INMEDIATA	100 A 200	SIN LIMITES

FUENTE: ALICATA Y LLANEA, 48.

a) BROMATO DE POTASIO

La oxidación se inicia en el periodo de prueba y termina en las etapas iniciales del horneado. La oxidación se acelera al final del periodo de fermentación y en la cámara de vapor.* 11

b) IODATO DE POTASIO

Este iodato o el de calcio sirve como fuente de oxidación durante las etapas finales del proceso de mezclado, dependiendo oxígeno que de otra manera no estaría disponible, en caso de utilizarse solamente bromatos.* 11

c) PEROXIDO DE CALCIO

La reacción de este compuesto en la masa no se ha entendido completamente, sin embargo, son bastantes evidentes sus beneficios, aumenta la absorción de agua y produce una masa con propiedades excelentes de manejo.^{2,11}

d) AZODICARBONAMIDA

Conocida como ADA, se está usando cada vez más como sustituto de los bromatos y iodatos. La ADA reacciona en el mezclado pero su enlace químico con el grupo sulfhidrilo es diferente al de los otros iodatos, este producto está disponible en forma de tableta.^{2,11}

e) ACIDO ASCORBICO (como agente oxidante)

Este ácido funciona de manera muy similar al ADA y también se usa en forma de tabletas.^{2,11,13}

f) L-CISTEINA

Se usa en masas rápidas (sin tiempo de reacción en el mezclado); con la acción acelerada de reducción se acorta considerablemente o se elimina completamente el proceso de fermentación. Un agente reductor disponible en el mercado contiene suero de leche, L-cisteína y bromato de potasio.^{2,11}

g) BISULFITO DE SODIO

Se aplica principalmente en la industria de las galletas brindando una mejor resistencia a los procesos de mezclado además de reducir el tiempo hasta un 30% aproximadamente.

h) ACIDO ASCORBICO (como agente reductor)

Este ácido en presencia de oxígeno, actúa como un oxidante, sin embargo en el caso de los sistemas de mezclado continuo, la masa se mezcla en una cámara cerrada donde hay una deficiencia de oxígeno y en estas condiciones trabaja el ácido ascórbico como agente reductor.^{2,11}

i) ACIDO SORBICO

Cuando se usa a nivel bajo (menos de 15 ppm) funcionará como un agente reductor y usado a los niveles de quince a treinta partes por millón, se ha encontrado que reduce el tiempo de mezclado en 20 al 30%; a estos niveles no actúa como agente conservador; se ha preferido el ácido sórbico sobre la L-cisteína, ya que parece tener una acción más moderada y controlable.

CAPITULO II

HARINAS

1. CLASIFICACION DE LAS HARINAS

Se entiende por harina de trigo, al producto que se obtiene por la molienda y tamizado de granos de trigo, los cuales deben de estar sanos, limpios, enteros o quebrados, sin cáscara, con un 3% de extracción mínima aproximado, adicionado o no de los aditivos permitidos.³⁷

En México se clasifican las harinas en tres grados dependiendo del análisis químico proximal mostrado en el CUADRO No. 12

CUADRO No. 12
CLASIFICACION DE HARINAS EN MEXICO

	% DE HUMEDAD	% DE PROTEINAS	% DE CENIZAS	% DE FIBRA	% DE GLUTEN HUMEDO
GRADO I	14.00	9.5	0.55 MAX.	0.2 A 0.4	31.3
GRADO II	14.00	9.0	0.4 A 1.0	0.2 A 0.5	29.7
GRADO III	14.00	9.0	0.6 MAX.	0.3 MAX.	29.7

FUENTE: NORMA OFICIAL

El harina del grado I es del tipo fino para panificación, adicionada o no de levadura, agentes leudantes y sal. La del grado II es del tipo semifina, destinada a galletería, adicionada o no de levadura, agentes leudantes, azúcar, mantquilla, grasa vegetal comestible u otros ingredientes permitidos en su elaboración. Finalmente, la del grado III, la cual es utilizada para la elaboración de pastas, y sopas y que de igual forma se formula con otros ingredientes.³⁷

Con respecto a sus propiedades sensoriales, debe ser blanca o ligeramente amarilla, con olor característico, sin residuos extraños. Su sabor, característico del producto, farináceo y sin cúmulos extraños o desagradables.³⁷

En Europa existen diferentes tipos de harina, los cuales dependen básicamente del trigo de procedencia. Por ejemplo las del tipo inglés, en las que su trigo, generalmente da un 8 a 10% de gluten seco y en la mayoría de los casos tiende a ser floja, actualmente se cultiva la variedad Capelle, a causa de su alto rendimiento. Las harinas francesas son adecuadas para galletería.

El harina de Manitoba (Canadá), muy popular a causa de su fuerza y capacidad para resistir los procesos de fermentación prolongada, su gluten resiste la acción de las enzimas y, por esto necesita de mayor tiempo para madurar, este tipo de harinas llegan a tener hasta un 17% de gluten seco, aunque el promedio es de un 14%. Las Australianas de buen color y suficiente para hacer pan con volumen adecuado, el harina de Melbourne, es mucho más floja y se ablanda durante la fermentación. Es importante hacer notar que existen tipos de harinas especiales, como es el caso de las integrales (teóricamente deberían de contener un 100% del grano del

trigo, y de las cuales existen muchas variedades). Morenas (85-95% del grano, eliminándose el salvado grueso) y las que deben de contener no menos del 0.6 de libra,* harinas de germen, se han venido fabricando básicamente conteniendo germen de trigo y soya en mezcla con harinas blancas. Algunos ejemplos son la Daren, Hovis, y Vitba. Por último, existen un tipo denominado Harinas malleadas, compuestas principalmente por harina integral y harina blanca, con la adición de harina de soya y de malta, preparada esta, bien de trigo o de cebada. 211

2.- COMPOSICION QUIMICA DE LAS HARINAS PASTELERAS

La composición de los diferentes tipos de harina, depende en gran medida del grado de extracción. En México, se manejan rangos que van del 72% al producto sin refinar, valores mostrados en el CUADRO No. 13

CUADRO No. 13
ANÁLISIS PROXIMAL DE HARINAS EN FUNCIÓN DEL GRADO DE EXTRACCIÓN

	POCIENTAJE DE HUMEDAD	g PROTEINAS	g H.C. TOTALES	g FIBRA CRUDA	g CENIZAS	mg MINERALES	mg VITAMINAS
1ERA. EXTRACCIÓN	12.05	11.95	74.51	0.43	0.50	118.47	1.52
2DA. EXTRACCIÓN	12.09	12.00	74.13	0.50	0.50	216.87	2.11
3RA. EXTRACCIÓN	12.09	11.83	71.00	2.81	1.29	412.53	4.21

FUENTE: BOLETIN INFORMATIVO N.º 11
NOTA: H.C. = HIDRATOS DE CARBONO

PROTEINAS

Las proteínas están constituidas por un 39.09% de gliadinas, 35.07% de gluteninas y un 6.75% de globulinas, las de mayor importancia, son las gliadinas y las gluteninas.

El bajo nivel de cargas potenciales positivas y negativas de las proteínas del gluten hace que las fuerzas de repulsión entre las moléculas de proteína sean pequeñas y las cadenas puedan interactuar entre sí con facilidad, la composición de los aminoácidos de las proteínas del gluten no está relacionada con la calidad panadera del harina, en comparación con las reológicas de la masa que sí dependen del número y naturaleza de los enlaces cruzados que se formen. Los grupos iónicos de los aminoácidos, pueden gobernar las propiedades viscoelásticas de las masas a través de los siguientes enlaces de hidrógeno, amida, sulfhidrilo, disulfuro e interacciones hidrofóbicas. 212

Las proteínas del gluten tienen contenidos apreciablemente bajos de aminoácidos básicos de baja densidad de carga, que junto con los numerosos extremos laterales amida crean un potencial de puentes de hidrógeno inter e intramoleculares en la masa, responsables de la cohesividad de estas proteínas, facilitando la formación de una matriz estable para la retención del

gas. En el CUADRO No. 14 se muestra el análisis del contenido de aminoácidos en el gluten, gliadina, glutenina, albúmina, y globulina.

CUADRO No. 14
ANÁLISIS DE AMINOÁCIDOS DEL GLUTEN Y DE LAS PRINCIPALES
PROTEÍNAS DEL TRIGO mg/100g DE PROTEÍNAS

	GLUTÉN	GLIADINA	GLUTENINA	ALBUMINA	GLOBULINA
ALANINA	2.10	1.60	2.00	3.40	3.30
ARGININA	2.30	2.50	2.80	5.90	8.20
AC. ASPARTICO	2.80	2.20	2.32	5.90	7.10
CISTEINA	2.00	2.20	1.30	3.70	1.90
AC. GLUTAMICO	35.80	38.00	36.20	19.50	11.60
GLISINA	2.60	1.30	4.20	3.20	9.00
HISTIDINA	2.10	1.80	1.70	3.40	5.20
ISOLEUCINA	3.80	3.80	2.90	3.60	0.00
LEUCINA	6.50	6.70	2.90	6.70	11.40
LISINA	1.10	0.70	1.20	3.90	3.00
METIONINA	1.80	1.50	1.10	1.80	1.10
FENILALANINA	4.80	6.30	4.30	3.80	3.50
PROLINA	12.60	13.90	12.50	10.00	2.20
SERINA	4.70	3.70	4.60	4.60	6.70
TREONINA	2.30	1.90	2.60	2.40	2.00
TRIPTOFANO	1.00	0.80	1.70	2.80	1.20
TIROSINA	3.80	2.90	4.10	3.90	3.20
VALINA	3.80	3.40	3.30	5.70	4.60
AMONIO	5.60	5.70	5.00	3.80	1.20

FUENTE: BAKING SCIENCE AND TECHNOLOGY, 1a. Ed.

Las proteínas que forman el gluten se relacionan con la calidad de las harinas, con las propiedades funcionales o reológicas de las masas y pasteles elaborados con ellas, cuando se tiene un porcentaje del gluten arriba del 8%, se obtienen panes con un buen volumen; su cuantificación es, hasta cierto punto, muy sencilla por la gran cantidad de métodos de que se dispone, sin embargo, su calidad es difícil de evaluar, por esto, la industria cuenta con aparatos para su evaluación como son: el alveógrafo, mixógrafo y farinógrafo, aunque la prueba más confiable es sin duda la prueba de panificación.^{12,13,14} Se puede separar el lavado del harina el gluten húmedo a diferencia del seco (gluten bruto), el cual está constituido de acuerdo al CUADRO No. 15.

Khan y Bushul (1979) realizaron estudios de los cuales concluyeron que las gliadinas como las gluteninas son los responsables de conferir las propiedades viscoelásticas a las masas de las harinas de trigo y determinar su capacidad panificadora, sosteniendo la hipótesis de que el gluten contiene concentraciones muy pequeñas de albuminas, globulinas, lecitinas y enzimas, así por ejemplo, las amilasas y proteasas, dependiendo de su concentración y actividad, influyen directamente sobre las propiedades viscoelásticas del gluten.

**CUADRO No. 15
CONSTITUCION DEL GLUTEN BRUTO**

	PORCENTAJE EN PESO
PROTEINAS (N X 5,7)	80,91
EXTRACTO ETereo	4,20
FIBRAS O CELULOSA	2,02
CENIZA	2,48
HIDRATOS DE CARBONO	9,44
HUMEDAD	0,95
TOTAL	100,00

FUENTE BAKING SCIENCE AND TECHNOLOGY, 1a ed. (17)

a) PROTEINAS EN EL AMASADO

Al ser adicionada agua al harina y durante el amasado se obtiene una masa cohesiva y elástica, estas cualidades dependen de la tendencia de las moléculas a adherirse unas a otras, las moléculas grandes de gluteninas (asimétricas) poseen considerable superficie para permitir asociaciones con las gliadinas y otras proteínas mediante fuerzas no covalentes quedando fuertemente agregadas, facilitando la expansión y movilidad de la masa; durante este proceso las proteínas se alinean para alcanzar la máxima interacción. Las gliadinas imparten movilidad a la masa facilitando el movimiento en las palas de la amasadora, ejerciendo fuerzas de estiramiento y cizalla sobre las gluteninas más largas, que tienden a ser estiradas y orientadas en la dirección de la fuerza mecánica, con el tiempo esta estructura permanece creando una red en la que la gliadina facilita el flujo y la cohesividad necesarias para la extensibilidad, mientras que la fuerza elástica deriva de las series de colecciones acopladas proporcionadas para la molécula de glutenina. Cuando las regiones de las cadenas entre las conexiones se estranan, se establece una fuerza restauradora por la tendencia de las cadenas a revertir a configuraciones más desordenadas. El momento de máxima fuerza en esta red corresponde al desarrollo óptimo, con la prolongación del amasado algunas conexiones empiezan a deshacerse facilitando la alineación de las moléculas en la misma dirección, ofreciendo así menos resistencia. Algunas investigaciones señalan que el ácido fólico y otros compuestos relacionados, con dobles enlaces activos podrían ser los responsables del decaimiento de la masa a través de mecanismos bien definidos como los radicales libres generados del gluten por el amasado.^{1,17, 18, 23}

Cabe señalar que los efectos del amasado excesivo no se observan en masa amasadas en atmósferas de nitrógeno o bien, cuando la fracción soluble es eliminada, sugiriendo que el sobreamasado es un proceso oxidativo y además que algo en la fracción proteica soluble está relacionado con el mismo.^{20, 22}

b) PROTEINAS EN EL ENVEJECIMIENTO DEL PAN

Erlander y Erlander (1969) propusieron que la retrogradación del almidón puede ser inhibida por la formación de un complejo con la proteína del pan, en donde los grupos amida de la gliadina y glutenina y posiblemente la albumina, son unidas a los grupos hidroxilo del almidón mediante enlaces hidrogeno, concluyendo que la relación almidón proteína en la masa es crítica en la velocidad de endurecimiento y que algún deterioro siempre ocurrirá no importa cuanta proteína esté en la masa.

La proteína hidratada de la miga del pan sufre un ligero cambio químico en la etapa del horneado y luego durante el almacenamiento, transformación que puede estar asociada con un incremento en el grado de desnaturalización de la proteína, incluye además una modificación irreversible en la estructura del gluten hidratado, resultando en un aumento de rigidez en donde el gluten forma la matriz continua de la miga. La relación entre la proteína y la amilosa, es que, esta última, disminuye al aumentar el contenido de proteína. En el campo de esta especialidad se sabe que un incremento en el contenido de proteínas de las harinas, induce a la obtención de un pan más suave y con menor grado de endurecimiento durante el almacenamiento, como un efecto directo de dilución de la cantidad de almidón presente en el harina y el efecto que tiene el enriquecimiento con gluten en el volumen y consecuente suavidad del pan.

Maleki (1980) corroboró esto al observar que la velocidad de deterioro del pan, aplicando harinas reconstituidas, demostrando que el factor que afecta la firmeza se atribuye a los compuestos del gluten.

CARBOHIDRATOS

El almidón es el mayor componente del harina de trigo, con un porcentaje entre 65 y 70% mediante la acción de las amilasas propias o adicionadas se produce maltosa en el proceso de la fermentación además de una superficie adecuada para lograr una fuerte unión con el gluten y flexibilidad para la expansión de la hogaza. La gelatinización de almidón es el cambio más claramente distinguible en una masa durante el proceso de panificación, es también la explicación más obvia para la transformación de la masa viscosa en un producto horneado sólido y consiste en una serie de cambios a nivel molecular, que incluyen: **inchamiento**, **fusión** y **rompimiento**.

El inchamiento se produce con la absorción de agua por los granulos de almidón y su incremento de volumen; el punto donde se pierde la estructura cristalina de los granulos, combinado con la pérdida de la birefringencia característica del almidón nativo, se denomina **fusión**. Finalmente el rompimiento de los granulos de almidón va acompañado con la exudación de

la amilasa. Greenwood (1976), concluyo que el hinchamiento del gránulo de almidón por la hidratación de amilosa causan un aumento en la viscosidad. En el pan, se pueden encontrar granulos de almidón que han perdido su birefringencia pero todavía parecen estar intactos, mientras que otros granulos se han roto y han sido degradados enzimáticamente. Shelton y D'Apolonia (1985) establecieron que el grado de gelatinización depende fuertemente de la cantidad de agua disponible, de la presencia de sal, azúcar, grasas y emulsificantes y del tratamiento con cloro del harina. En el intervalo de temperatura de 60 - 75°C un alto nivel de actividad alfa-amilasica causan el rompimiento enzimático del almidon gelatinizado, esto detiene el aumento en la viscosidad que acompaña normalmente a la gelatinización. Durante el horneado el almidon yodado a establecer la estructura de la hogaza al formar una malla rigida que previene el colapso de la misma al enfriarse.³⁴

LIPIDOS

Los lipidos presentes en el harina de trigo se encuentran en concentraciones de 1.4 - 2% y se dividen en polares y no polares en cantidades aproximadamente iguales, su capacidad de interaccion puede atribirse a enlaces hidrofobicos si bien es probable que enlaces de tipo ionico también jueguen un papel determinante.^{21, 31, 32} La asociación lipido-proteína refuerza la estructura del gluten, los lipidos polares como agentes tensoactivos, favorecen la producción de pan con estructura mas fina, facilitando la subdivisión de los alveolos en la masa, con lo cual se hacen más pequeños y más numerosos.³³

Aparentemente, la union de los lipidos polares tiene lugar simultaneamente entre gluteninas y gliadinas, contribuyendo así a la capacidad de retencion de gas y volumen del pan.^{1, 33, 35}

Las investigaciones en éste campo distan de haber alcanzado conclusiones definitivas, no obstante, Hung y Pomeranz (1978) llegaron a las siguientes conclusiones:

- a) En las harinas flojas se establecen menos interacciones proteina-lipidos y de menor intensidad, que en harinas fuertes.
- b) Las gluteninas ligan mas lipidos y son más hidrofóbicas que las gliadinas.
- c) En las harinas de distinta calidad panadera, las propiedades de las proteínas solubles en ácidos son diferentes.
- d) Los mecanismos que regulan las interacciones proteina-lipidos y que dependen de las características del tiempo de proceso, tolerancia al amasado y volumen potencial, pueden ser distintas.³⁶

3.- CALIDAD DEL HARINA PASTELERA

La calidad del harina pastelera está en función de una serie de atributos, que deben ser analizados estrictamente, para poder seleccionar la mejor materia prima en el proceso de elaboración de pasteles. Dentro de las pruebas más importantes en la toma de decisiones, desde el punto de vista de calidad de un harina pastelera, destacan las siguientes: químicas, físicas y reológicas.

CONTENIDO DE PROTEINA (Química)

Con base en este criterio se establece el uso del harina para la elaboración de diferentes productos de panificación, mostrados en el CUADRO No. 16.

CUADRO No. 16
USOS DEL HARINA EN FUNCION AL PORCENTAJE DE PROTEINAS

USO	PORCENTAJE DE PROTEINA
GALLETAS DULCE Y DE MAQUINA POTATIVA	7,0 - 8,0
GALLETAS CON GRASA Y GALLETAS SUAVES	8,0 - 9,0
ESPONJA PARA GALLETAS	8,5 - 10,0
FABRICACION DE PAN DE BUENA CALIDAD	8,0 - 10,0
FABRICACION DE PASTAS	11,0 mínimo
FABRICACION DE PASTELES	7,0 - 8,0

FUENTE BAKING SCIENCE AND TECHNOLOGY, 1a ed. (17)

PRUEBA DEL FARINOGRAFO

a) PORCENTAJE DE ABSORCION DE AGUA

La absorción del agua en el harina, es debido a que ésta es capturado por las proteínas y los gránulos de almidón y aumenta en proporción directa al contenido de proteína y a la calidad del almidón (menos absorción de agua cuando los gránulos de almidón están deteriorados).

En la panadería es particularmente importante que la absorción de agua se mantenga a un nivel uniforme, ajustando la cantidad de agua necesaria para producir una masa de consistencia adecuada. En el campo de la pastelería, el batido incorpora mayor cantidad de agua a medida que se utilizan harinas con mayor contenido de proteínas, obteniendo así productos demasiado húmedos y frágiles. Los niveles de absorción recomendados por los pasteleros oscilan entre 60-65%.^{1, 18}

b) TIEMPO OPTIMO DE AMASADO

Es común que en panadería se requieran tiempos muy prolongados de amasado dependiendo del producto a obtener, sin embargo en pastelería el tiempo de batido es análogo del

tiempo de amasado. Resulta sencillo de entender que las harinas no pueden soportar tiempos muy prolongados de amasado o de batido, ya que la fuerza aplicada modifica en forma severa la funcionalidad de las proteínas, por lo que se recomiendan tiempos de amasado (batido), de 8 a 10 minutos, ya que a medida que éstos son aumentados los volúmenes de los pasteles tienden a disminuir.

c) TIEMPOS DE ESTABILIDAD Y CAIDA

A medida que se va amasando (pan) o batiendo (pastel), el gluten se va desarrollando y por ende las propiedades funcionales de las proteínas, existiendo un periodo donde están estables (tiempo de estabilidad) hasta que empiezan a caer (tiempo de caída), por el excesivo trabajo mecánico, donde por consecuencia panes quebradizos y de poca volumen. En la práctica no se ha encontrado correlación entre el tiempo de estabilidad y el de caída, algunas razones fundamentales son:

- 1) Desconocimiento de las técnicas de evaluación de la calidad de las harinas (farinógrafo).
- 2) Equipo de análisis muy caro.
- 3) Pocos estudios en este campo.

CONTENIDO DE CENIZAS

El contenido de cenizas es un indicativo del grado de extracción del harina, la industria en México establece los siguientes porcentajes mostrados en el CUADRO No. 17.

CUADRO No. 17
GRADO DE EXTRACCIÓN DEL HARINA

USO	PORCENTAJE DE CENIZAS
ESPONJA PARA GALLETAS	0.30-0.40
GALLETAS CON GRASA Y GALLETAS SUAVES	0.39-0.42
GALLETAS DULCES Y GALLETAS DE MAQUINAS POTATIVAS	0.39-0.42
FABRICACION DE PAN DE BUENA CALIDAD	0.42 MAX.
FABRICACION DE PASTELES	0.40 MAX.

FUENTE: POMERANZ Y COLLAZO (4).

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (Física)

Este parámetro está en la función del grado de molienda y cuando las harinas son destinadas a la producción de pasteles de alta calidad se utilizan harinas con un perfil granulométrico muy fino. La mejor opción son las turbolizadas ya que el 90% pasa a través de la malla 200 XX; en éstas se separa el almidón de la proteína, por medio de una corriente de aire.²

PORCENTAJE DE ALMIDÓN DAÑADO (Química)

Durante el proceso de molturación del trigo algunos de los granulos del almidón quedan dañados, éstos se pueden reconocer microscópicamente porque adoptan una coloración roja

al teñirse con el Rojo Congo. Jones,⁴⁰ que les dio el nombre de ghisis, ha reconocido dos factores como causantes del deterioro de los granulos: un factor de superficie, dependiente del grado de quebrantación o raspado del material durante la molienda, y relacionadas con las características de superficies de los rodillos y la diferencia de velocidad entre estos, y un factor interno, dependiente del grado de aplastamiento de las partículas del endospermo y relacionado con la presión de los cilindros.

En las harinas procedentes de trigos duros, esta proporción es mayor puesto que estos trigos necesitan mayor trituración que los blandos. Es creencia general que las amilasas de las harinas sólo son capaces de atacar el almidón dañado, que podría conducir a un aumento en la cantidad de maltosa con el consiguiente deceso de la calidad panadera del harina, y también porque los granulos de almidón dañados pasarían a la fracción fina (0 - 15) y reducirían su contenido de proteínas. Por esto es importante que el harina contenga una proporción adecuada de almidón que proporcione azúcares durante la fermentación. Si esta cantidad es excesiva, como resultado de una molienda muy severa, la calidad del pan viene afectada adversamente. La absorción de agua aumentada, el pan disminuye de volumen y su aspecto es menos atractivo.^{41,42} De igual forma en los productos pasteleros sufren deterioros muy significativos cuando el almidón es dañado severamente, estos se traducen en pasteles con volumen bajo, frágiles, con poros muy cerrados y poca simetría del pastel en general.

PORCENTAJE DE HUMEDAD (Química)

La humedad que contiene un harina es la característica más importante por relacionarse con su seguridad durante el almacenamiento. La determinación del contenido de humedad, se realiza registrando la pérdida de peso que experimenta el harina cuando se calienta a 100°C durante 5 horas al vacío a 130°C durante una hora a la presión atmosférica. Existen varios métodos basados en la conductividad eléctrica que hoy son muy usados y que tienen la ventaja de ser muy rápidos, pero sus resultados no son tan exactos como los obtenidos por los métodos técnicos. La industria maneja rangos de 13% de humedad como máximo. Además debemos de recordar que los industriales pasteleros, usan levaduras del tipo químico (polvos de hornear), los cuales producen CO₂ en contacto con el agua. Es lógico que la estabilidad de estos depende de forma importante, del porcentaje de humedad del harina, pues esta induce a la gradual reacción de los polvos de hornear, reduciendo su eficiencia final, tanto en el batido (el CO₂ proporciona cuerpo facilitando su mezclada y haciendo más atractivo el batido en sí), como en la etapa final del horneado.

PRUEBA EN EL ALVEOGRAFO

El alveógrafo, consta de tres partes, fundamentalmente: amasadora, cámara de fermentación y manómetro hidráulico. La información obtenida en éste aparato, es, el índice de consistencia, factor de expansión, factor elástico, punto de explosión y estabilidad de la masa.

En el alveograma, la extensibilidad, o capacidad de la burbuja de masa para ser estrada antes de romperse se estima por la longitud (L) de la base de la curva. En las ordenadas se mide la presión que existe, en cada instante, en el interior de la burbuja, la cual depende de la resistencia y tenacidad que opone la masa a su extensión; el valor máximo P, proporciona una medida de la estabilidad de la masa. La fuerza de la masa (W), se determina a través de los parámetros P, L y de la superficie o área encerrada por la curva, y expresa el trabajo m, en ergios. El índice P/L, expresa el equilibrio existente entre la estabilidad y la extensibilidad de la masa, la curva indica como la masa se va hinchando (disminuye el espesor) por empuje del aire hasta llegar a una presión máxima PQ, en la cual se rompe la burbuja presentando uno o varios agujeros, casi todos en la zona superior que provocan la caída de presión y el manómetro registra una curva que desciende con mayor o menor rapidez según el tipo de harina. En el momento de la ruptura la pasta se haya en el límite natural de extensión, y la membrana alcanza, con harinas buenas, un espesor muy fino. La estabilidad de la pasta, se mide, ya sea por el alargamiento ON, o por el volumen del aire que provoca la ruptura, en la práctica se sustituyen ambos valores por el índice de hinchamiento G que es señalado por el agua desplazada en las graduaciones del bulbo de vidrio y que está establecida según las raíces cuadradas de los volúmenes correspondientes, habiendo demostrado la experiencia, que existe una relación entre la escala y el desarrollo del pan. A continuación se presentan las fórmulas en donde se relacionan los parámetros ya mencionados :

$$1.- W = KCS/L$$

$$2.- P/G = T/E$$

Donde :

P = Tenacidad de la pasta, equivalente a la ordenada máxima en mm por l.l, expresada en el mm de agua.

K l.1 = Coeficiente del manómetro registrador hidráulico en relación al ascenso del agua en el tubo central y el descenso en el espacio anular.

G = Índice de hinchamiento, equivalente al valor medio de las lecturas hechas en el bulbo de vidrio.

L = Extensibilidad, equivalente a la abcisa maxima dada en mm.

S = Superficie del alveograma, equivalente a la medida por un planimetro y se expresa en cm².

K = Coeficiente del manómetro registrador hidraulico.

P/G = Elasticidad expresada como la relación que existe entre la tenacidad (T) y la extensibilidad (E).

INTERPRETACION DE ALVEOGRAMAS

El Instituto de Investigaciones Agrícolas, de la SARH, CIAMEC, en el Area de Farinografía, ha desarrollado un trabajo en relación a la interpretación de los alveogramas, de gran ayuda en la selección del harina para el uso específico que el industrial requiere; es considerado que los valores de P/G mayores que 5 son adecuados para la elaboración de pasteles siempre y cuando los niveles de W oscilen entre 300 y 400 ergios, dando harinas del tipo fuerte-tenaz y en algunos casos hasta muy fuerte tenaz balanceado. Los CUADROS 18, 19, 20, 21, 22 expresan las clases de gluten en función del índice de fuerza general (W) y de la relación P/G del alveograma.⁴¹

CUADRO No. 18
INTERPRETACIÓN DE ALVEOGRAMAS MUY FUERTES

P/G	CLASES DE GLUTEN	TRABAJO (W) ERGIOS
MAYOR QUE 2.5	MF-T	MAYOR QUE 400
DE 2.4 A 1.3	MF-TB	MAYOR QUE 400
DE 1.2 A 1.0	MF-BT	MAYOR QUE 400
DE 0.99 A 0.89	MF-BB	MAYOR QUE 400
DE 0.88 A 0.70	MF-BE	MAYOR QUE 400
DE 0.69 A 0.50	MF-EB	MAYOR QUE 400
MENOR QUE 0.49	MF-E	MAYOR QUE 400

FUENTE: SALAZAR ZALUETA (52)

CUADRO No. 19
INTERPRETACIÓN DE ALVEOGRAMAS FUERTES

P/G	CLASES DE GLUTEN	TRABAJO (W) ERGIOS
MAYOR QUE 2.5	F-T	ENTRE 300 Y 400
DE 2.4 A 1.3	F-TB	ENTRE 300 Y 400
DE 1.2 A 1.0	F-BT	ENTRE 300 Y 400
DE 0.99 A 0.89	F-BB	ENTRE 300 Y 400
DE 0.88 A 0.70	F-BE	ENTRE 300 Y 400
DE 0.69 A 0.50	F-EB	ENTRE 300 Y 400
MENOR QUE 0.49	F-E	ENTRE 300 Y 400

FUENTE: SALAZAR ZALUETA (52)

CUADRO No. 20
INTERPRETACIÓN DE ALVEOGRAMAS MEDIO FUERTES

P/G	CLASES DE GLUTEN	TRABAJO (W) ERGIOS
MAYOR QUE 2.5	¼ F-T	ENTRE 200 Y 300
DE 2.4 A 1.3	¼ F-TB	ENTRE 200 Y 300
DE 1.2 A 1.0	¼ F-BT	ENTRE 200 Y 300
DE 0.99 A 0.89	¼ F-BB	ENTRE 200 Y 300
DE 0.88 A 0.70	¼ F-BE	ENTRE 200 Y 300
DE 0.69 A 0.50	¼ F-EB	ENTRE 200 Y 300
MENOR QUE 0.49	¼ F-E	ENTRE 200 Y 300

FUENTE: SALAZAR ZALUETA (50)

CUADRO No. 21
INTERPRETACIÓN DE ALVEOGRAMAS DÉBILES

P/G	CLASES DE GLUTEN	TRABAJO (W) ERGIOS
MAYOR QUE 2.5	D-T	ENTRE 100 Y 200
DE 2.4 A 1.3	D-TB	ENTRE 100 Y 200
DE 1.2 A 1.0	D-BT	ENTRE 100 Y 200
DE 0.99 A 0.89	D-BB	ENTRE 100 Y 200
DE 0.88 A 0.70	D-BE	ENTRE 100 Y 200
DE 0.69 A 0.50	D-EB	ENTRE 100 Y 200
MENOR QUE 0.49	D-E	ENTRE 100 Y 400

FUENTE: SALAZAR ZALUETA (50)

CUADRO No. 22
INTERPRETACIÓN DE ALVEOGRAMAS MUY DÉBILES

P/G	CLASES DE GLUTEN	TRABAJO (W) ERGIOS
MAYOR QUE 2.5	MD-T	MENOR QUE 100
DE 2.4 A 1.3	MD-TB	MENOR QUE 100
DE 1.2 A 1.0	MD-BT	MENOR QUE 100
DE 0.99 A 0.89	MD-BB	MENOR QUE 100
DE 0.88 A 0.70	MD-BE	MENOR QUE 100
DE 0.69 A 0.50	MD-EB	MENOR QUE 100
MENOR QUE 0.49	MD-E	MENOR QUE 100

FUENTE: SALAZAR ZALUETA (50)

NOMENCLATURA :

MF = MUY FUERTE
 F = FUERTE
 B = BALANCEADO
 E = EXTENSIBLE
 T = TENAZ
 D = DÉBIL
 MD = MUY DÉBIL

pH DEL HARINA (Química)

La medición del pH es importante en el proceso de fermentación de la masa, la sacarosa fermenta solamente dentro de un rango limitado de pH, la maltosa o azúcar obtenido del almidón por las enzimas amilasas se ve afectada, aunque su intervalo de acción es más bajo que la sacarosa. El pH de una masa disminuye de manera constante durante la fermentación por la presencia de los subproductos ácidos formados durante la misma, y que influyen en las condiciones coloidales de las materias además de que el gluten tiende a volverse más suave y flexible. La experiencia ha demostrado que si disminuye el pH del harina, se mejoran las propiedades del harina pastelera, es por eso que los molineros que elaboran este tipo de harinas, le agregan cloro gaseoso. Los valores de pH recomendados son de 4.0 a 5.4, mientras que para panificación oscilan entre 5.9 a 6.2.^{11*}

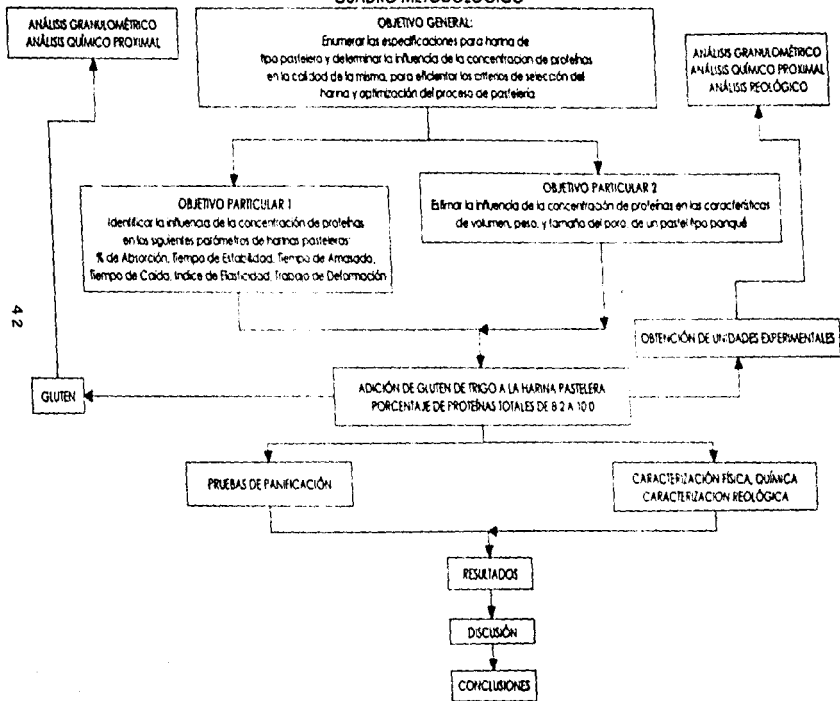
CONTENIDO DE AGENTES QUIMICOS (Química)

En productos destinados a otros periodos de amasado y de fermentación, son generalmente usados algunos agentes químicos, que se detallan en el CUADRO No. 11, de la parte de post-molienda, existen dos grandes grupos, los oxidantes y los reductores. En harinas para pastelería, entre los más apropiados son el ácido ascórbico que modifica al gluten confiriéndole una mayor flexibilidad y fuerza, este ingrediente es adicionado generalmente en las harinas extrafinas (pasteleras), por un buen número de molinos de nuestro país.^{12*}

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

FIGURA No.5
CUADRO METODOLÓGICO



1.- CUADRO METODOLÓGICO

El cuadro metodológico es mostrado en la FIGURA No. 5 el cual explica en forma condensada los pasos a seguir para determinar la influencia que guarda la concentración de proteínas en harinas pasteleras, mediante las pruebas fisicoquímicas, reológicas y de panificación.⁴³⁻⁴⁸

2.- OBTENCION DE UNIDADES EXPERIMENTALES

Mediante la selección de un lote de 2 toneladas de un harina de trigo del grupo IV, obtenida del proceso de turbomolienda, se muestrearon 45 sacos de 44 kilos cada uno, tomando en cada caso 10 kg. utilizando un muestreador de punta de 50 cm de largo por 5 cm de diámetro, la muestra total para el estudio fue de 200 kg la cual se homogeneizó en una mezcladora helicoidal del tipo Ribon Blender por 30 minutos. Para no acentuar la energía obtenida por el proceso de mezclado, se dejó reposar el harina por 48 horas a 25°C y 55% de humedad relativa.¹³

Posteriormente se procedió a su caracterización, mediante los análisis químico porcentual y granulométrico, los análisis, se efectuaron por triplicado. Con el fin de enriquecer el harina (aumentar la concentración de proteínas), a 9 muestras de 10 kilogramos se les adicionó de 0.5 hasta 4.0 gramos de gluten de trigo por cada 100 gramos de harina (al cual fue previamente caracterizado desde el punto de vista granulométrico y químico porcentual), con intervalos de 0.5. La incorporación del gluten en cada muestra experimental se realizó mediante el mezclado gluten-harina, en una mezcladora Hobart A.200, por un tiempo de 45 minutos, con pausas continuas de 5 minutos, para raspar las paredes del recipiente y paleta, evitando de esta manera apelmasamiento entre los polvos.

A las harinas enriquecidas con gluten se les determinó el porcentaje de proteína total mediante el equipo infrazier, tamaño de partícula (mediante el equipo Tyler Top), pH (mediante el potenciómetro).

Una vez obtenidas las unidades experimentales se procedió a la caracterización de éstas desde el punto de vista físico, químico y reológico para luego continuar con las pruebas de panificación. Desde el punto de vista físico se determinó el pH y su perfil granulométrico; el análisis químico proximal consistió en: la determinación de porcentaje de proteínas, humedad, cenizas y carbohidratos (por diferencia). El porcentaje de proteínas fue correlacionado mediante una curva patrón con los gramos de gluten por cada 100 gramos de harina. Con respecto a las pruebas reológicas realizadas a las harinas enriquecidas, fueron obtenidos los siguientes parámetros: prueba de absorción de agua, índice de elasticidad, tiempo de amasado, tiempo de estabilidad y tiempo de caída. Finalmente se determinó la prueba de panificación realizando un pastel del tipo panqué (Ver fórmula CUADRO No. 23) con cada una de las harinas

enriquecidas determinándose: peso (visual descriptiva), peso (balanza) y volumen (volúmetro). Cada una de las variables de respuesta, al igual que en esta parte, como en las de panificación fueron sometidas a diferentes pruebas estadísticas, las cuales a continuación se mencionan:

- a) Media
- b) Desviación estándar
- c) Varianza

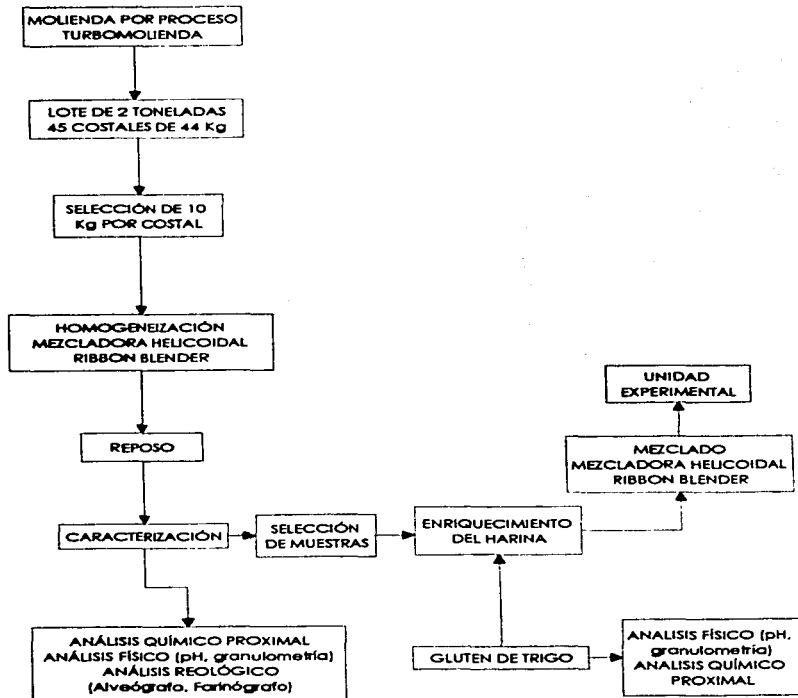
CUADRO No. 23
FORMULA PASTEL TIPO PANQUE

INGREDIENTES	PORCENTAJES	g DE INGREDIENTES / 5 Kg DE MEZCLA PREPARADA PARA PASTEL
HARINA	42.00	2,100.00
AZUCAR	42.00	2,100.00
POLVOS DE HORNEAR	1.00	50.00
LECHE EN POLVO	6.00	300.00
MANTECA VEGETAL	9.00	450.00
TOTAL	100.00	5,000.00

METODO DE PREPARACION DEL PASTEL TIPO PANQUE

1. Calentar el horno a 190°C.
2. Engrosar los moldes redondos con un diametro de 20 cm y 4 cm de altura
3. En un tazón de una batidora comercial depositar 270 gr. de la mezcla preparada para el pastel tipo panqué, 1 huevo fresco y 140 ml de agua
4. Mezclar durante 3 minutos a velocidad media
5. Distribuir perfectamente en el molde de batido
6. Hornear durante 27 minutos
7. dejar que el pastel se enfríe durante 10 minutos y desmoldar

FIGURA No. 6
OBTENCION DE UNIDADES EXPERIMENTALES



CAPITULO IV

RESULTADOS

Y

DISCUSION

Los resultados obtenidos de las mediciones realizadas a las harinas enriquecidas con gluten de trigo, desde el punto de vista reológico y pruebas físicas de panificación, son mostrados en el Cuadro General de Resultados (CUADRO No. 24). Estos resultados se obtuvieron previa correlación entre los gramos de gluten de trigo con el correspondiente porcentaje de proteínas totales (curva patrón FIGURA No. 7) y de la caracterización del gluten-gluten-harina mediante los siguientes análisis:

Análisis químico proximal (CUADROS 26 y 27), análisis granulométrico (CUADROS 28, 29 y 30 y FIGURA No. 8) y la determinación del pH (CUADRO No. 31), respectivamente.

**CUADRO No. 24
CUADRO GENERAL DE RESULTADOS**

PROTEINAS	8.20%	8.40%	8.80%	9.00%	9.10%	9.40%	9.60%	9.90%	10.3%
PORCENTAJE DE ABSORCION prom.	63.00	63.53	64.60	65.00	65.41	66.21	67.00	67.44	68.50
σ	0.36	0.34	0.07	0.16	0.11	0.10	0.23	0.09	0.1
VARIANZA	0.13	0.11	0.01	0.02	0.01	0.01	0.05	0.01	0.0
VAL. MAX.	63.3	63.99	64.65	65.20	65.50	66.31	67.20	67.66	68.60
VAL. MIN.	62.5	63.20	64.50	64.82	65.26	66.07	66.68	67.45	68.30
INDICE DE ELASTICIDAD (ergios) prom.	11.20	11.49	12.13	12.40	12.60	13.07	13.40	13.86	14.50
σ	0.0726	0.0432	0.0356	0.0356	0.1633	0.0883	0.1472	0.0356	0.0572
VARIANZA	0.0053	0.0019	0.0013	0.0013	0.0267	0.0078	0.0217	0.0013	0.0033
VAL. MAX.	11.27	11.55	12.16	12.43	12.80	13.19	13.55	13.91	14.5
VAL. MIN.	11.10	11.45	12.08	12.35	12.40	12.98	13.20	13.83	14.4
TIEMPO DE AMASADO (min.) prom.	6.90	7.20	7.40	7.50	7.70	7.70	7.80	8.10	8.20
σ	0.5716	0.2160	0.2944	0.356	0.3742	0.2944	0.3559	0.3742	0.0817
VARIANZA	0.3267	0.0467	0.0967	0.1267	0.1400	0.0867	0.1267	0.1400	0.0067
VAL. MAX.	7.70	7.40	7.80	8.00	8.10	7.70	8.30	8.50	8.40
VAL. MIN.	6.40	6.90	7.10	7.20	7.20	7.40	7.50	7.50	8.0
TIEMPO DE ESTABILIDAD (min.) prom.	7.00	7.30	7.50	7.80	7.90	8.00	8.20	8.40	8.50
σ	0.1633	0.4321	0.0817	0.4321	0.2160	0.1414	0.0817	0.2160	0.1633
VARIANZA	0.0267	0.1866	0.0067	0.1867	0.0467	0.0200	0.0066	0.0466	0.0267
VAL. MAX.	7.20	7.90	7.40	8.40	8.20	8.20	8.30	8.30	8.90
VAL. MIN.	6.80	6.90	7.40	7.40	7.70	7.90	8.10	8.10	8.30
TIEMPO DE CAIDA (seg.) prom.	102.0	104.0	106.0	108.0	112.0	114.0	117.0	119.0	120.0
σ	0.8165	0.8154	0.8165	0.8165	0.8165	0.8165	0.8165	0.8165	0.8165
VARIANZA	0.6667	0.6667	0.6667	0.6667	0.6667	0.6667	0.6667	0.6667	0.6667
VAL. MAX.	103.0	105.0	107.0	109.0	113.0	115.0	118.0	120.0	121.0
VAL. MIN.	101.0	103.0	105.0	107.0	111.0	113.0	116.0	118.0	119.0
PESO DEL PASTEL (gr.) prom.	300.78	351.56	355.23	371.46	378.15	382.69	384.97	391.28	399.39
σ	3.2322	1.8200	2.6555	1.2532	2.8359	1.2404	7.9888	1.5243	1.9298
VARIANZA	10.44	3.3149	7.0515	1.5705	8.0425	1.5386	24.8824	2.3235	3.7241
VAL. MAX.	355.2	353.6	357.9	373.73	380.7	383.7	392.0	392.9	401.3
VAL. MIN.	347.7	349.2	351.6	370.7	374.2	380.9	380.6	389.2	396.7
VOLUMEN DEL PASTEL (cm³) prom.	1400.00	1400.00	1425.00	1450.00	1480.00	1450.00	1425.00	1400.00	1375.00
σ	-2	-2	-1	0	0	+1	+1	+2	+2
INTERPRETACION DE PORO ESCALA ARBITRARIA									
PORO MUY CERRADO									
PORO CERRADO									
PORO ADECUADO									
PORO ABIERTO									
PORO MUY ABIERTO									

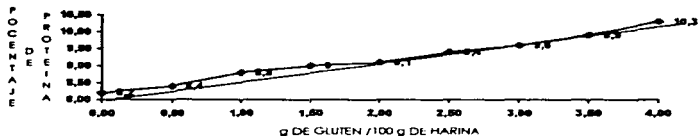
1.- CURVA PATRON

CUADRO No. 25
CURVA PATRÓN DE HARINAS PASTELERAS
CON GLUTEN DE 0.5 HASTA 4.0g/100g DE HARINA

g DE GLUTEN / 100 g DE HARINA	PORCENTAJE DE PROTEINAS
0.00	8.20
0.50	8.40
1.00	8.80
1.50	9.00
2.00	9.10
2.50	9.40
3.00	9.60
3.50	9.90
4.00	10.30

La curva patrón FIGURA No. 7 elaborada con base en los datos del CUADRO No. 25 y sometidos a la técnica de regresión lineal arrojan un valor de correlación y una pendiente positiva de 0.497, lecturas que categorizan un comportamiento lineal, en harinas enriquecidas con gluten destinadas a pastelería desde 0.5 hasta 4.0g/100g de harina y que equivalen a porcentajes de proteínas de 8.2 y 10.3 respectivamente y mediante la cual se puede interpolar los valores del porcentaje de proteína para los gramos de gluten por cada 100 gramos de harina en los rangos mencionados con un alto nivel de precisión.^{45,46,47}

FIGURAN No. 7
CURVA PATRÓN DE HARINA PASTELERA
GRAMOS DE GLUTEN DE TRIGO / PORCENTAJE DE PROTEINA



2.- ANALISIS QUIMICO PROXIMAL

CUADRO No. 26
ANALISIS PROXIMAL DE GLUTEN

CARACTERISTICAS	RESULTADOS g/100g DE GLUTEN
PROTEINAS	74.75
HUMEDAD	8.20
CENIZAS	0.72
CARBOHIDRATOS	16.33
TOTAL	100.00

CUADRO No. 27
ANALISIS PROXIMAL HARINA PASTELERA
SIN ADICION DE GLUTEN DE TRIGO

CARACTERISTICAS	RESULTADOS g/100g DE GLUTEN
PROTEINAS	8.2
CARBOHIDRATOS	78.40
HUMEDAD	13.0
CENIZAS	0.40
TOTAL	100.00

El CUADRO No. 26 muestra los resultados del análisis proximal realizado al gluten de trigo, donde podemos observar que el ingrediente mayoritario lo constituye el porcentaje de proteínas, las cuales influirán en las propiedades de las harinas enriquecidas por ser estas responsables de las características físicas, químicas y reológicas. El análisis proximal del harina pastelera sin la adición de gluten de trigo muestra un porcentaje de proteínas de 8.2 mientras que la concentración de carbohidratos asciende a un 78.4, la influencia que pudiera ejercer los niveles de carbohidratos y cenizas de gluten de trigo son no significativas en las harinas enriquecidas, tomando como base que la proporción de estos ingredientes en el harina pastelera total son mínimos, si consideramos que el porcentaje de cenizas en una harina pastelera de excelente calidad se permiten niveles de hasta 0.72%, y que para la parte de carbohidratos se requiere de un mínimo de 78%, por lo que se categoriza que las modificaciones desde el punto de vista fisicoquímico y reológico, lo proveerán solamente los porcentajes de proteínas obtenidos mediante el enriquecimiento en las harinas pasteleras.

3.- ANALISIS GRANULOMETRICO

CUADRO No. 28
ANALISIS GRANULOMETRICO DE GLUTEN DE TRIGO

MALLA	PORCENTAJE RETENIDO
RETENIDO EN LA MALLA 80 XX	1.00
RETENIDO EN LA MALLA 100 XX	2.60
RETENIDO EN LA MALLA 140 XX	16.70
RETENIDO EN LA MALLA 200 XX	23.00
CHAROLA	57.70
TOTAL	100.00

CUADRO No. 29
ANALISIS GRANULOMETRICO DE HARINA PASTELERA
CON 0.0 g DE GLUTEN DE TRIGO

MALLA	PORCENTAJE RETENIDO
RETENIDO EN LA MALLA 80 XX	42.21
RETENIDO EN LA MALLA 100 XX	48.40
RETENIDO EN LA MALLA 140 XX	8.76
RETENIDO EN LA MALLA 200 XX	0.51
CHAROLA	0.12
TOTAL	100.00

Suma de malla 80, 100 y 140 = 99.37

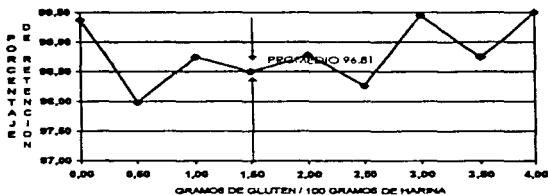
CUADRO No. 30
ANALISIS GRANULOMETRICO DE HARINA ENRIQUECIDA
CON GLUTEN DE 0.5 HASTA 4.0 g / 100 g DE HARINA

g DE GLUTEN / 100 g DE HARINA	PORCENTAJE DE RETENCION
0.0	99.37
0.5	97.98
1.0	98.75
1.5	98.50
2.0	98.78
2.5	98.26
3.0	99.45
3.5	98.75
4.0	99.50

El CUADRO No. 28 muestra los resultados del análisis granulométrico realizado al gluten de trigo, donde la mayor cantidad se presenta a través de la malla 200 XX y en la charola, mientras que la harina pastelera sin la adición de gluten presenta la mayor cantidad sobre la malla 80 y 100 XX, finalmente el CUADRO No. 30 muestra los perfiles granulométricos del harina enriquecida desde 0.5 hasta 4.0 gramos de gluten por cada 100 gramos de harina, donde la adición de

éste no varía significativamente si tomamos como referencia la suma de las mallas 80 100 140 XX, por lo que la integración del gluten a las harinas fue realizada satisfactoriamente, no encontrándose problemas de segregación que pudieran influir en el comportamiento final de las harinas. De hecho la adición de gluten a nivel industrial es una práctica que en algunas industrias resulta imprescindible para el mejoramiento de calidad del harina, sin embargo, los porcentajes de éste y los métodos de validación en cuanto a la incorporación total no son realizados, encontrándose en un mismo lote de harina diferentes características finales. En el presente trabajo se realizó cuidadosamente la incorporación del gluten de acuerdo a la FIGURA No. 6 para evitar sesgos en los resultados mostrados con anterioridad y sobre todo en los resultados de las pruebas de panificación que en su momento se detallarán obteniendo un promedio de 96.81 en un intervalo de porcentaje de retención de 98.0 a 99.5, valores mostrados en la FIGURA No. 8

FIGURA No. 8
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE HARINA ENRIQUECIDA
CON GLUTEN DE TRIGO
PROMEDIO



4.- pH.

CUADRO No. 31
pH DE HARINA ENRIQUECIDA CON GLUTEN DE TRIGO

PORCENTAJE DE PROTEÍNAS	pH
8.20	4.90
8.40	4.90
8.80	4.90
9.00	4.90
9.10	4.90
9.40	4.90
9.60	4.91
9.90	4.91
10.30	4.91

Los resultados de la variación de pH mostrados en el CUADRO No. 31, con respecto al enriquecimiento de harina pastelera, mediante gluten de trigo muestran una diferencia no significativa, tomando como referencia que los valores de desviación estándar y varianza fueron de 0.005 y 0.0002 respectivamente. El pH se mantiene prácticamente constante (promedio 4.903) descartando cualquier influencia de este en las variables de respuesta y pruebas de panificación.

5.- PRUEBAS REOLOGICAS

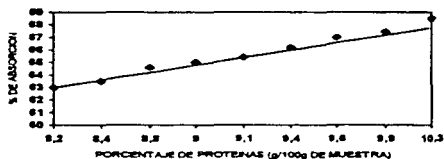
CUADRO No. 32
PRUEBAS REOLOGICAS DE HARINA ENRIQUECIDA CON
GLUTEN DE 0.5 HASTA 4.0g/100g DE HARINA

% DE PROTEINA	ABSORCION DE AGUA (%)	ELASTICIDAD (ergios)	AMASADO (min)	ESTABILIDAD (min)	CAIDA (seg)
8.20	63.00	11.20	6.90	7.00	102.00
8.40	63.53	11.49	7.20	7.30	104.00
8.80	64.60	12.13	7.40	7.50	106.00
9.00	65.00	12.40	7.50	7.80	108.00
9.10	65.41	12.60	7.7	7.90	112.00
9.40	66.21	13.07	7.70	8.00	114.00
9.60	67.00	13.40	7.80	8.20	117.00
9.90	67.55	13.86	8.10	8.40	119.00
10.30	68.50	14.50	8.20	8.50	120.00

- PRUEBAS REOLÓGICAS DE HARINAS ENRIQUECIDAS CON GLUTEN DE 0.5 HASTA 4.0 g/100g DE HARINA

a) PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE AGUA

FIGURA No. 9
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE AGUA

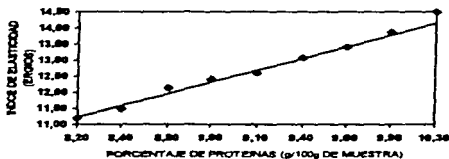


El porcentaje de absorción de agua aumenta en relación al incremento de gluten en las harinas enriquecidas. Los resultados fueron graficados y tratados estadísticamente, obteniendo el promedio (CUADRO No. 32), análisis de varianza y desviación estándar, para los 27 puntos registrados y esquematizados en el Cuadro General de Resultados CUADRO No. 24, mediante la técnica de regresión lineal (FIGURA No. 9), se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.996 con una pendiente positiva de 2.68. El mismo tratamiento se realizó con las demás variables de respuesta en función a cada nivel de proteínas. El incremento de la absorción de agua es debido a la propiedad de las proteínas a capturar esta del medio ^(4, 10, 11). De hecho, en panificación mediante la técnica de esponja, es adicionado gluten al igual que los otros ingredientes secos, antes de la adición de agua, para obtener mejores resultados en la absorción de los líquidos. Es importante señalar que el almidón dañado juega un papel muy importante en agua, compitiendo directamente con las proteínas, afectando el resultado de sus propiedades funcionales. En este caso el porcentaje es muy bajo, ya que la separación de proteína/almidón se realiza por medio de aire, disminuyendo la fricción y las fuerzas mecánicas que el almidón debe soportar en los molinos tradicionales. De acuerdo al método Farrand¹⁴, se establece una relación fundamental entre el nivel de proteínas en una harina y los niveles permisibles del almidón dañado para el proceso de panificación óptimo, de tal forma que pueda representarse por medio de una ecuación: $\text{almidón dañado} = (\% \text{ de proteínas}) \times 6$. Por ejemplo en el nivel de 0.0 gramos de gluten / 100 g de harina y que equivale a 8.2% de protei-

nas. funcionaria con un b porcentaje de almidón dañado de 11.2 y para el extremo máximo de 10.3% de proteínas de 17.68. Los porcentajes reales de harina pasteleras turbolizadas no exceden el 3.0% de almidon dañado por lo que la competencia de absorción de agua entre almidón y proteína, es muy pequeñas y por ende las propiedades funcionales de las proteínas no se ven afectadas debido a la hidratación adecuada de estas. La capacidad de absorción del gluten seco comercial esta en el rango de 150 a 200 % y ya hidratado tiene características físicas muy semejantes al gluten de trigo natural esto es, en la formación de redes integrales que servirán para la retención del gas generado por el sistema leudante en pastelería. Es importante evaluar que el porcentaje de absorción del gluten aislado, es diferente a cuando este se encuentra combinado en el harina. Los valores extremos de los porcentajes de absorción 63.0 y 68.0 respectivamente, que equivalen a una diferencia de 5.5 y que dividida entre los 9 intervalos de variación, equivale a 0.611 % de absorción por cada 0.5 g de gluten añadido en base harina. 173

b) INDICE DE ELASTICIDAD

FIGURA No. 10
INDICE DE ELASTICIDAD

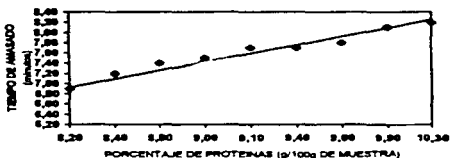


El índice de elasticidad muestra un comportamiento directo. De un valor mínimo de 11.20 a un valor máximo de 13.85. El análisis de regresión lineal mostrado en la FIGURA No. 10 dio un coeficiente de correlación de 0.999 y un valor positivo en su pendiente de 1.58. La propiedad de elasticidad es debida a la presencia de gliadinas. Por el contrario, las gluteninas proveen de tenacidad a las harinas. El balance entre estas dos propiedades (elasticidad/tenacidad) ayudan a elegir correctamente el tipo de harina emplear. Las harinas tenaces son preferibles

en pastelería a las que tienen un marcado comportamiento extensible. El índice de elasticidad es relacionado con los valores de P/G (prueba del alveógrafo), al respecto existen varios criterios en cuanto a su interpretación, el más utilizado es el valor de "CINCO". En este existe un balance perfecto entre la elasticidad y la tenacidad (harinas utilizadas en la elaboración de pan blanco). A medida que se obtienen lecturas por arriba del valor "cinco" las harinas acusan un incremento en su tenacidad (harina pastelera). Lecturas por abajo de este, acusan un incremento en su extensibilidad (harinas galleteras). Cuando se emplean harinas muy tenaces existe una gran dificultad en las lecturas al grado de sifonear el agua de la columna de medición, imposibilitando su lectura. Este fenómeno ocurrió en la evaluación de las muestras en el intervalo de 8.2 a 9.4 g/100g de muestra, donde se obtuvieron mediciones de P/G de 3.8 y 3.7 respectivamente. Estadísticamente no se puede concluir un comportamiento de los valores P/G de las muestra tratadas sin embargo, las harinas acusaron un comportamiento más extensible y elástico.^{(1), (2), (3)}

c) TIEMPO DE AMASADO

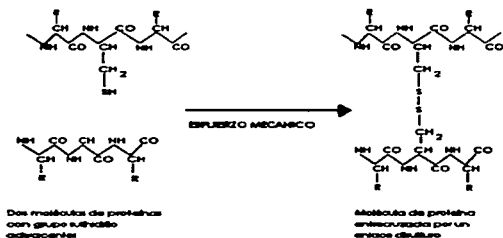
FIGURA No. 11
TIEMPO DE AMASADO



El tiempo de amasado es proporcional al incremento de gluten en las harinas enriquecidas, así lo valida la FIGURA No. 11, donde el coeficiente de correlación es de 0.961 y el valor de la pendiente es de 0.593. La tolerancia de las harinas a soportar esfuerzos mecánicos es muy importante. En el mezclado de las masas, se induce un reacomodo de grupos disulfuro, debido a que las proteínas tienen una mayor facilidad de interacción con ellas mismas, dando como resultado la formación de una red tridimensional de proteína (FIGURA No. 12), con las propiedades elásticas requeridas para la obtención de una estructura adecuada.^{(1), (2), (3), (4)} aunque la

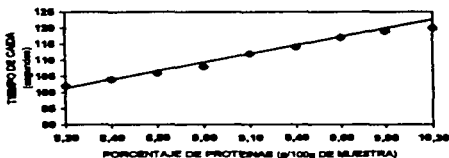
diferencia entre los valores extremos es de sólo 1.3 minutos, en la práctica es muy significativo, especialmente por los procesos de mezclado que mediante mezcladores de listón, choppers o de ambos, sufren las harinas, previo al proceso de amasado descrito anteriormente. El problema de las harinas débiles se agudiza con las destinadas a la elaboración de harinas preparadas, las cuales deben de soportar los procesos de entoletter, mezclado industrial (mezcladores de listón), turbolizado, transporte a base de gusanos y mezclado en las tolvas de alimentación de las llenadoras y mezclado domestico (mediante mezcladores domésticos o licuadoras) realizado por las amas de casa.

FIGURA No. 12
REACOMODO DE GRUPOS DISULFURO
EN EL MEZCLADO



d) TIEMPO DE CAIDA

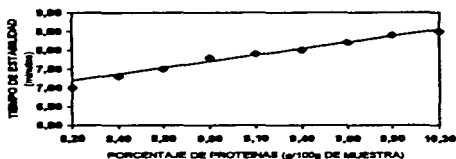
FIGURA No. 13
TIEMPO DE CAIDA



El tiempo de caída aumenta en forma directa, obteniendo una distancia de 18 segundos, entre los puntos extremos. El análisis de regresión lineal FIGURA No. 13 arroja un coeficiente de correlación de 0,956 y una pendiente positiva de 9,505. Es significativo lo estrecho y por ende, lo difícil que significa, la toma de las lecturas de esta variable de respuesta, en función al incremento de proteínas, mediante el enriquecimiento con gluten de trigo, donde en promedio la diferencia de lecturas en niveles consecutivos, fue de dos a tres segundos (para 8.2 y 8.4 g/100g de muestra, los tiempos de caída son 102 y 104 segundos respectivamente). De acuerdo a lo anterior se explica lo pronunciado en la pendiente. A pesar de que el tiempo de caída obtuvo el menor coeficiente de correlación, su comportamiento es presumiblemente lineal. Los valores obtenidos son de gran utilidad al industrial, pues le permiten conocer el tiempo en que la masa dejará de ser estable, debida a un amasado excesivo, a las características físico-químicas propias del harina, a la calidad de molienda y al uso adecuado de mejorantes. El tiempo óptimo de caída, está en función al tipo de producto o proceso a realizar. Con un tiempo corto, al harina no tiene fuerza suficiente para tolerar el mezclado extra, es una harina crítica ya que fácilmente se puede sobremezclar. Si es muy largo, significa que la harina es fuerte y que quizá en la fábrica, nunca se llegue a desarrollar completamente en el tiempo del que se dispone.^{1,2,3,32,34,36}

e) TIEMPO DE ESTABILIDAD

FIGURA No. 14
TIEMPO DE ESTABILIDAD



El tiempo de estabilidad aumenta en forma directa de un valor mínimo de 7.0 a un máximo de 8.9 minutos. El análisis de regresión lineal obtenida de la FIGURA No. 14, arroja un coeficiente de correlación de 0.964 y una pendiente positiva de 0.732. El tiempo en que la harina es capaz de mantener sus propiedades reológicas, fisicoquímicas y de panificación, cuando son sometidas a procesos de amasado y que se inicia cuando la masa esta completamente amasada "al punto" y que termina cuando se inicia el primer esbozo de caída "flaja" se denomina tiempo de estabilidad. Se entiende que a mayores índices de estabilidad el harina pastelera se comportará mejor durante el proceso de mezclado.^{1,23,32,34,35}

6.- PRUEBAS DE PANIFICACION

- PRUEBA DE PANIFICACION. PASTELES ELABORADOS CON HARINAS ENRIQUECIDAS CON GLUTEN DE 0.5 HASTA 4.0 g/100g DE HARINA

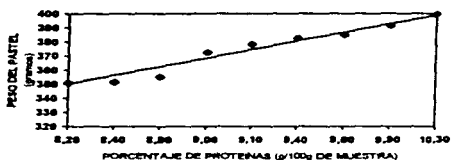
CUADRO No. 33
PRUEBAS DE PANIFICACION
PASTELES ELABORADOS CON HARINAS ENRIQUECIDAS CON GLUTEN DE TRIGO
DE 0.5 HASTA 4.0 g/100g DE HARINA

PORCENTAJE DE PROTEINAS g/100g de proteínas	8.2	8.4	8.8	9.0	9.1	9.4	9.6	9.9	10.3
PESO PASTEL (g.)	350.78	351.56	355.23	372.46	378.15	382.69	384.97	391.28	399.39
VOLUMEN prom. (cm ³)	1400	1400	1425	1450	1480	1450	1425	1400	1375
PORO prom.	-2	-2	-1	0	0	+1	+1	+2	+2
INTERPRETACION DE PORO									
ESCALA ARBITRARIA									
PORO MUY CERRADO	-2								
PORO CERRADO	-1								
PORO ADICUADO	0								
PORO ABIERTO	+1								
PORO MUY ABIERTO	+2								

El CUADRO No. 33 muestra los resultados de las pruebas de panificación entendiendo éstas, como la elaboración de un pastel de tipo panqué, partiendo de las harinas enriquecidas con gluten, con los niveles de referencia. Los parámetros de evaluación fueron escogidos bajo el criterio de ser los de mayor importancia para el consumidor y que influyen de manera directa en la toma de decisión de compra. Además de que estos son fácilmente controlables y medibles, siempre y cuando el industrial parta de harinas pasteleras que reúnan los requisitos mínimos indispensables.

a) PESO

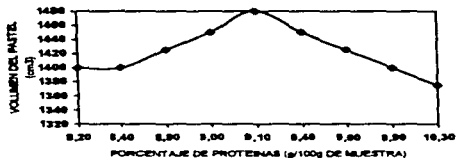
FIGURA No. 15
PESO DEL PASTEL



El peso del pastel presenta un comportamiento directo en función al grado de enriquecimiento de la harina, mediante gluten de trigo, según FIGURA No. 15 obteniendo un coeficiente de correlación de 0.937 y un error estadístico de 0.263. Es importante comentar que en el horneado del pastel se presentan factores externos (gradientes de temperatura y humedad) que pueden influir en los resultados finales. Para minimizar éstos, siempre se hornearon dos pasteles al mismo tiempo, en lugares predestinados en hornos similares. El aumento en el peso de los pasteles es debido a la dificultad de liberar el agua del sistema (la capacidad de absorción del gluten) influye en una forma muy marcada, propiedad ya comentada en la variable de respuesta "% de absorción de agua", proveniente de los líquidos utilizados en el batido (agua de la humedad propia de los ingredientes y de la interacción de éstos con materiales sugeridos en la elaboración del pastel (leche y huevo), durante el proceso de horneado. La diferencia entre los puntos extremos es de solo 48.61 gramos, en los cuales se presentan pasteles de muy quebradizos y secos (8.2 y 8.4% de proteínas) a muy apelmasados (9.9 y 10.3% de proteínas). Los primeros, debido a la escasa absorción de agua y liberación de esta en el horneado, los segundos, por el proceso inverso. Los mejores resultados fueron los equivalentes de 1.5 a 2.0 g de gluten / 100g de harina (9.0 a 9.1 % de proteínas), donde los pasteles acusaron una apariencia fresca, no compactos ni apelmasados y que equivalen a los pesos de 372.46 y 378.15 gr, respectivamente.

b) VOLUMEN

FIGURA No. 16
VOLUMEN DEL PASTEL

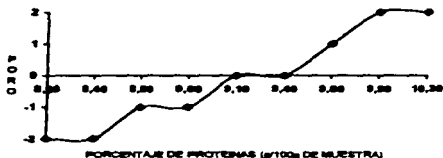


El volumen acusó un comportamiento parabolico (de 1400 hasta 1480 cc. Para luego decrecer hasta un nivel 1399,39). Probablemente este parametro sea el de mayor importancia en la cualidad "a priori" de un pastel. Todo mundo quiere comprar el pastel mas grande, por el mismo precio. El gráfico mostrado en la FIGURA No. 16, representa en forma esquematica este comportamiento. Una característica importante, dentro del volumen del pastel, es la "suavidad" de sus líneas, esto es, que no presente chipotes, grietas, crestas, ni valles pronunciados. Con referencia a lo anterior, la mejor uniformidad la presentó en el volumen máximo (1480 cc.), equivalente a 9,1% de proteínas. A niveles de 9,0 y 9,4, se obtuvieron iguales valores en volumen (1450 cc.)sin embargo, el primero acusó un volumen más uniforme y con mejores características a la vista. La propiedad de formar una red tridimensional en la cual el gas es capturado es debido a las propiedades de las proteínas. Harinas con bajos porcentajes de proteínas, acusan un comportamiento tenaz, mientras que las que poseen un alto porcentaje se inclinan más por la propiedad de elasticidad, los porcentajes de proteína de 8,2 a 8,8 manifiestan un comportamiento tenaz, los correspondientes de 9,6 a 10,3 de elasticidad. Los valores centrales, muestran un balance entre tenacidad/elasticidad. El valor óptimo es el correspondiente a 9,1% de proteínas. La formación de la red, debe realizarse a la par de la producción del gas, y esta debe ser tenaz (fuerte), para delimitar el máximo crecimiento. Elastico, para poder crecer en forma biunivoca, hasta el agotamiento de producción del gas, y la total formación de la red, por efecto de horneado. Redes muy tenaces, simularían un globo muy rígido, al cual se le soplaría con una fuerza constante, pero insuficiente para poder inflarlo.

Redes muy elásticas, simularían un globo demasiado flojo, al cual se le soplaría con la misma fuerza y que de igual forma, la imposibilidad de inflarlo, se presenta, ya que el gas sólo se expandiría sin crecimiento. Para poder tener un globo "inflado", con la presión constante mencionada se necesita un globo, donde las dimensiones, rigidez y elasticidad sean adecuadas (balanceadas) y que posibilitan la propiedad de inflarse sin romperse y de mantener su forma (volumen).^{1,23,24,27,37,38}

c) PORO

FIGURA No. 17
PORO DEL PASTEL



La FIGURA No. 17 muestra en forma esquemática las calificaciones y comportamiento de esta variable de respuesta. El poro del pastel acusa la uniformidad de los alveolos producidos por la aparición de vapor de agua y CO₂, generados por el agua total del batido y por la reacción química, entre el bicarbonato de sodio con el fosfato monocálcico monohidratado y el sulfato de aluminio y sodio (polvos de hornear), y que son formados gracias a las interacciones proteína-almidón, en el pastel, durante el proceso de horneado. De los resultados mostrados en el CUADRO No. 33 el poro más adecuado, se obtuvo para los pasteles elaborados con harinas enriquecidas con 1.5 y 2.0 g de gluten / 100 g de harina, y cuyos valores nominales corresponden a 3 mm. De diámetro. Los concernientes para poro muy cerrado (1 mm.), poro cerrado (2 mm.), poro abierto (4 mm.) y poro muy abierto (5 mm.), complementan la escala utilizada.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Las especificaciones de la harina pastelera son de gran ayuda al Industrial para obtener mejores rendimientos en sus pasteles.
2. El harina pastelera obtenida mediante el proceso de turbolización es la más adecuada por proveer mejores características físicas químicas y reológicas debido a que este proceso no lesiona mecánicamente los almidones y la relación de proteína-almidón es estimada cuantitativamente.
3. El porcentaje de proteínas juega el papel más importante ya que modifica las características físicas y químicas de la harina, reológicas de la masa y físicas del pastel.
4. Las especificaciones tienen un intervalo de variación máximo y mínimo sujetos a las características finales deseables en el pastel.
5. Las especificaciones recomendadas para Harinas pasteleras son :

Harina enriquecida con gluten de trigo desde 9.0 -9.1g/100g de proteína

Porcentaje de absorción : 65.00-65.41

Índice de elasticidad : 12.40 -12.60 ergios

Tiempo de Amasado : 7.5 - 7.7 min.

Tiempo de Estabilidad : 7.8 - 7.9 min.

Tiempo de Caída : 108 - 118 seg.

NOTA : El CUADRO No. 34 muestra las especificaciones mencionadas.

De las especificaciones antes descritas se obtuvo el pastel tipo panqué con las mejores cualidades físicas (volumen y peso)

RECOMENDACIONES

1. El ingeniero de calidad debe supervisar :
 - a) Tipo y variedades de trigos utilizados en la mezcla
 - b) Proceso de molienda
 - c) Adición de mejorantes y blanqueadores
 - d) Programa de control de plagas en molinos
2. Debe considerarse del trigo lo siguiente :
 - a) Tipo
 - b) Composición química
 - c) Técnicas de cultivo
 - d) Cosecha
 - e) Uso y tipo de fumigantes
 - f) Plagas
3. Durante el proceso de elaboración de harinas y de productos de panificación el Ingeniero de Calidad debe conocer :

- a) Tiempos óptimos de mezclado (harina/gluten de trigo)
 - b) Adición adecuada de ingredientes en la producción de pasteles
4. La calidad del harina para pastelería deberá ser verificada en el molino de acuerdo a los siguientes aspectos :
- a) Análisis químico proximal.
 - b) Análisis granulométrico
 - c) pH
 - d) Farinograma
 - e) Pruebas de panificación

**CUADRO No. 34
ESPECIFICACIONES DE MATERIA PRIMA PARA HARINA PASTELERA**

SUSTITUYE:	DIVISION: HARINAS	ESPEC No.:
FECHA:	SUBDIVISION: HARINAS PASTELERAS	EDICION No.: PAG. DE

MATERIA: Harina de Trigo Turbolizada para Pastelería, Polvo fino al tacto, de color blanco a tono muy ligeramente amarillento
ENVASE: Costal de manta, impreso con el nombre del producto, Con contenido neto de 44kg.
ALMACENAJE: En el envase original perfectamente cerrado, en un lugar fresco y seco.

CARACTERÍSTICAS;	ESTÁNDARES Y TOLERANCIAS;	TÉCNICA	EQUIPO;
Requerimiento crítico			
Materia Extraña	Exenta	Visual	
Humedad	13.0 máximo	Diferencia de pesos	Termobalanza
Proteínas	9.0 - 9.1 %	Determinación de Nitrogeno	infralizer
Cenizas	0.40 máxima	incineración	infralizer
Carbohidratos	13.5 78 % mínimo		Diferencia
Almidón dañado	13.6 % máxima		Fórmula
Requerimientos mayores			
pH	4.0 - 5.4		Potenciómetro
Trabajo de deformación	300 - 400 ergios		Farinógrafo de Bravender
Absorción de agua	65 - 65.5 %		Farinógrafo de Bravender
Índice de elasticidad	12.4 - 12.6 ergios		Farinógrafo de Bravender
Tiempo de amasado	7.5 - 7.7 minutos		Farinógrafo de Bravender
Tiempo de estabilidad	7.6 - 8.0 minutos		Farinógrafo de Bravender
Tiempo de caída	108 - 112 segundos		Farinógrafo de Bravender
Análisis granulométrico	Sumatoria de las mallas 70, 100 y 140 xx, mínimo 95 %		Serie de Tyler

9.9

DISTRIBUCION DE COPIAS DIRECTOR GENERAL GERENCIA DE CONTROL DE CALIDAD DIRECCION DE FINANZAS SUPERINTENDENTE DE PLANTA	EDITADO POR: _____ DIRECCION DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD
--	--

BIBLIOGRAFIA

1. Addo, D.R. and Pomeranz, Y., (1990): "A New Parameter Related to Loaf Volumen Based on the First Derivative of the Alveograph Curve"; *Cereal Chem.* 64-69.
2. BIMBO, (1990): "Almidón Dañado. Método Farant".
3. American Institute of Baking, (1981): "Baking Science and Technology"; Baking Science.
4. Badui D. S., (1981): "Química de los Alimentos"; 1a. ed., Edit. Alhambra Mexicana.
5. Boletín Informativo Roche; (1991): "Ácido Ascórbico. Aspectos Biológicos y Tecnológicos" Departamento de la Industria Alimentaria, División Vitaminas; Laboratorios Roche.
6. Boletín Informativo Roche; (1992): "Pérdida de Vitaminas en Función del Grado de Extracción"; Departamento de la Industria Alimentaria, División Vitaminas; Laboratorios Roche.
7. Carbajal, G. M. y Castilla C. F., (1977): "La harina de Trigo en México. Su calidad"; PAN, p. 256.
8. Carbajal, G. M., (1989): "El Alveógrafo"; Pan Continental, Diciembre.
9. Chacon, C., (1975): "Clasificación de las Variedades de Trigo en México"; Laboratorio de Farinología, INIA; p. 25.
10. Chung, K. O., (1986): "Lipid-Protein Interactions in Wheat Flour, Dough, Gluten and Proteins Fractions"; *Cereal Foods World*; 31 (242).
11. Czuchajowska, Z. and Pomeranz, Y., (1991): "Evaluation of Vital Dry Gluten Composition and Functionality in Bread Making by Near-Infrared Reflectance Spectroscopy"; *Cereal Foods World* 36 (5).
12. Czuchajowska, Z. and Pomeranz, Y., (1993): "Gas Formation Retention, II. Role of Vital Gluten During Baking of Bread From Low-Protein or Fiber-Enriched Flour"; *CFW Res* 38 (7).
13. Daffay, R. D., Pomeranz, Y., Shogen M. Y., Finnery, K. F., (1968): "Functional (Breadmaking) Properties of Flour Lipids II. The Role of Flour Lipid Fractions in Breadmaking"; *Food Technol.* 22 (3): 79-88.
14. Danno, G. and Hosney, R. C. (1982): "Changes in flour Proteins During Mixing"; *Cereal Chem.* 59 (4): 249-253.
15. Erlander and Erlander, L. G., (1969): "Explanation of Ionic Sequences in Various Phenomena X. Protein-Carbohydrate Interactions and Mechanism for the staling of bread"; *Stärke* 21: 305.
16. Faral, H., (1985): "Rheology of Wheat Products"; A. A. C. C. St. Paul, Minnesota, U.S.A., 1-175.
17. Frazier, P. J., Brimblecome, F. A. and Daniels, N. W. R., (1974): "Effect of Enzyme Active Soya Flour on the Rheological and baking Properties of Wheat Flour Doughs"; Proc IV, Int. Congress Food Sci. Technol., (1): 127.
18. Gaines, C. S., (1993): "Collaborative Studies on the baking Quality of Cookies Flour by Wire-Cut Type Formulations"; A. A. C. C. 10-53 y 10-54. *CFW Res* 38 (1).
19. Greenwood, C. T., (1976): "Starch in: Advances in Cereal Science and Technology". A. A. C. C. St. Paul Minnesota U.S.A.
20. He., H. and Hosney, R. C. (1991): "Differences in Gas Retention Protein Solubility and Rheological Properties Between Flours of Different Baking Quality"; *Cereal Chem.*, 68 (5). 526-530.
21. Hosney, R. C., Finney K. F., Shogen, M. D. and Pomeranz, Y., (1969): "Functional (Bread Making) and Biochemical Properties of Wheat Flour Components III Characterization of Gluten Proteins, Fractions Obtained by Ultracentrifugation"; *Cereal Chem.* 12: 612.

22. Hosney, R. C., Finney, K. F. and Pomeranz, Y., (1970): "Functional (Bread Making) and Biochemical Properties of Wheat Flour Components IV. Gliadin-Lipid-Glutenin Interaction in Wheat Gluten"; *Cereal Chem* 47 (2): 135-140.
23. International Grains Program: "Principles of Milling"; Association of Operative Millers.
24. Jamison Y Joaber, (1986): "Manejo de los alimentos. Conservación de su calidad", Vol. 2; Ed. Pax-México, México
25. Kahn, K. and Bushul, W., (1979): "Structure of Wheat Gluten in Relation to Functionality in Breadmaking, Functionality and Protein Structure"; Washington, D.C. American Society, p.179.
26. Kahn, K., Froberg, R., Olson, T. and Huckle, L., (1989): "Inheritance of Gluten Protein Components of High-Protein Hard Red Spring Wheat Lines Derived From *Triticum turgidum* var., *Dicoccoides*"; *Cereal Chem*, 66(5): 397-401.
27. Kaldy, M. S., Kerelik, G.R. and Fozub, G.C., (1993): "Influence of Gluten Components and Flour Lipids on Soft White Wheat Quality"; *Cereal Chem*, 70(1): 77-80
28. Kent, N. L., (1971): "Tecnología de los Cereales"; 3ra ed.
29. Kim, C. S. and Walker, (1992): "Interaction Between Starches, Sugars and Emulsifiers in High-Ratio Cake Model Systems"; *Cereal Chem* 69(2): 206-212.
30. Kim, C. K., D'apollonia, B.L., (1977): "Bread Staling Studies I. Effect of Protein Contact on Staling Rate and Bread Crumb Pasting Properties"; *Cereal Chem*, 54(2): 207-215.
31. Kloster, P. and Vereijken, J.M., (1993): "Evaluating HMW Glutening Subunits to Improve Bread Making Quality of Wheat"; *CFW Res*, 38 (2).
32. Lockwood, J. F., (1994): "Molienda del Trigo"; Hup Lopez; Buenos Aires Argentina
33. López Munguía C., (1989): "Curso de Panificación"; PUAL-UNAM"; Ciudad Universitaria, México.
34. McRitchie, F. and Grass, (1973): "The Role of Flour Lipids in Baking"; *Cereal Chem*, 50(3): 292-302.
35. McRitchie, F., (1976): "The Liquid Phase of Dough and it's Role in Baking"; *Cereal Chem*, 53(3): 318-326.
36. Maleki, M., Hosney, R.C. and Mattem, P.J., (1980): "Effects of Loaf Volume, Moisture Content and Protein Quality on the Softness and Staling Rate of Bread"; *Cereal Chem*, 57(2): 138-140.
37. NOM-F7: "Harina de Trigo", (1982); DGH SECCFI.
38. Paton, E. J., (1982): "Development of Cake Structure Influence of Ingredients on the Measurement of Cohesive Force During Baking"; *Cereal Chem*, 58(6): 519.
39. Pomeranz, Y., (1968): "Advances in Cereal Science and Technology"; Vol. 5. A.A.C.C., St. Paul, Minnesota. U.S.A.
40. Pomeranz, Y., (1971): "Wheat Chemistry and Technology"; 2a. ed. Ed. St Paul Minn.
41. Pomeranz, Y., and Chung, O.F., (1978): "Interaction of Lipids With Proteins and Carbohydrates in Bread Making"; *J. Amer. Chem. Soc.* 55: 285.
42. Potter, Norman., (1973): "La ciencia de los Alimentos"; 1a. ed.
43. Pycer, E. J., (1976): "Baking and Science Technology"; Vol. 1 y 2. Siebel Pub. Co. U.S.A.
44. Rodríguez, B. F. J. y Castillo-Chacon, F., (1980): "Utilización de los Métodos Reológicos para la Determinación del Estado Físico de la Masa en la Selección de Líneas de Trigo"; *Tecnología de Alimentos*, XV(1): 210.

45. Rodríguez, B. F. J. y Zalazar Zazueta, A.J., (1980): "Métodos para Evaluar la Calidad del Trigo" : Publicación Especial CIANO, Núm. 37: p.44.
46. S.A.R.H. , (1989): "Sistema Integral de Información. Avances en la Producción Agropecuaria y Forestal".
47. Shelton, D. R. and D'appolonia, B.L., (1985) : "Carbohydrate Functionality in the Baking Process" ; Cereal Foods World. 30(7): 437-442.
48. Villarreal, A. G., (1989): "Curso de Panificación", PUAL-UNAM ; Ciudad Universitaria, México.
49. Willhoff, E. M. A., (1973): "Recent Developments on the Bread Staling Problem" ; Baking Dieg. 47(6): 14.
50. Zalazar, Z. A. J., (1989): "Curso de Panificación", PUAL-UNAM ; Ciudad Universitaria, México.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA